

**Tercer Informe  
Sobre la  
Calidad del Aire  
en Ciudades  
Mexicanas  
1998**



**INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA  
SEMARNAP**

**CENICA**

**JICA**  
Agencia de Cooperación  
Internacional del Japón

M. en C. Julia Carabias Lillo.  
Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Lic. Enrique Provencio Durazo.  
Presidente del Instituto Nacional de Ecología.

Dr. Adrián Fernández Bremauntz.  
Director General de Gestión e Información Ambiental.

Dr. Victor Hugo Páramo Figueroa.  
Director de Programa.

Ing. Víctor Gutiérrez Avedoy.  
Director del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.

La publicación del *Tercer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas 1998* fue realizada con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), se terminó de imprimir en diciembre de 1999.

La edición estuvo a cargo de la Dirección General de Gestión e Información Ambiental del Instituto Nacional Ecología.

Esta publicación puede consultarse en la World Wide Web de Internet en la siguiente dirección electrónica: <http://www.ine.gob.mx>.

## CONTENIDO

1. Presentación.....	5
2. Síntesis.....	9
3. Gestión de la Calidad del Aire .....	13
4. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México .....	23
5. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara.....	37
6. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Monterrey.....	45
7. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	53
8. Calidad del Aire en Ciudad Juárez.....	63
9. Calidad del Aire en Tijuana.....	71
10. Calidad del Aire en Mexicali .....	81
11. Análisis Comparativo de la Calidad del Aire de las 7 Ciudades.....	89
12. Conclusiones sobre Calidad del Aire durante 1998.....	93

### Anexos:

A Inventarios de Emisiones Desagregados de la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez y Mexicali .....	95
B Resumen de Datos de Calidad del Aire de 1998.....	101
C Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) .....	115
D Grupo Binacional de Calidad del Aire de Frontera XXI.....	123
E Sitio WEB del INE para Acceso a Información de Calidad del Aire.....	129



# 1. PRESENTACIÓN

En este *Tercer Informe sobre Calidad del aire en Ciudades Mexicanas 1998*, se incluye la actualización de la información de las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Valle de Toluca, Ciudad Juárez, Tijuana y Mexicali.

La información que se describe en este informe se elaboró a partir de las bases de datos en concentraciones que generan las redes de monitoreo y que son proporcionadas al INE por las siguientes dependencias e instituciones:

- Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal.
- Comisión Estatal de Ecología del Gobierno del Estado de Jalisco.
- Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León.
- Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Juárez, Chih.
- California Air Resources Board y Environmental Protection Agency (redes de Tijuana y Mexicali).

Cada una de las redes de monitoreo de las ciudades presentadas en este informe conforman de manera diferente sus bases de datos, por lo que en el INE se estandarizan para facilitar el análisis de la información para esta publicación.

La revisión, procesamiento y análisis para elaborar las tablas y gráficas que se presentan en este informe, así como su interpretación, fueron llevadas a cabo por las Direcciones de Administración de la Calidad del Aire y de Análisis de Datos Ambientales, pertenecientes a la Dirección General de Gestión e Información Ambiental del Instituto Nacional de Ecología (INE).

Con relación a la información que se incluye en este informe, es importante aclarar que los promedios anuales del bióxido de azufre y de las partículas que se presentan para cada una de las ciudades, difieren de los presentados en el *Segundo Informe Sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas 1997*. Lo anterior se debe a que en el Segundo Informe se calcularon con los máximos diarios, mientras que en el Tercer Informe con los datos horarios.

Es importante mencionar que los datos reportados en este informe siguieron la metodología que se expone a continuación.

### Criterios de validación y tratamiento de los datos

La metodología que se siguió en el INE para el tratamiento de la información presentada en este informe es la siguiente.

1. *Validación*, contempla los siguientes aspectos:

- Eliminación de datos negativos o nulos, debido a que los monitores en los que se registran los contaminantes tienen un mínimo detectable mayor a cero.
- Eliminación de datos con banderas, que de origen son etiquetados por los responsables de las redes de monitoreo; las cuales indican alguna falla del monitor, falla de energía eléctrica, falta de calibración, etc.
- Identificación de los valores que presentan un comportamiento fuera del patrón que siguen los contaminantes en un determinado periodo de tiempo, para rectificarlo posteriormente con los responsables de las redes de monitoreo.

2. Cálculo del *máximo diario* basado en las normas de calidad del aire

Dependiendo del contaminante se requiere de un tratamiento diferente para obtener el máximo diario.

- En el caso de los registros horarios de CO, SO<sub>2</sub> y PM10 es necesario calcular *promedios móviles horarios* (de 8 horas para CO y 24 horas para SO<sub>2</sub> y PM10). Estos promedios se calculan con la restricción de tener al menos un 75% de datos del número de horas requeridas; el promedio móvil de cada hora se obtiene utilizando el dato de esa hora y las 7 o 23 horas anteriores, dependiendo del contaminante. En la Tabla 1.1 se presenta el número mínimo de horas por contaminante para obtener el promedio móvil.

Tabla 1.1. Número de horas mínimo necesario para reportar un promedio móvil horario

Contaminante	Norma de Salud	Número de horas
CO	11 ppm (8 horas)	6 horas (0.75 * 8)
SO <sub>2</sub>	0.13 ppm (24 horas)	18 horas (0.75 * 24)
PM10	150 µg/m <sup>3</sup> (24 horas)	18 horas (0.75 * 24)

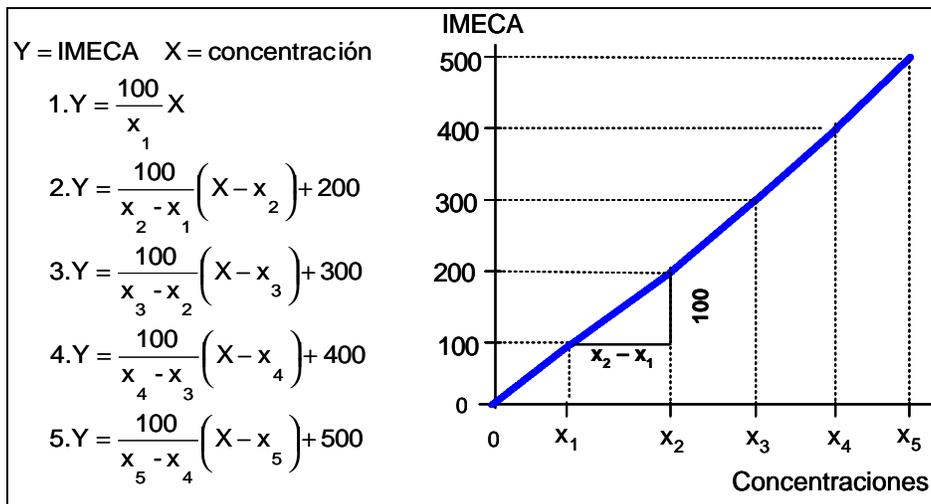
Una vez calculados los promedios móviles horarios, sólo sí se cuenta con al menos uno de estos durante el día, se registra el máximo diario de cada contaminante.

- Dado que las normas asociadas al ozono y NO<sub>2</sub> contemplan valores horarios, el máximo diario que se registra para estos contaminantes se calcula con los datos reportados durante el día.
- En el caso de los contaminantes que se miden en forma manual (PST y/o PM10), los valores que se registran se utilizan como el equivalente a datos diarios. Cabe mencionar que los muestreos manuales se realizan cada seis días, lo cual representa alrededor de 60 muestreos al año.

### 3. Transformación de máximos diarios de concentraciones al IMECA

Debido a que los reportes presentados en esta serie de informes se basan en el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), es necesario exponer el algoritmo que se usa para la transformación de concentraciones a IMECA, las formulas usadas se muestran en la Figura 1.1.

Figura 1.1. Algoritmo para el cálculo del IMECA



Los cortes en concentraciones que se utilizan en este algoritmo se muestran en la Tabla 1.2 para cada contaminante.

Tabla 1.2. Puntos de quiebre del IMECA

Corte para el algoritmo	PST µg/m <sup>3</sup>	PM10 µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> ppm	NO <sub>2</sub> ppm	CO ppm	Ozono ppm
x <sub>1</sub>	260	150	0.13	0.21	11	0.11
x <sub>2</sub>	546	350	0.35	0.66	22	0.23
x <sub>3</sub>	627	420	0.56	1.10	31	0.35
x <sub>4</sub>	864	510	0.78	1.60	41	0.48
x <sub>5</sub>	1000	600	1.00	2.00	50	0.60

Para dejar más claro el uso de este algoritmo, se presenta el siguiente ejemplo:

La concentración máxima diaria de ozono para cierto día es  $X = 0.19$  ppm. El IMECA asociado a esta concentración se obtiene como sigue:

- Como se observa en la Tabla 1.2, los cortes del algoritmo para el ozono son  $x_1 = 0.11$ ,  $x_2 = 0.23$ ,  $x_3 = 0.35$ ,  $x_4 = 0.48$  y  $x_5 = 0.60$ , por lo que los intervalos para este contaminante son:

más de 0.00 ppm y hasta 0.11 ppm ( $0, x_1$ ]

más de 0.11 ppm y hasta 0.23 ppm ( $x_1, x_2$ ]

más de 0.23 ppm y hasta 0.35 ppm ( $x_2, x_3$ ]

más de 0.35 ppm y hasta 0.48 ppm ( $x_3, x_4$ ]

más de 0.48 ppm y hasta 0.60 ppm ( $x_4, x_5$ ]

- Dado que  $X = 0.19$  cae entre  $x_1 = 0.11$  y  $x_2 = 0.23$ , utilizaremos la ecuación en la que se encuentran ambos cortes ( $x_1$  y  $x_2$ ).
- Entonces el IMECA se obtiene con la ecuación 2, es decir:

$$Y = \frac{100}{x_2 - x_1} (X - x_1) + 200 = \frac{100}{0.23 - 0.11} (0.19 - 0.11) + 200 = 166.67$$

De esta manera se obtiene el IMECA de ese día (166.67 puntos), por conveniencia los valores se redondean a enteros dejándolo en 167 puntos IMECA.

Por lo tanto, el IMECA correspondiente a ozono en ese día es 167 puntos.

4. Una vez obtenido el IMECA diario, se calcula la frecuencia de días con valores mayores o iguales a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA, así como la información mensual y anual contenida en este informe.

En este informe se presenta un capítulo por cada una de las siete ciudades reportadas, abarcando los *capítulos* del 4 al 10 y una comparación de estas en el *capítulo* 11. Por otro lado se incorporan cinco anexos; el *anexo A* presenta las tablas del inventario de emisiones de las ciudades, en el *anexo B* las tablas con información por contaminante y por zona para cada ciudad durante 1998, en el *anexo C* se describen las funciones del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) y por último en los *anexos D* y *E* los proyectos binacionales y la sección de la Calidad del Aire en la página web del INE, respectivamente.

La elaboración de este informe es parte del desarrollo del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire de México. Esta información puede ser consultada en el módulo de la calidad del aire en la página de Internet del INE: <http://www.ine.gob.mx>.

## 2. SÍNTESIS

Cumpliendo con la tarea encomendada al Instituto Nacional de Ecología, de obtener, reunir y dar a conocer los niveles de contaminación atmosférica en la República Mexicana, se presenta el *Tercer Informe Sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas 1998*, en el que se describe el estado que observan las principales zonas metropolitanas y otras ciudades medias de México en donde se monitorean los contaminantes criterios en forma automática y manual.

Este informe forma parte de la serie que el INE elabora año con año para dar a conocer a la sociedad la calidad del aire que prevalece en las diferentes ciudades y regiones del país.

En este documento se presenta en primer término el seguimiento al análisis descriptivo de la calidad del aire que prevalece en las grandes zonas metropolitanas (México, Guadalajara, Monterrey y Toluca), que cuentan con el mayor número de habitantes, parque vehicular e industrial. En seguida, se analiza la calidad del aire de las tres principales ciudades fronterizas (Cd. Juárez, Tijuana y Mexicali), que si bien su población no rebasa el millón y medio de habitantes; el tamaño y estado de su flota vehicular, así como las actividades del creciente sector industrial, producen emisiones contaminantes que deterioran la calidad del aire.

La información registrada en este libro se analiza con base en el cumplimiento de las normas de calidad del aire para la protección de la salud, emitidas por la Secretaría de Salud en el año de 1994, poniendo mayor atención en la distribución espacial y temporal de los niveles de contaminación que exceden estas normas. Además, se incluyen los inventarios de emisiones que están disponibles a la fecha de esta publicación: Zona Metropolitana del Valle de México (actualizado con datos de 1996), Zona Metropolitana de Guadalajara (con datos de 1995), Zona Metropolitana de Monterrey (con datos de 1995), Zona Metropolitana del Valle de Toluca (con datos de 1996), Ciudad Juárez (con datos de 1996) y Mexicali (elaborado recientemente con datos de 96).

Como es sabido, la calidad del aire tiene una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos a la atmósfera y como se observa en los inventarios de emisiones de cada ciudad, el sector transporte es el principal generador de contaminantes a la atmósfera. Por otro lado, la participación de la industria y los servicios varía dependiendo de las condiciones de cada ciudad, reflejado por el consumo de combustibles y la intensidad de sus procesos urbano-industriales.

Con base en los inventarios desagregados de cada ciudad, es posible aseverar que dentro del sector transporte, los vehículos particulares representan la fuente de emisión más importante, reflejando con ello la relevancia que tienen los inventarios para definir las medidas asociadas a este sector que se incluyen dentro de los programas para el mejoramiento y reducción de los contaminantes, como hacer más eficiente y de mejor calidad el transporte público, la necesidad de instrumentar programas de verificación vehicular, etc.

Se ha comenzado una segunda etapa de revisión a los inventarios de emisiones, en donde se dará particular atención a las emisiones de partículas finas provenientes de los vehículos, industrias, comercios, calles sin pavimentar y áreas deforestadas.

### **Calidad del aire en las zonas metropolitanas y ciudades medias del país**

En los últimos años, se ha venido consolidando la instalación y operación de redes de monitoreo en las principales ciudades del país, así la Zona Metropolitana del Valle de México, de Guadalajara, de Monterrey y del Valle de Toluca, Ciudad Juárez, Tijuana y Mexicali cuentan con sistemas modernos de medición continua para los contaminantes criterio de calidad del aire: ozono (O<sub>3</sub>), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y plomo (Pb).

Las bases de datos que se utilizaron para elaborar este informe fueron proporcionadas por los responsables de la operación de las redes de monitoreo de cada ciudad. Es conveniente aclarar que la información reportada por estas siete ciudades es de las más completas con que se cuenta a nivel nacional.

En esta publicación no se incluye la información de Coahuila de Zaragoza, Ver., Manzanillo, Col., Querétaro, Qro., San Luis Potosí, S.L.P., Aguascalientes, Ags., Cananea, Son. y Nacozari, Son., debido a diferentes situaciones que impidieron la actualización de los datos que aparecieron en el *Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1997*.

En el caso de Coahuila de Zaragoza, envió los mínimos, máximos y promedios diarios en concentraciones sin especificar los criterios con que se obtuvieron estos valores, por otro lado no se pudo tener acceso a la información horaria, ya que las bases de datos que contenía esta información fueron dañadas por fallas técnicas.

En Manzanillo, la Comisión Federal de Electricidad es la encargada del sistema de monitoreo atmosférico para esta ciudad, la base de datos horarios que gene-

ran tiene un formato no compatible con los software utilizados en el INE, cabe mencionar que sí es posible acceder a un dato diario de SO<sub>2</sub>, NO, NOx y NO<sub>2</sub>, sin especificar si es un valor mínimo, máximo, promedio, etc.

En cuanto a Querétaro, únicamente envía al INE siete valores mensuales de PST y SO<sub>2</sub> por cada estación de la red manual con que cuenta, ya que en esta ciudad todavía no existe una red automática de monitoreo ambiental, por lo que no se consideraron suficientes para realizar un proceso de análisis e interpretación similar al de las zonas metropolitanas y de las ciudades medias incluidas en este informe.

En el caso de las ciudades de San Luis Potosí, Aguascalientes, Cananea y Nacozari, aunque se cuenta con la información necesaria para ser incluida en este reporte, se decidió presentarla en el informe de tendencias de calidad del aire que será publicado en el año 2000.

### **Información relevante de las siete ciudades reportadas**

En la Zona Metropolitana del Valle de México, la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire en 1998 fue de 92%, muy similar a los valores registrados en los últimos tres años, aunque cabe destacar que los eventos de más de 250 puntos IMECA se presentaron únicamente en tres ocasiones durante este año. El ozono sigue siendo el contaminante con los mayores niveles, pues no cumplió la norma en el 88% de los días, seguido de las PM10 que excedieron su norma en el 53% de los días, 9% más que el año anterior y con un promedio anual de 71 µg/m<sup>3</sup>.

La Zona Metropolitana de Guadalajara registró violaciones a alguna de las normas de calidad del aire en el 58% de los días durante 1998, presentándose algunos episodios de contaminación de más de 200 y 250 puntos IMECA. Así como en la Zona Metropolitana del Valle de México, el ozono fue el contaminante que con mayor frecuencia rebasó la norma de calidad del aire, en un 40% de los días del año, seguido de las PM10 con un 38% y un promedio anual de 74 µg/m<sup>3</sup>.

Para la Zona Metropolitana de Monterrey, la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire fue del 10% de los días en 1998, sin presentar eventos de más de 150 puntos IMECA. El incumplimiento de la norma de ozono en esta ciudad fue del 4% de los días, mostrando un decremento significativo con respecto a 1997 (10% de los días), no así con las PM10, ya que aumento de 3% a 6% de días con excedencias a su norma y su promedio anual de 42 µg/m<sup>3</sup> a 56 µg/m<sup>3</sup>.

En el caso de Zona Metropolitana del Valle de Toluca, el porcentaje de días con excedencias a alguna de las normas fue del 19% durante 1998, registrando sólo un día del año con un valor superior a los 150 puntos IMECA (175 puntos

IMECA en el mes de mayo debido a las PST). Cabe mencionar que en esta ciudad se empezaron a reportar las PM10 en forma automática en abril de 1998, por lo que a partir de esa fecha se consideran las PM10 en lugar de las PST para los análisis de excedencias a alguna de las normas. Para ozono el porcentaje de excedencias a su norma fue del 10% de los días del año, mientras que para PM10 fue del 14%, con un promedio anual de  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ciudad Juárez, rebasó alguna de las normas de calidad del aire en el 10% de los días de 1998. El contaminante que presentó mayor frecuencia de excedencias a su norma de calidad del aire fue el CO (6% de los días del año), seguido del ozono (2% de los días del año). Las PM10 rebasaron su norma en el 13% de los muestreos con un promedio anual de  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En Tijuana se pudo observar que la frecuencia con la que se rebasa alguna de las normas de calidad del aire fue del 2% de los días durante 1998. El ozono y el  $\text{NO}_2$  rebasaron respectivamente su norma en sólo un día del año, sin llegar a los 150 puntos IMECA. Las PM10 registraron un 6% de muestreos fuera de norma, alcanzando valores máximos de 136 puntos IMECA y un promedio anual de  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Por último, en Mexicali el porcentaje de días con violaciones a alguna norma de calidad del aire fue del 30% de los días de 1998. El CO excedió su norma en el 21% de los días del año, mientras que el ozono en un 8%. Las PM10 rebasaron su norma en el 27% de los muestreos con un promedio anual de  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **3. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE**

En este capítulo se presentan algunos de los elementos más importantes que deben analizarse como parte de una gestión de la calidad del aire. Estos elementos proporcionan un marco adecuado para entender la relación que guarda el monitoreo atmosférico con las normas de la calidad del aire, con las emisiones de las fuentes fijas, fuentes móviles, la calidad de los combustibles y los inventarios de emisiones, y con las características demográficas y económicas de las ciudades.

#### **Legislación y normatividad de calidad del aire**

En materia de normatividad de aire, en nuestro país se cuenta con varios instrumentos jurídicos que permiten prevenir y controlar la contaminación atmosférica. Entre ellos están la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, el Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y las normas para el control de los niveles de emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas.

A continuación se presentan de manera sintetizada estos instrumentos.

##### *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)*

La LGEEPA es de aplicación nacional y establece las obligaciones de las autoridades del orden federal y local. La Ley en su título IV de Protección al Ambiente, Capítulos I y II contiene los artículos 109 BIS, 109 BIS1, 110, 111, 111 BIS, 112, 113, 114, 115 y 116 en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, a los cuales se les han efectuado reformas, adiciones o derogaciones en diciembre de 1996, con objeto de que se plasmen los principios y orientaciones de la política ambiental. En particular los que se refieren a la prevención y control del deterioro de la calidad del aire en la República Mexicana, garantizando el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

En el citado título se señalan los instrumentos de política, mecanismos y procedimientos necesarios para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, incluyendo la competencia de la Federación para expedir normas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del país; integrar y actualizar el inventario de fuentes emisoras de jurisdicción federal de contaminantes a la atmósfera, formular y aplicar programas para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera. Promover y apoyar técnicamente a los gobiernos locales en la formulación y aplicación de programas de gestión de la calidad del aire, expedir

normas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo atmosférico, así como normar y vigilar la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan gases, partículas y olores, entre otros.

La Ley define los sectores industriales que son de jurisdicción federal y menciona que las autoridades locales son las encargadas de establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del aire, así como programas de verificación vehicular.

#### *Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica*

El Reglamento rige en todo el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción y tiene por objeto reglamentar la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación atmosférica.

El Reglamento define los procedimientos técnico-administrativos a que están sujetas las fuentes emisoras de contaminantes de jurisdicción federal, como son las licencias de funcionamiento y la cédula de operación anual. Cabe mencionar que derivado de los recientes cambios a la LGEEPA, se inició la aplicación de nuevos mecanismos de regulación directa de las actividades industriales, de tal forma que se creó una Licencia Ambiental Única (LAU) y una Cédula de Operación Anual (COA), de carácter multimedio.

El viernes 11 de abril de 1997 se publicó en el Diario Oficial de la Federación un Acuerdo que establece los mecanismos y procedimientos para obtener la Licencia Ambiental Única, mediante un trámite único, así como la actualización de la información de emisiones mediante una cédula de operación.

El reglamento también define la actuación de las autoridades para establecer los inventarios de emisiones y los sistemas de información de la calidad del aire.

El Reglamento se divide en cinco capítulos (52 artículos) y una sección de artículos transitorios.

El primer capítulo contiene 15 artículos, los cuales presentan las disposiciones generales del reglamento, en donde se describen las atribuciones y competencias de la Federación, Entidades Federativas y los Municipios, así como los de la Secretaría. Se definen conceptos técnicos referentes a la aplicación del Reglamento, se describe quienes deben cumplir con él, e indica cuales son las zonas y fuentes de Jurisdicción Federal y por último se define cuáles son los criterios tomados para la protección a la atmósfera.

El segundo capítulo consta de 12 artículos (16 al 27) que reglamentan lo referente a la emisión de contaminantes a la atmósfera generados por fuentes fijas. En esta parte se establecen los lineamientos a los que deberán sujetarse las fuentes fijas que emitan olores, gases y partículas; las obligaciones a las que estarán sujetos los

responsables de las fuentes fijas (requerimiento de licencia de funcionamiento y entrega anual de la cédula de operación), así como las atribuciones de la Secretaría para poder modificar algún trámite.

El tercer capítulo consta de 13 artículos (28 al 40) referente a la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes móviles. En esta parte del reglamento se establece que las emisiones de olores, gases y partículas a la atmósfera que se generen por fuentes móviles no deberán exceder los niveles máximos permisibles de emisión que se establezcan en la normatividad. Para el cumplimiento de este apartado se mencionan los lineamientos que deberán seguir los fabricantes de vehículos, concesionarios del servicio del sector transporte y propietarios de los vehículos, así como la relación de la SEMARNAP con la SECOFI y la SCT; las atribuciones de los centros de verificación del transporte público federal y los procedimientos que deberán realizar los interesados en obtener autorización para establecer y operar centros de verificación federal.

El capítulo cuarto consta de 5 artículos (41-45) tratando lo referente al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), competencias para el establecimiento y operación de las redes de monitoreo, así como las responsabilidades de los niveles de gobierno para mantener actualizado el SINAICA, integrado por datos del monitoreo atmosférico y del inventario de emisiones.

El capítulo cinco lo forman 7 artículos (46-52), los cuales tratan lo referente a las medidas de control, de seguridad y sanciones; lo relativo a multas, clausuras, arrestos, denuncias y revocación de la autorización para establecer y operar centros de verificación de vehículos de transporte público federal.

El último apartado del reglamento titulado Transitorios consta de seis artículos, referentes a cuando entra en vigor el presente reglamento, disposiciones y reglamentos que se derogan, los plazos para el cumplimiento y aplicabilidad del reglamento.

Es importante revisar las modificaciones a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicadas en el DOF el 13 de diciembre de 1996, ya que quedan derogadas algunas disposiciones legales del Reglamento que se contrapongan a la LGEEPA.

Este Reglamento se encuentra actualmente en revisión y actualización para hacerlo congruente con la LGEEPA a la luz de los cambios que sufrió en 1996.

#### *Normas e índices de calidad del aire*

El 23 de diciembre de 1994 la Secretaría de Salud publicó las Normas Oficiales Mexicanas para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a ozono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas suspendidas tota-

les, partículas menores de 10 micrómetros (PM10) y plomo, las cuales se resumen en la Tabla 3.1:

Tabla 3.1. 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 <sub>3</sub> )	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	-	NOM-020-SSA1-1993
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993
Bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	NOM-022-SSA1-1993
Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1-1993
Partículas menores a 10µm (PM10)	150 µg/m <sup>3</sup> (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m <sup>3</sup> (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1-1993
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m <sup>3</sup> (prom. Arit. en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993

Fuente: Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994.

Por otra parte, en nuestro país se ha desarrollado un índice de calidad del aire, el Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), que consiste en una transformación de las concentraciones de contaminantes a un número adimensional que indica el nivel de contaminación de una manera fácil de entender. Este tipo de índices se utiliza en todo el mundo, siendo de los más comunes el Pollutant Standard Index (PSI), utilizado por el gobierno de EUA. Un IMECA de 100 puntos equivale a la norma de calidad del aire para un contaminante determinado y los múltiplos de 100 IMECA se han desarrollado por medio de algoritmos sencillos que toman en cuenta los criterios de salud ambiental. La calidad del aire no es satisfactoria cuando el IMECA se sitúa entre 100 y 200, mala entre 200 y 300 y muy mala por arriba de 300.

En la Tabla 3.2 se indica la equivalencia de los puntos de quiebre del IMECA en unidades de concentración.

Tabla 3.2. Puntos de quiebre del IMECA

IMECA	PST µg/m <sup>3</sup> (24hr)	PM10 µg/m <sup>3</sup> (24hr)	SO <sub>2</sub> ppm (24hr)	NO <sub>2</sub> ppm (1hr)	CO ppm (8hr)	O <sub>3</sub> ppm (1hr)
100	260	150	0.13	0.21	11	0.11
200	546	350	0.35	0.66	22	0.23
300	627	420	0.56	1.10	31	0.35
400	864	510	0.78	1.60	41	0.48
500	1000	600	1.00	2.00	50	0.60

*Normas en materia de Atmósfera*

La SEMARNAP ha emitido las normas que se listan a continuación para el monitoreo ambiental (Tabla 3.3, 3.4, 3.5 y 3.6), las emisiones de fuentes fijas, las características ecológicas de los combustibles y las emisiones de fuentes móviles.

Tabla 3.3. Fuentes fijas

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera</b>
NOM-039-ECOL-1993	Bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico.
NOM-040-ECOL-1993	Partículas sólidas y control de emisiones fugitivas provenientes de industrias productoras de cemento.
NOM-043-ECOL-1993	Partículas sólidas.
NOM-046-ECOL-1993	Bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido dodecilbencensulfónico.
NOM-051-ECOL-1993	Gasóleo industrial que se consume por fuentes fijas en la ZMCM.
NOM-075-ECOL-1995	Compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de separadores agua-aceite en las refinerías de petróleo.
NOM-085-ECOL-1994	Humos, partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles.
NOM-092-ECOL-1995	Requisitos de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México.
NOM-093-ECOL-1995	Eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo.
NOM-097-ECOL-1995	Material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el País.
NOM-105-ECOL-1996	Partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de la fabricación de celulosa.
NOM-121-ECOL-1997	Compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías de la industria automotriz así como el método para calcular sus emisiones.
NOM-123-ECOL-1997	Máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV's), en la fabricación de pinturas de secado al aire base solvente y para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.

Tabla 3.4. Características de los combustibles

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Especificaciones de:</b>
NOM-086-ECOL-1994	Combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

Tabla 3.5. Fuentes móviles

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes</b>
NOM-041-ECOL-1999	Emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos en circulación a gasolina.
NOM-042-ECOL-1999	Hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos evaporativos provenientes del escape de vehículos en planta a gasolina o gas.
NOM-044-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humos provenientes de vehículos en planta a diesel.
NOM-045-ECOL-1996	Opacidad del humo en vehículos en circulación a diesel.
NOM-047-ECOL-1993	Características de equipo y procedimientos de medición para la verificación de contaminantes en vehículos a gasolina, gas LP y gas natural.
NOM-048-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono y humos en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite.
NOM-049-ECOL-1993	Características de equipo y procedimiento de medición para la verificación de contaminantes en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite.
NOM-050-ECOL-1993	Emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos en circulación a gas LP o gas natural.
NOM-076-ECOL-1995	Emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos nuevos en planta de peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
NOM-077-ECOL-1995	Características de equipo y procedimiento de medición para verificar los niveles de opacidad en vehículos automotores que usan diesel.
NOM-EM-132-ECOL-1998	Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos (Suspende los efectos legales de la NOM-047-ECOL1993)

Tabla 3.6. Monitoreo ambiental

<b>Norma Oficial Mexicana</b>	<b>Método de medición y calibración de equipo para la determinación de las concentraciones</b>
NOM-034-ECOL-1993	Monóxido de carbono.
NOM-035-ECOL-1993	Partículas suspendidas totales.
NOM-036-ECOL-1993	Ozono.
NOM-037-ECOL-1993	Bióxido de nitrógeno.
NOM-038-ECOL-1993	Bióxido de azufre.

## Aspectos demográficos, urbanos y ambientales de carácter general de las ciudades

De las ciudades que se describen en este análisis, algunas son áreas metropolitanas densamente pobladas como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México, la Zona Metropolitana de Guadalajara y la Zona Metropolitana de Monterrey, que cuentan con más de tres millones de habitantes; también se incluyen ciudades medias como Toluca, Tijuana, Mexicali y Ciudad Juárez, que tienen una población de alrededor de un millón de habitantes.

A continuación se compara la información existente en estas ciudades en términos de su población, parque vehicular, planta industrial y capacidad instalada para el monitoreo atmosférico.

En las Tablas 3.7 y 3.8 se muestra un desglose de la composición del parque vehicular de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), de Ciudad Juárez, Tijuana y de Mexicali, en ella se aprecia la preponderancia del automóvil particular sobre los otros tipos de vehículos, reflejándose esto en las emisiones contaminantes.

Tabla 3.7. Comparación de la población, parque vehicular, número de industrias y estaciones de monitoreo entre la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez, Tijuana y Mexicali.

	ZMVM	ZMG	ZMM	ZMVT	Cd. Juárez	Tijuana	Mexicali
Población (millones de habitantes)	15.4	3.1	2.6	1.0	1.0	0.95	0.5
Parque vehicular	2,720,000	638,442	644,819	224,844	366,739	306,657	238,379
Industria grande	1,750	240	660	103	135	114	32
Industria pequeña y mediana	33,250	8,260	8,840	2,263	243	3,714	82
No. de estaciones de monitoreo (automático y manual)	37	8	5	9	6	6	6

Fuente: INEGI, Sistema Municipal de Bases de Datos, 1996; DDF, 1993; Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco, 1993; Consejo Estatal de Transporte de N.L., 1993; Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito del Estado de México, 1996; Dirección General de Vialidad de Cd. Juárez, 1993.

Tabla 3.8. Composición del parque vehicular en ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez, Tijuana, Mexicali.

	ZMVM	(%)	ZMG	(%)	ZMM	(%)	ZMVT	(%)	Cd. Juárez	(%)	Tijuana	(%)	Mexicali	(%)
Autos part.	1,942,400	71.4	443,554	69.5	335,518	52.0	151,211	67.0	348,214	94.9	209,555	68.3	168,160	70.5
Pick-up	ND	ND	149,260	23.4	263,000	40.8	57,800	26.0	14,386	3.9	ND	ND	ND	ND
Taxis	145,800	5.4	11,206	1.8	17,482	2.7	10,145	4.5	1,042	0.3	5,830	1.9	1,105	0.5
Pasajeros	51,300	1.9	5,989	0.9	7,819	1.2	3,709	1.6	2,603	0.7	886	0.3	1,060	0.4
De carga	480,600	17.7	28,433	4.4	21,000	3.3	721	0.3	494	0.1	89,420	29.2	67,103	28.2
Otros	99,900	3.6	ND	ND	ND	ND	1,258	0.6	ND	ND	966	0.3	951	0.4

Fuente: INEGI, Sistema Municipal de Bases de Datos, 1996; DDF, 1993; Secretaría de Vialidad y Transporte de Jalisco, 1993; Consejo Estatal de Transporte de N.L., 1993; Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito del Estado de México, 1996; Dirección General de Vialidad de Cd. Juárez, 1993.

Las Tablas 3.9 a 3.14 muestran la información más reciente de los inventarios de emisiones de la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, de Ciudad Juárez y de Mexicali. El inventario de la ZMVM, ha sido actualizado, y el inventario de Mexicali, fue terminado recientemente. En el Anexo A se incluyen los inventarios desagregados correspondientes.

Tabla 3.9. Inventario de emisiones de la ZMVM, 1996  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	PM10		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	5,700	17.9	15,630	64.0	9,503	0.4	28,666	23.6	16,279	2.8	75,778	2
Servicios	337	1.1	3,587	14.7	1,178	0.1	7,832	6.5	234,991	40.6	247,925	8
Transporte	7,745	24.3	5,197	21.3	2,404,226	99.5	84,961	69.9	193,100	33.3	2,695,229	85
Fuentes naturales	18,072	56.7							134,673	23.3	152,745	5
<b>Total</b>	<b>31,854</b>	<b>100.0</b>	<b>24,414</b>	<b>100.0</b>	<b>2,414,907</b>	<b>100.0</b>	<b>121,459</b>	<b>100.0</b>	<b>579,043</b>	<b>100.0</b>	<b>3,171,677</b>	<b>100</b>

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1997; Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1997; Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1997; Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, 1997.

Tabla 3.10. Inventario de emisiones de la ZMG, 1995  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	1,595	0.5	5,506	68.1	1,322	0.2	3,148	8.5	4,269	3.0	15,840	1
Servicios	40	0.1	118	1.5	729	0.1	218	0.5	57,248	39.8	58,353	4
Transporte	5,845	1.9	2,481	30.4	895,991	99.7	33,820	91.0	82,318	57.2	1,020,435	74
Suelos	294,304	97.5									294,304	21
<b>Total</b>	<b>301,784</b>	<b>100.0</b>	<b>8,085</b>	<b>100.0</b>	<b>898,042</b>	<b>100.0</b>	<b>37,186</b>	<b>100.0</b>	<b>143,835</b>	<b>100.0</b>	<b>1,388,932</b>	<b>100</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Guadalajara 1997-2001, 1997.

Tabla 3.11. Inventario de emisiones de la ZMM, 1995  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	45,946	6.0	27,997	91.9	3,281	0.3	18,549	36.0	5,578	5.0	101,351	5
Servicios	16	0.0	0	0.0	8	0.0	458	0.0	36,660	29.0	37,142	2
Transporte	5,941	1.0	2,469	8.1	904,473	99.7	34,268	64.0	83,137	66.0	1,030,288	53
Suelos	763,725	93.0									763,725	40
<b>Total</b>	<b>815,628</b>	<b>100.0</b>	<b>30,466</b>	<b>100.0</b>	<b>907,762</b>	<b>100.0</b>	<b>53,275</b>	<b>100.0</b>	<b>125,375</b>	<b>100.0</b>	<b>1,932,506</b>	<b>100</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana del Monterrey 1997-2000, 1997.

Tabla 3.12. Inventario de emisiones de la ZMVT, 1996  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	1,253	1.0	8,667	82.4	203	0.1	2,188	10.2	3,406	7.3	15,717	3
Servicios	15	N/S	206	2.0	159	0.1	62	0.3	16,108	34.7	16,550	4
Transporte	2,396	2.0	1,649	15.6	268,380	99.8	19,139	89.5	26,967	58.0	318,628	68
Suelos y vegetación	119,711	97.0	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	N/E	119,711	25
<b>Total</b>	<b>123,373</b>	<b>100.0</b>	<b>10,522</b>	<b>100.0</b>	<b>268,742</b>	<b>100.0</b>	<b>21,389</b>	<b>100.0</b>	<b>46,481</b>	<b>100.0</b>	<b>470,606</b>	<b>100</b>

Fuente: Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000, 1997.

Tabla 3.13. Inventario de emisiones de Ciudad Juárez, 1996  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	210	0.5	716	17.3	861	0.2	1,393	5.3	2,395	3.1	5,575	1
Servicios	281	0.6	1,834	44.2	2,055	0.5	802	3.1	19,244	25.3	24,216	4
Transporte	1,020	2.2	1,596	38.5	449,844	99.3	23,920	91.6	54,493	71.6	530,873	88
Suelos	45,096	96.7									45,096	7
<b>Total</b>	<b>46,607</b>	<b>100.0</b>	<b>4,146</b>	<b>100.0</b>	<b>452,760</b>	<b>100.0</b>	<b>26,115</b>	<b>100.0</b>	<b>76,132</b>	<b>100.0</b>	<b>605,760</b>	<b>100</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Chihuahua, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud y Municipio, Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002, 1998.

Tabla 3.14. Inventario de emisiones en Mexicali, 1996  
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	PM10		SO <sub>2</sub>		CO		NOx		HC		Total	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Industria	1,994	2.3	2,849	75.0	4,721	1.8	1,537	8.3	1,407	2.7	12,508	3
Fuentes de área*	61,932	72.9	11	0.3	18,944	7.1	735	4.0	15,379	29.9	97,001	23
Transporte	515	0.6	937	24.7	243,073	91.1	14,927	80.5	31,184	60.7	290,636	68
Suelos y veget.	20,548	24.2					1,348	7.3	3,441	6.7	25,337	6
<b>Total</b>	<b>84,989</b>	<b>100</b>	<b>3,797</b>	<b>100</b>	<b>266,738</b>	<b>100</b>	<b>18,547</b>	<b>100</b>	<b>51,411</b>	<b>100</b>	<b>425,482</b>	<b>100</b>

Fuente: ICAR Ambiental, Inventario de Emisiones al Aire de Mexicali, B. C., noviembre 1999.

El inventario de emisiones es un instrumento estratégico de gestión ambiental, ya que permite identificar quienes son los agentes productores de contaminación y evaluar el peso específico de cada uno de los sectores. En términos generales, existe una relación entre el volumen de emisión de contaminantes y la calidad del aire en una cuenca atmosférica. Sin embargo, debemos tomar en cuenta que en las grandes ciudades pueden presentarse variaciones bruscas en los niveles de contaminación de un día a otro, debido principalmente a cambios en las condiciones meteorológicas más que a cambios significativos en la emisión diaria de contaminantes.

En conjunto, en la ZMVM se emiten 3.1 millones de toneladas de contaminantes al año, le sigue la ZMM con casi 2 millones, la ZMG con 1.4 millones, Cd. Juárez con un poco más de 600 mil, la ZMVT con casi medio millón de toneladas anuales y Mexicali con 400 mil toneladas por año. En términos relativos la participación de la industria y los servicios en la ZMVM es del 10% de las emisiones, en la ZMM y en la ZMVT del 7%, en la ZMG y Cd. Juárez del 5% y en Mexicali del 26%. La contribución del sector transporte es en Cd. Juárez de casi el 88%, en la ZMVM del 85%, en la ZMG del 74%, en la ZMVT y Mexicali del 68%, y en la ZMM del 53%.

Se puede apreciar que en estas ciudades existe por lo general un mayor aporte de emisiones por el sector transporte, y como resultado de las peculiaridades de cada ciudad, una mayor o menor participación de la industria y los servicios, dependien-

do de sus procesos urbano-industriales. Así mismo, con base en los inventarios detallados de la ZMVM, la ZMG, la ZMM y la ZMVT, Ciudad Juárez y Mexicali, es posible observar que los vehículos particulares son muy numerosos y representan la fuente de emisión más importante en esos centros urbanos, reflejando con ello el potencial que existe para la ejecución de programas de transporte masivo no contaminante y la importancia que tienen los programas de verificación vehicular como un medio para reducir sus emisiones.

## 4. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

### Red de monitoreo de la calidad del aire

El sistema de monitoreo atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) opera a partir de 1986. Actualmente consta de una red automática y una manual. La red automática (Figura 4.1) consta de 32 estaciones, 10 estaciones micrometeorológicas, que reportan humedad relativa (HR), temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV), una torre meteorológica, un radar acústico y una ecosonda. En ella se miden los contaminantes criterio, ozono ( $O_3$ ), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO) y partículas con diámetro menor a 10 micrómetros ( $PM_{10}$ ), de manera continua, así como  $NO_x$ . La Tabla 4.1 muestra las estaciones que conforman esta red.

La red manual (Figura 4.2) está integrada por 19 estaciones para la medición de partículas suspendidas totales (PST),  $PM_{10}$  y formaldehído, cabe destacar que en 1998 sólo se registró información en 12 estaciones (Tabla 4.2). Así mismo, se determinan nitratos, sulfatos, plomo (Pb) y otros metales pesados, en este informe sólo se incluyen datos de plomo y PST. Es importante

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

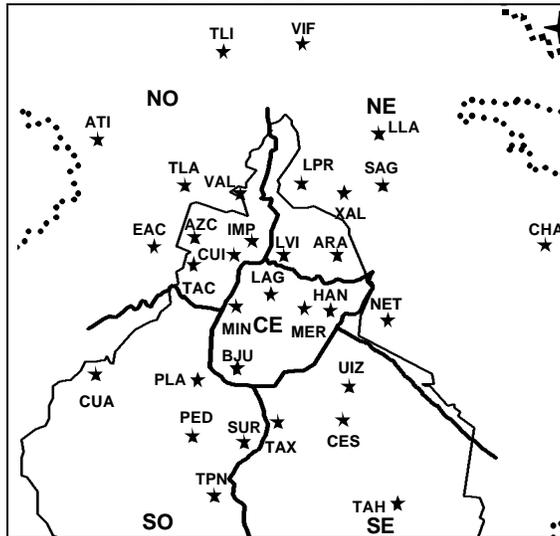
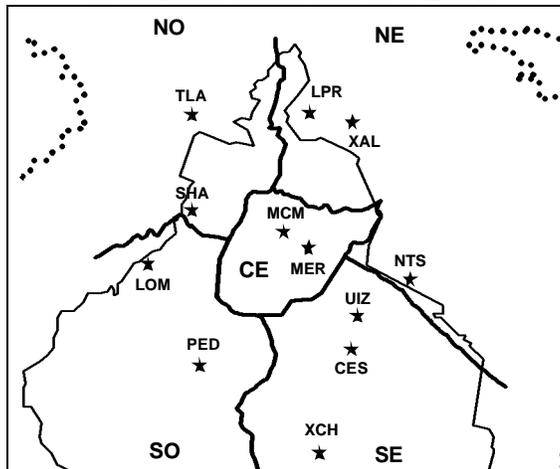


Figura 4.2. Distribución de la Red Manual de Monitoreo Atmosférico de la ZMVM



señalar que los muestreos de la red manual se realizan cada 6 días Las dos redes son operadas por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Gobierno del Distrito Federal. Cabe aclarar que la ZMVM es la única en la que se trabajó directamente con los IMECA que manda la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, sin haber utilizado la metodología que se describe al inicio de este informe.

Tabla 4.1. Estaciones de la red automática y parámetros que se miden en la ZMVM

Zona	Estación	Clave	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NOx	PM10	HR	TMP	DV	VV
Noroeste	Vallejo	VAL		X	X							
Noroeste	Tacuba	TAC	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Noroeste	ENEP-Acatlán	EAC	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Noroeste	Azcapotzalco	AZC	X	X	X	X	X					
Noroeste	Tlalnepantla	TLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noroeste	IMP	IMP		X								
Noroeste	Cuitláhuac	CUI		X								
Noroeste	Tultitlán	TLI		X	X	X	X	X				
Noroeste	Atizapán	ATI		X	X	X	X					
Noreste	Laureles	LLA			X							
Noreste	La Presa	LPR			X							
Noreste	La Villa	LVI			X			X				
Noreste	San Agustín	SAG	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Noreste	Xalostoc	XAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noreste	Aragón	ARA		X	X							
Noreste	Nezahualcoyotl	NET		X	X			X				
Noreste	Villa de las Flores	VIF		X	X	X	X	X				
Noreste	Chapingo	CHA	X									
Centro	Lagunilla	LAG	X	X	X	X	X					
Centro	Merced	MER	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Centro	Hangares	HAN	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Centro	Benito Juárez	BJU	X	X	X	X	X					
Centro	Insurgentes	MIN		X								
Suroeste	Santa Ursula	SUR			X							
Suroeste	Pedregal	PED	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suroeste	Plateros	PLA	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Suroeste	Cuajimalpa	CUA	X									
Suroeste	Tlalpan	TPN	X									
Sureste	C. de la Estrella	CES	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sureste	UAM-Iztapalapa	UIZ	X	X	X	X	X					
Sureste	Taxqueña	TAX	X	X	X	X	X					
Sureste	Tláhuac	TAH	X		X			X				

Tabla 4.2. Estaciones de la red manual y parámetros que se miden en la ZMVM

Zona	Estación	Clave	PST	PM10	Pb	MP *	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	FOR **
Noroeste	S. Hacienda	SHA	X		X				
Noroeste	Tlalnepantla	TLA	X	X	X	X	X	X	X
Noreste	La Presa	LPR	X		X				
Noreste	Nezahualcoyotl Sur	NTS	X		X				
Noreste	Xalostoc	XAL	X	X	X	X	X	X	X
Centro	Merced	MER	X		X	X	X	X	X
Centro	Museo Cd. de México	MCM	X		X				
Suroeste	Lomas	LOM	X		X				
Suroeste	Pedregal	PED	X	X	X	X	X	X	X
Sureste	Xochimilco	XCH	X		X				
Sureste	C. de la Estrella	CES	X	X	X				
Sureste	UAM-Iztapalapa	UIZ	X		X				

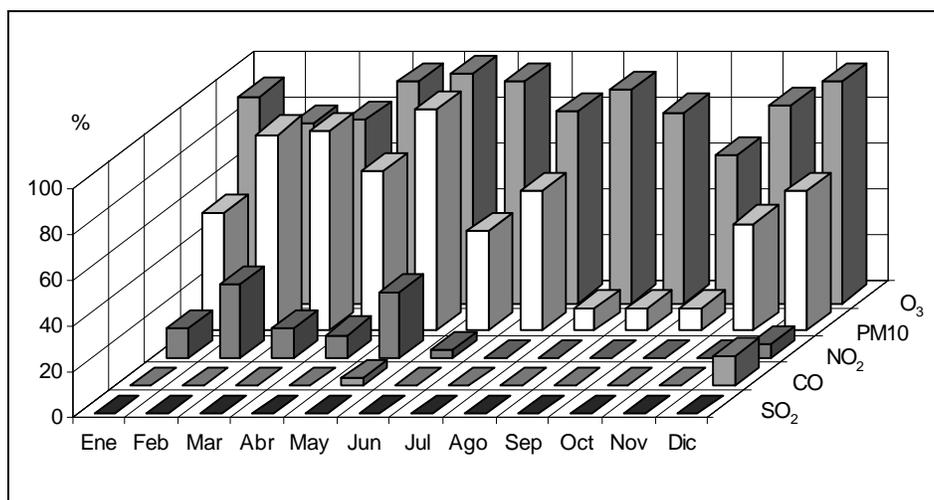
\* Metales Pesados.

\*\* Formaldehído.

## Evolución de la calidad del aire

El análisis de la información generada en la red automática de monitoreo atmosférico de la ZMVM, indica que el porcentaje de días en que se alcanzó o rebasó alguna de las normas de calidad del aire fue de 92% de los días durante 1998, siendo la norma de ozono la que más se excedió, con un 88% de los días del año; los meses en que con mayor frecuencia se excedió ésta norma fueron abril, mayo, junio y diciembre. Por otra parte, las PM10 también muestran una alta frecuencia de excedencias a su norma, en más del 70% de los días en los meses de febrero, marzo, abril y mayo; para el resto de los meses el porcentaje de días en que fue rebasada la norma es inferior a este valor. Por lo que respecta al NO<sub>2</sub>, éste rebasó la norma en todos los meses del periodo de enero a junio y en diciembre; la mayor frecuencia de excedencia se presentó en febrero con el 32%, seguido de mayo con el 29%, en tanto que en los meses restantes éste valor fue inferior al 15%. En el caso del CO, únicamente se excedió la norma en los meses de mayo y diciembre, con el 3% y el 13% de los días, respectivamente. Finalmente, el SO<sub>2</sub> no presentó excedencia alguna durante 1998 (ver Figura 4.3).

Figura 4.3. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en la ZMVM, 1998



Con objeto de observar la tendencia general de la contaminación atmosférica en la ZMVM, en la Figura 4.4 se muestra el valor máximo diario del IMECA durante 1998. Es importante hacer notar que los picos de 200 puntos IMECA y superiores siguen presentándose de manera frecuente, e incluso tuvieron una ligera alza en comparación con el comportamiento presentado el año anterior.

Figura 4.4. IMECA máximo diario en la ZMVM, 1998

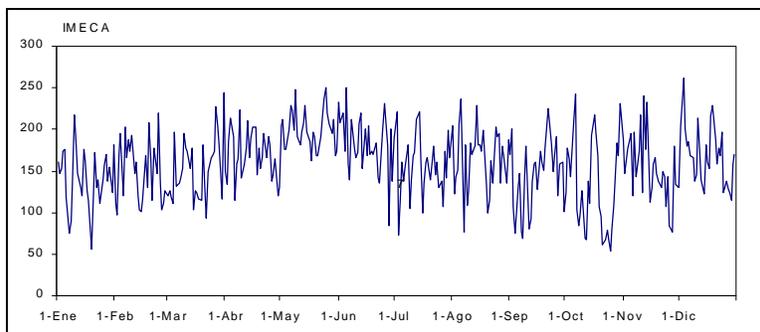
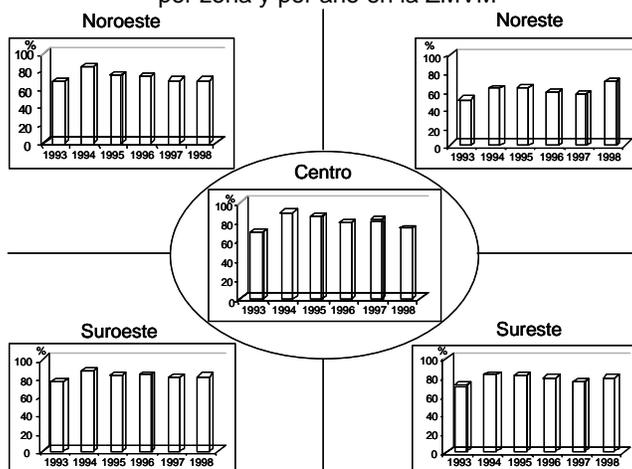


Figura 4.5. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en la ZMVM



La Figura 4.5 muestra el porcentaje de días en que se alcanzaron o rebasaron las normas de calidad del aire en cada una de las cinco zonas de la ciudad durante los últimos 5 años. En ella se puede apreciar que el problema de contaminación del aire es generalizado para toda la ZMVM y que no ha habido variaciones importantes en los últimos años en la distribución espacial de la contaminación ni en los porcentajes en que es rebasada alguna de las normas de calidad del aire, aunque cabe mencionar que en 1998 las zonas noreste y sureste presentaron un ligero aumento respecto a los valores registrados el año anterior y la zona centro una ligera disminución.

Como complemento a la información anterior, en la Tabla 4.3 se muestra el porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los diferentes niveles IMECA en la ZMVM. Para 1998 no se presenta incremento alguno en el número de días en que se alcanzó o rebasó el valor de 100 puntos IMECA con respecto al año anterior, permaneciendo en 337 días, para ambos años (92% de los días del año); en el nivel de 150 puntos IMECA hubo una ligera tendencia

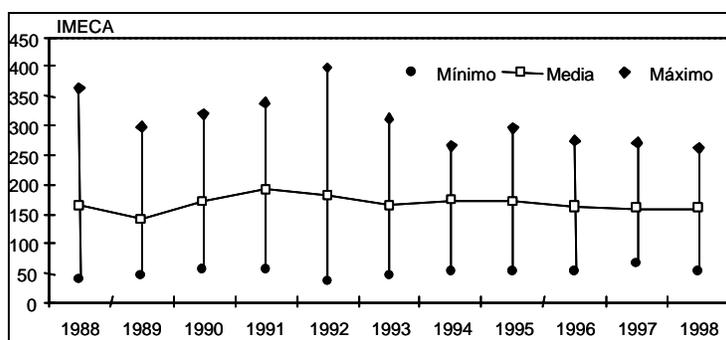
a disminuir con respecto a 1997, pasando de 225 días a 219 (62% y 60% de los días respectivamente). Para el valor de los 200 puntos IMECA durante este año se tuvo un incremento de 6 días pasando de 55 a 61, en tanto que el número de días con valores iguales o superiores a los 250 puntos IMECA permaneció constante con 3 días fuera de norma. Finalmente se reafirma el hecho de que por quinto año consecutivo no se registraron valores iguales o mayores a los 300 puntos IMECA para todos los contaminantes.

Tabla 4.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 225, 250 y 300 puntos IMECA en la ZMVM

Año	≥100		≥150		≥200		≥225		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.											
1988	90	330	63	232	19	69	5.5	20	3.0	11	0.3	1	366
1989	91	332	37	136	4.1	15	1.1	4	0.8	3	0.0	0	365
1990	93	341	64	235	26	94	16	57	7.7	28	1.1	4	365
1991	96	351	78	284	44	162	29	104	15	56	1.9	7	365
1992	92	335	72	264	34	125	21	77	11	39	3.3	12	366
1993	89	324	66	240	23	85	12	42	3.8	14	0.3	1	365
1994	95	346	72	263	28	101	10	37	1.1	4	0.0	0	365
1995	89	325	72	263	26	94	10	37	1.9	7	0.0	0	365
1996	91	333	65	238	19	71	7.7	28	1.4	5	0.0	0	366
1997	92	337	62	225	15	55	4.7	17	0.8	3	0.0	0	365
1998	92	337	60	219	17	61	5.2	19	0.8	3	0.0	0	365

En la Figura 4.6 se observa la evolución de la media de la distribución de los máximos diarios del IMECA de 1988 a 1998. Como se aprecia, a partir de 1994 la media tiende a disminuir, acercándose de manera más clara al nivel de los 150 puntos IMECA. Con ello se avanza en uno de los objetivos sustanciales del PROAIRE que es lograr gradualmente, para el año 2000, menores niveles de contaminación durante el día y tener menos contingencias al año, logrando que la media de la distribución se reduzca de 173 puntos en 1994 a un nivel de entre 140 y 150 puntos para el año 2000. Esta tendencia tendrá que ser confirmada con la información que se genere en los próximos años, para descartar que la disminución registrada se deba a algún efecto climático.

Figura 4.6. Mínimo, media y máximo del IMECA máximo diario en la ZMVM



Efectuando un análisis similar para el ozono, la Tabla 4.4 muestra que el número de días con IMECA igual o mayor a la norma permaneció más o menos constante con respecto al del año anterior, 322 días en 1997 y 320 días en 1998. Cabe hacer notar que las excedencias a los 200 puntos IMECA fueron de 5 días más que el año anterior, un 16% (60 días) y el nivel de los 240 puntos IMECA con el cual se decretó el Plan de Contingencias Ambientales a partir de mayo de 1998 en la ZMVM se alcanzó 2% de los días. Finalmente, el nivel de los 250 puntos IMECA se presentó en 3 días, igual que durante 1997.

Tabla 4.4. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA de ozono en la ZMVM

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
1988	90	330	64	232	19	69	3.0	11	0.3	1	366
1989	91	331	37	136	4.1	15	0.8	3	0.0	0	365
1990	93	338	64	235	26	94	7.7	28	1.1	4	365
1991	96	350	78	284	44	162	15	56	1.9	7	365
1992	90	329	72	264	34	125	11	39	3.3	12	366
1993	89	324	66	240	23	85	3.8	14	0.3	1	365
1994	95	346	72	263	27	100	1.1	4	0.0	0	365
1995	89	325	72	263	26	94	1.9	7	0.0	0	365
1996	89	327	64	235	19	71	1.4	5	0.0	0	366
1997	88	322	60	219	15	55	0.8	3	0.0	0	365
1998	88	320	59	216	16	60	0.8	3	0.0	0	365

Al comparar las Tablas 4.3 y 4.4 se observa que es el ozono quien en términos generales condiciona los eventos de excedencias de las normas de calidad del aire, sobre todo aquellos que dan lugar a niveles superiores a los 200 puntos IMECA.

La Figura 4.7 muestra el comportamiento histórico de los valores IMECA máximos mensuales para ozono de enero a diciembre de 1990 a 1998. De manera

general se aprecia que los máximos mensuales siguen estando por encima de los 200 puntos IMECA.

Figura 4.7. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMVM

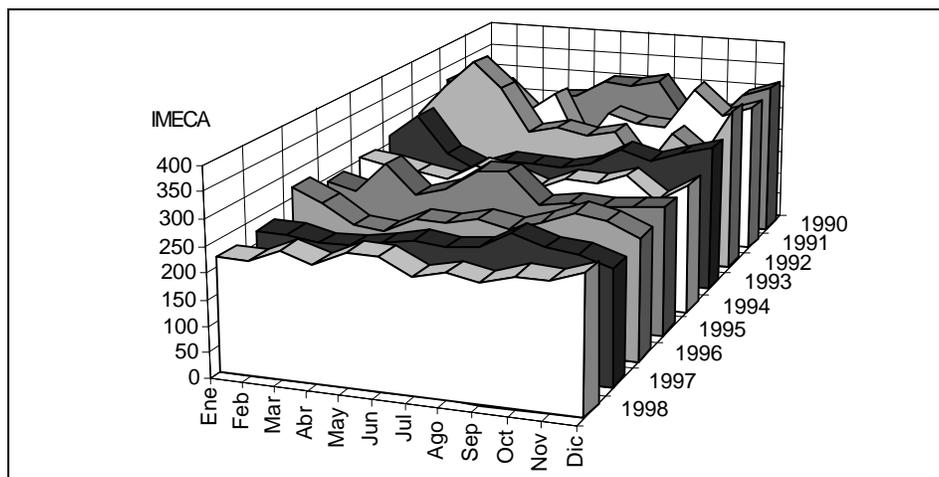


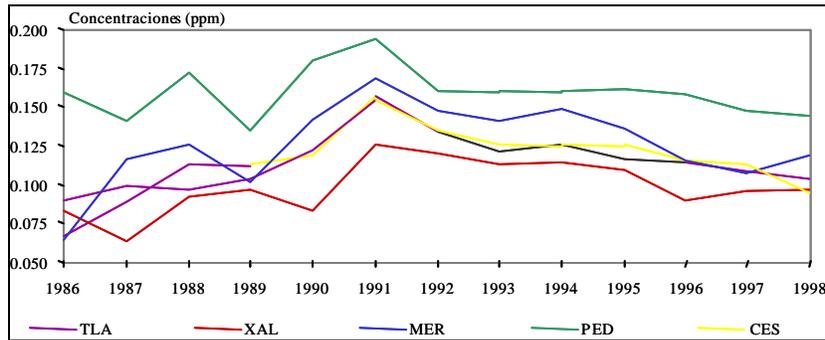
Tabla 4.5. Promedio anual de máximos diarios de ozono en 5 estaciones en la ZMVM (concentraciones, ppm)

Año	Tlalnepantla	Merced	Pedregal	Xalostoc	C. Estrella
1986	0.066	0.064	0.158	0.082	0.089
1987	0.088	0.116	0.140	0.063	0.098
1988	0.113	0.125	0.171	0.092	0.096
1989	0.112	0.101	0.135	0.096	0.103
1990	0.118	0.142	0.179	0.082	0.122
1991	0.156	0.168	0.193	0.125	0.153
1992	0.133	0.147	0.160	0.119	0.135
1993	0.120	0.140	0.159	0.112	0.125
1994	0.125	0.149	0.160	0.113	0.125
1995	0.115	0.136	0.161	0.109	0.125
1996	0.113	0.115	0.157	0.089	0.115
1997	0.108	0.113	0.147	0.094	0.107
1998	0.103	0.094	0.144	0.096	0.118

En la Tabla 4.5 y Figura 4.8 se presenta el promedio anual de las concentraciones máximas diarias de ozono en las cinco estaciones que históricamente han registrado información en la red de monitoreo atmosférico (Tlalnepantla, Merced, Pedregal, Xalostoc y Cerro de la Estrella). Se observa que el valor promedio anual en 1998, es ligeramente menor al reportado en el año anterior en las tres primeras estaciones mientras que en Xalostoc, paso de 0.094 a 0.096 ppm y en Cerro de la Estrella paso de 0.107 a 0.118 ppm. Lo anterior refleja que las acciones emprendidas para el control de los precursores de ozono siguen teniendo un efecto positivo en el Valle de México. En la Figura 4.8 se observa que la estación Pedregal sigue siendo la que presenta mayores concentraciones de ozono, en comparación con las otras

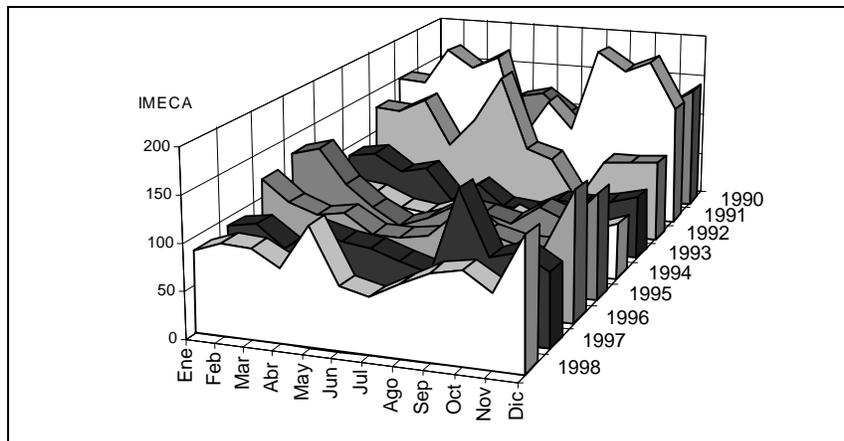
cuatro. En general, se puede decir que se ha mantenido una tendencia decreciente, a partir de 1994.

Figura 4.8. Promedio anual de los máximos diarios de ozono en 5 estaciones de la ZMVM



En la Figura 4.9 se aprecia que durante 1998 el valor máximo mensual del IMECA del CO fue de 140 puntos en el mes de diciembre, seguido por el mes de mayo en donde se registró un IMECA de 127, para el resto de los meses fue inferior a los 100 puntos. Este contaminante alcanzó o rebasó la norma de calidad del aire durante cinco días en 1998.

Figura 4.9. IMECA máximo mensual de CO en la ZMVM



En la Figura 4.10 se observa que durante 1998 los máximos mensuales de SO<sub>2</sub> estuvieron por debajo de la norma durante los 12 meses del año. Los valores más elevados de este contaminante se presentaron en marzo, abril y diciembre con 79, 89 y 86 puntos IMECA respectivamente.

Figura 4.10. IMECA máximo mensual de SO<sub>2</sub> en la ZMVM

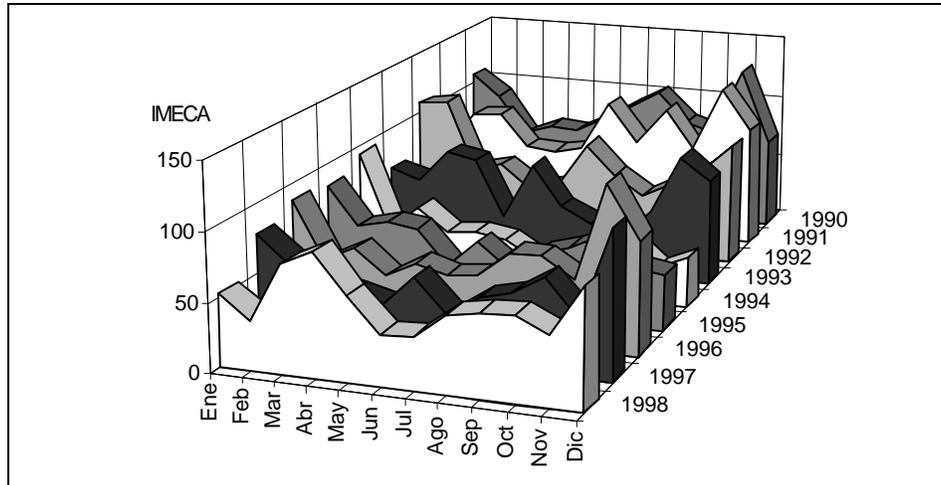


Tabla 4.6. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en la ZMVM

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1986	0.043	59,397
1987	0.045	90,162
1988	0.051	94,535
1989	0.049	91,092
1990	0.054	88,037
1991	0.057	91,668
1992	0.047	99,591
1993	0.020	105,616
1994	0.020	167,660
1995	0.017	211,945
1996	0.016	217,584
1997	0.014	210,157
1998	0.014	204,286

En la Tabla 4.6 se observan los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en la ZMVM de 1986 a 1998, se aprecia que el comportamiento anual a través de los años representados es variable, aunque con una marcada tendencia a disminuir en los últimos años, ya que de 1986 a 1992 fue igual o mayor a 0.040 ppm (valor superior a la norma anual que es de 0.030 ppm.), sin embargo de 1993 a la fecha el promedio ha venido disminuyendo, debido principalmente, al incremento del consumo de gas natural en las 2 termoeléctricas del Valle de México y en más de 350 industrias, así como a la sustitución del combustóleo por gasóleo industrial con un contenido máximo de 1% de azufre, el cual se viene distribuyendo a partir del 1 de diciembre de 1997, además de la introducción del Diesel Sin, con un contenido máximo de azufre de 0.05% en peso.

En la Figura 4.11 se puede apreciar que durante 1998 los máximos mensuales de NO<sub>2</sub> estuvieron por arriba de la norma en 6 meses del año, presentando una mejora con respecto al año anterior (8 meses). Los registros más elevados durante 1998 fueron de 147, 121 y 118 puntos IMECA y se presentaron en los meses de febrero, mayo y abril, respectivamente. En este año la norma para este contaminante se rebasó en 32 días del año (9% de los días).

Figura 4.11. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en la ZMVM

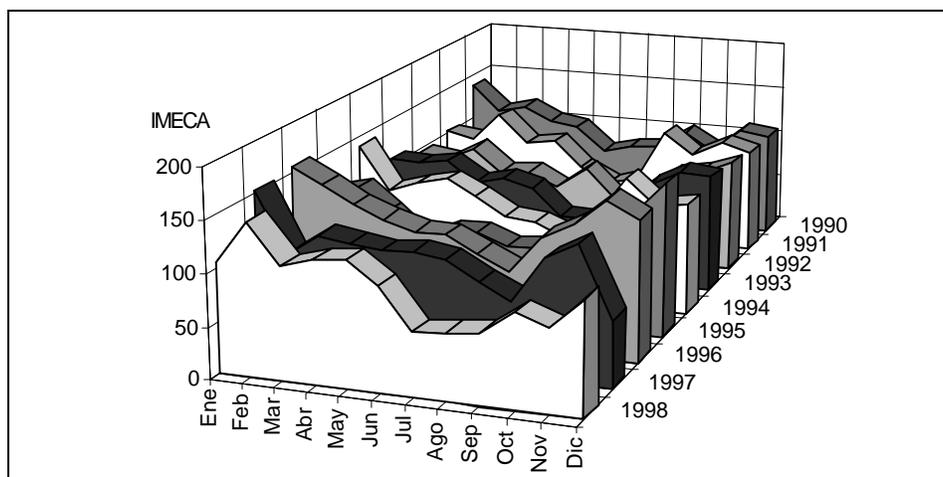


Tabla 4.7. Porcentaje y número de muestreos iguales o mayores a los 260 µg/m<sup>3</sup> para PST en la ZMVM

Año	Muestreos $\geq$ 260 µg/m <sup>3</sup>		Total de muestreos
	%	No.	
1986	45	372	836
1987	39	363	940
1988	43	520	1,200
1989	35	407	1,181
1990	44	592	1,337
1991	59	727	1,247
1992	48	555	1,152
1993	19	216	1,153
1994	15	172	1,138
1995	15	179	1,156
1996	14	118	840
1997	18	97	537
1998	27	194	715

Con el objeto de seguir la tendencia histórica de las PST, la Tabla 4.7 muestra el número de muestreos fuera de norma obtenidos de la red manual de 1986 a 1998. Se puede observar que para 1998, hubo un incremento de aproximadamente un 10% en el número de muestreos fuera de norma respecto al año ante-

rior, pasando de un 18% en 1997 a un 27% en 1998, cabe mencionar que para 1998 el número de muestreos aumentó un 33% con respecto al año anterior (de 537 en 1997 a 715 en 1998).

En la Figura 4.12 se muestra el máximo mensual de los valores IMECA de las PM10 de 1995 a 1998; se aprecia que este contaminante presenta un comportamiento variable, y no estacional como se pudiera esperar si las partículas provinieran únicamente de la erosión de suelos y se les pudiera asociar con períodos secos. Las PM10 registraron durante 1998 valores máximos superiores a los 100 puntos IMECA y alcanzaron valores de 230 puntos IMECA en los meses de mayo y diciembre.

Figura 4.12. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMVM

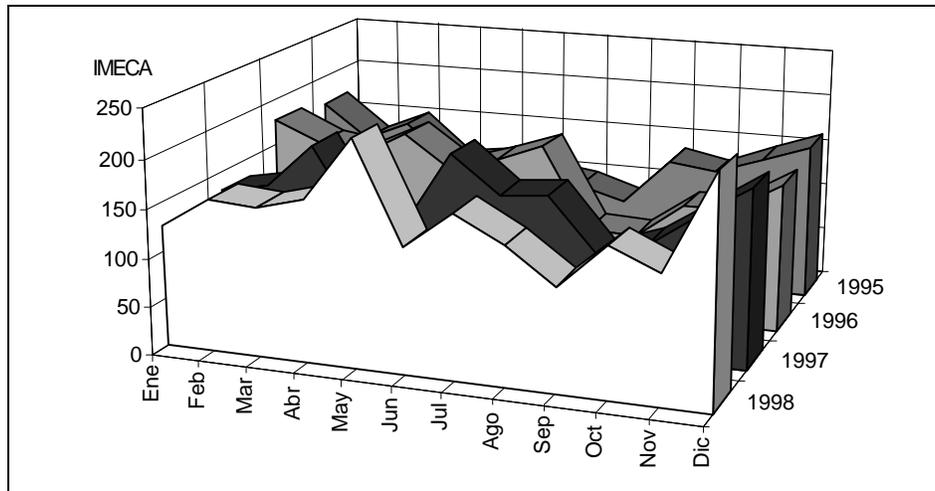


Tabla 4.8. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA de PM10 en la ZMVM

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		Total de días con datos
	%	No	%	No	%	No	%	No	
1995	27	100	1.1	4	0.0	0	0.0	0	365
1996	50	182	5.7	21	0.0	0	0.0	0	366
1997	44	160	4.4	16	0.0	0	0.0	0	365
1998	53	192	8.2	30	0.5	2	0.0	0	365

Complementando la información anterior, en la Tabla 4.8 se puede apreciar que durante 1998 el número de excedencias a la norma fue de 192 días (53% de los días del año), 32 días más que el año anterior. En 1998 hubo 2 días en los que

se presentaron eventos de más de 200 puntos IMECA, situación que no se dio en años previos.

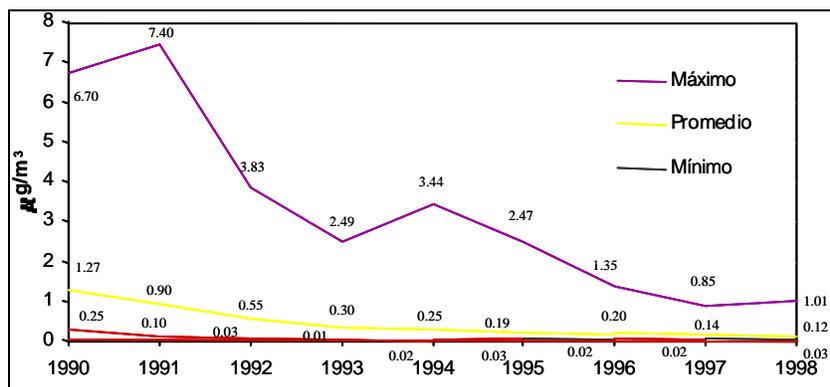
En la Tabla 4.9 se presentan los promedios anuales de las PM10 en la ZMVM de 1995 a 1998. Se puede observar que estos rebasan el valor de la norma anual establecida de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio aritmético, ya que se presentan valores por arriba de los  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durante todos los años considerados.

Tabla 4.9. Promedio anual de PM10 en la ZMVM

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de horas con datos
1995	61	82,159
1996	73	78,124
1997	75	73,359
1998	71	85,753

Finalmente, en la Figura 4.13 se muestra el comportamiento de los niveles históricos de plomo, se aprecia que a partir de 1991 los valores han disminuido y de 1995 a la fecha las concentraciones promedio se han mantenido con poca variación. Durante 1998 el promedio anual registrado fue de  $0.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con un valor máximo de  $1.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , inferior al valor normado para este contaminante que es de  $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio aritmético en 3 meses, aunque ligeramente superior al registrado en 1997 que fue de  $0.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Figura 4.13. Concentración máxima, promedio y mínima anual de Plomo en la ZMVM



## Conclusiones

- Durante 1998, en la ZMVM se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire en el 92% de los días (337 días), presentándose 61 eventos (17% de los días del año) de más de 200 puntos IMECA. Por quinto año consecutivo no se alcanzaron niveles iguales o superiores a los 300 puntos IMECA para ninguno de los contaminantes.
- La frecuencia de excedencias a la norma de ozono fue de 88% (320 días durante 1998) y en el 16% de los días los niveles fueron superiores a los 200 puntos IMECA.
- En cuanto a las PM<sub>10</sub>, el número de excedencias a la norma fue de 192 días (53% de los días de 1998) y se presentaron 2 eventos de más de 200 puntos IMECA. Las PM<sub>10</sub> rebasaron el valor de la norma anual establecida de 50 µg/m<sup>3</sup> promedio aritmético, ya que obtuvo el valor de 71 µg/m<sup>3</sup>.
- Los registros de excedencias para el NO<sub>2</sub> durante 1998 fueron de 32 días (9% de los días del año), el valor más elevado fue de 147 puntos IMECA, valor menor al registrado el año anterior que fue de 153 puntos.
- Los registros de SO<sub>2</sub> estuvieron por debajo de los 90 puntos IMECA durante todos los meses de 1998, con un promedio anual de 0.014 ppm, valor inferior al establecido para su norma anual que es de 0.030 ppm.
- El CO, rebasó su norma de calidad del aire en 5 días durante 1998 con un valor máximo de 140 puntos IMECA.
- El plomo cumple con su norma de calidad del aire desde 1995 y en 1998 registró una concentración promedio de 0.12 µg/m<sup>3</sup>.



## 5. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

### Red de monitoreo de la calidad del aire

La Red Automática de Monitoreo Atmosférico (Figura 5.1) de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) empezó a funcionar en 1993 y está integrada por ocho estaciones distribuidas en cinco zonas de la ciudad, cada una de ellas cuenta con monitores para medir: ozono ( $O_3$ ), monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), y partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10), así como  $NO_x$  y variables meteorológicas (humedad relativa (HR), temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV)). Esta red es operada por la Comisión Estatal de Ecología de Jalisco. Debido a que en 1993 y 1995 se cuenta con poca información no se incluyen en este Informe. La Tabla 5.1 muestra las estaciones que conforman esta red.

Figura 5.1. Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMG

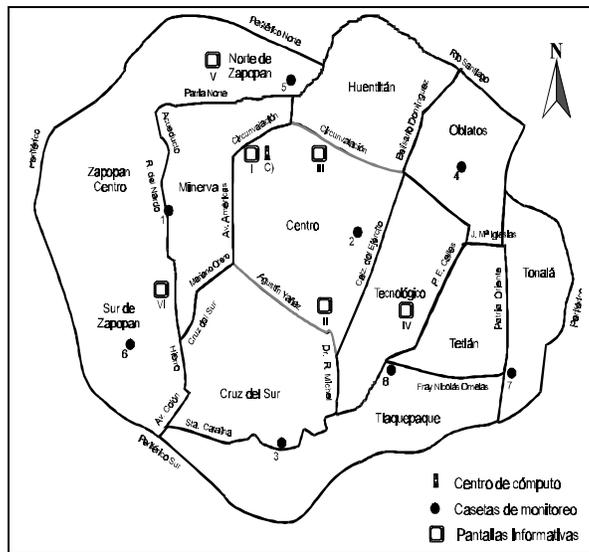


Tabla 5.1. Estaciones de la red automática y parámetros que se miden en la ZMG

Zona	Estación	Clave	$O_3$	CO	$SO_2$	$NO_2$	PM10	$NO_x$	HR	TMP	DV	VV
Oeste	Vallarta	VAL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Centro	Centro	CEN	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sur	Miravalle	MIR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Norte	Oblatos	OBL	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Norte	Atemajac	ATM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oeste	Aguilas	AGU	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Este	Loma Dorada	LDO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Este	Tlaquepaque	TLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

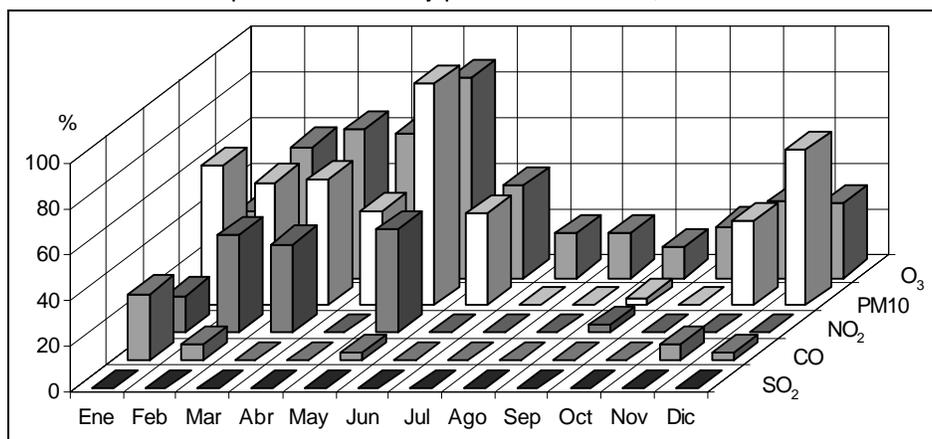
A continuación se presentan una serie de gráficas y tablas que permiten evaluar el comportamiento de la calidad del aire durante 1998.

### Evolución de la calidad del aire

Los datos de la calidad del aire que a continuación se presentan fueron enviados al Instituto Nacional de Ecología (INE) por la Comisión Estatal de Ecología, esta comisión es la encargada de la red de monitoreo en la ZMG. Es importante señalar que se trabajó con la información en concentraciones, por lo que se tuvo que hacer una validación a los datos antes de plasmarla en este informe.

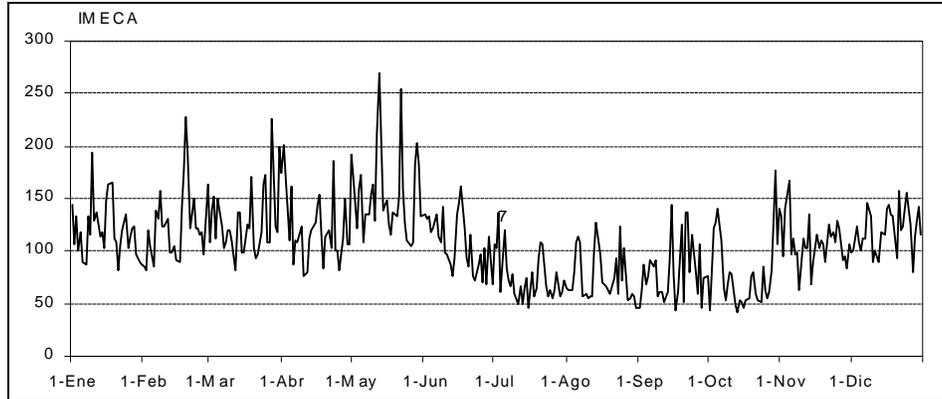
La Figura 5.2 muestra el porcentaje de días por mes en que se alcanzaron o se rebasaron las normas de calidad del aire para los contaminantes criterio medidos durante 1998. Se observa que el contaminante que más veces excedió su norma fue el ozono; 85% de días en mayo, 60% de días en marzo y abril y menos del 50% de días en los demás meses. Las PM10 presentaron excedencias a su norma en el 97% de los días de mayo, seguido en orden decreciente por diciembre, enero, marzo y febrero, con más del 50% de los días, siendo este el segundo contaminante con mayor frecuencia de excedencias a su norma durante este año. La norma para NO<sub>2</sub> se rebasó en 5 meses, en todos ellos con una frecuencia menor al 50% de los días. El CO estuvo fuera de su norma principalmente en los meses invernales (noviembre, diciembre, enero y febrero), con una frecuencia inferior al 30% de los días. Finalmente, el SO<sub>2</sub> no excedió su norma de calidad del aire durante este año.

Figura 5.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en la ZMG, 1998



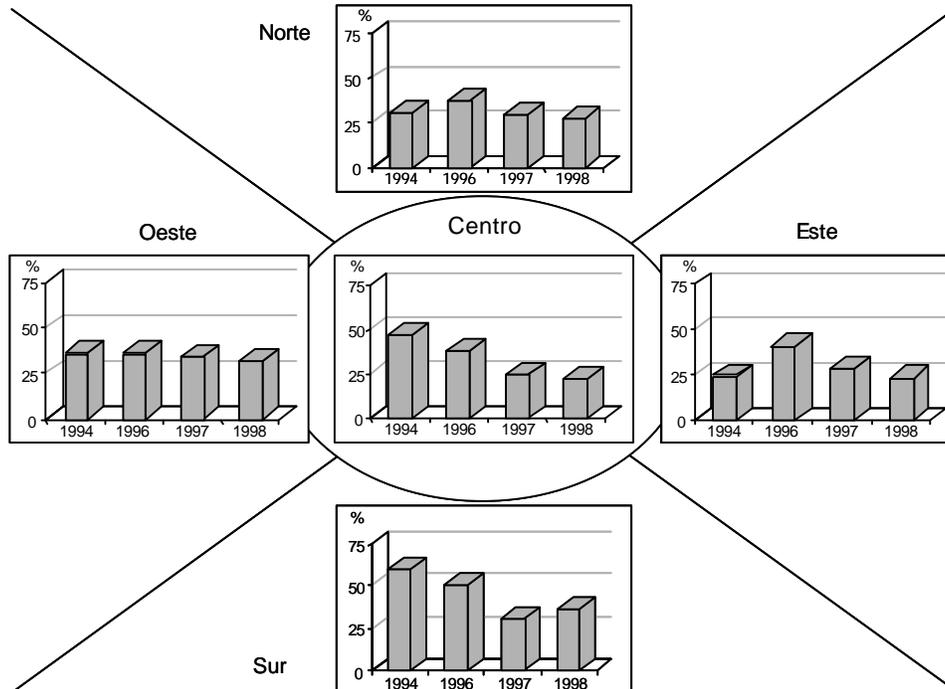
La Figura 5.3 muestra las tendencias generales del IMECA máximo diario en la ZMG durante 1998. En general se puede decir que los máximos diarios mayores a los 150 puntos IMECA se presentaron de manera frecuente durante la primera parte del año, y no se volvieron a presentar valores similares, sino hasta noviembre y diciembre sin alcanzar los 200 puntos IMECA.

Figura 5.3. IMECA máximo diario en la ZMG, 1998



La Figura 5.4 muestra el porcentaje de días en que se rebasaron las normas de calidad del aire en cada una de las 5 zonas de la ZMG, durante el período de 1994 a 1998. Para el año 1998, se observa que con excepción de la zona sur, el porcentaje de excedencias en las demás zonas fue ligeramente menor al del año anterior.

Figura 5.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en la ZMG



En la Tabla 5.2 se muestra el porcentaje y número de días con valores iguales o superiores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la ZMG de 1994 a 1998. Se puede apreciar una ligera disminución en la frecuencia con que fueron rebasados los diferentes intervalos del IMECA en 1998 en comparación con el año anterior, el número de días por arriba de la norma fue de 211 (58% de los días) en 1998 y 213 (58% de los días) en 1997. Los 200 puntos se alcanzaron o se rebasaron en 7 días durante 1998 y dos de ellos por encima de los 250 IMECA.

Tabla 5.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la ZMG

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
1994	75	270	38	135	2.5	9	0.0	0	0.0	0	358
1996	70	256	26	94	6.3	23	0.8	3	0.0	0	366
1997	58	213	16	57	3.3	12	0.5	2	0.0	0	365
1998	58	211	11	40	1.9	7	0.5	2	0.0	0	365

Con la aplicación y seguimiento de las diferentes medidas descritas en el programa de calidad del aire para esta ciudad, se pretende pasar de un 70% de días por arriba de alguna de las normas en 1996 a lo más a un 50% en el año 2001. Como se mencionó, en 1998 la frecuencia de excedencias a alguna de las normas fue del 58% de los días, similar a 1997, acercándose un poco a la meta prevista; sin embargo, la tendencia a la disminución será verificada en los años subsecuentes para descartar algún efecto climático.

Para el ozono se hizo un análisis similar y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.3, en ella se puede apreciar que en 1998 se presentaron 146 días por arriba de los 100 puntos IMECA, que equivale a un 40% de los días del año, porcentaje menor a los registrados en años anteriores. En el caso de los 200 puntos IMECA se presentaron 7 días con valores iguales o superiores a este nivel, para los 250 puntos IMECA se presentaron 2 días por arriba de este umbral.

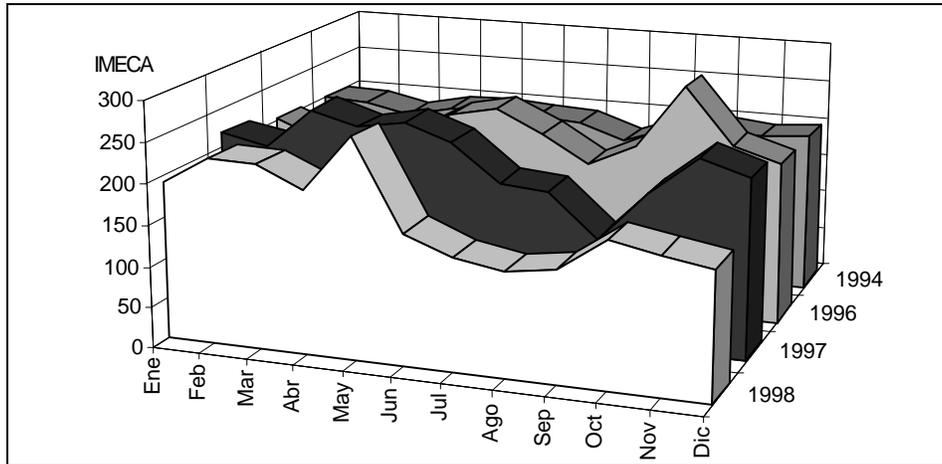
Tabla 5.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA para ozono en la ZMG

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
1994	64	230	29	103	2.5	9	0.0	0	0.0	0	358
1996	58	212	24	88	6.3	23	0.8	3	0.0	0	366
1997	49	178	15	53	3.3	12	0.5	2	0.0	0	365
1998	40	146	10	37	1.9	7	0.5	2	0.0	0	365

En la Figura 5.5 se representa el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono de 1994 a 1998, apreciándose que en este último año siguen siendo elevados, aunque se presentó una reducción apreciable en los meses de junio a agosto, tal como lo muestra el hecho de que solamente en

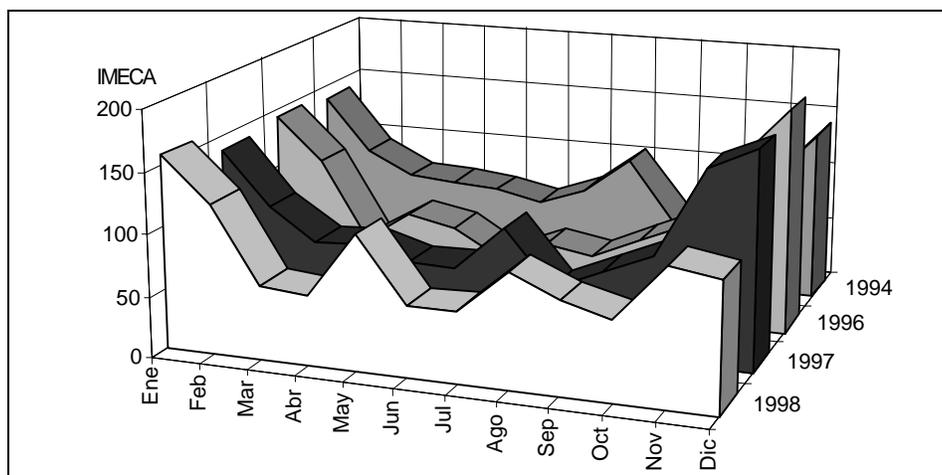
cuatro meses del año (febrero, marzo, abril y mayo), se alcanzaron registros superiores a los 200 puntos IMECA, ocurriendo el valor mensual más elevado en el mes de mayo con 269 puntos.

Figura 5.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMG



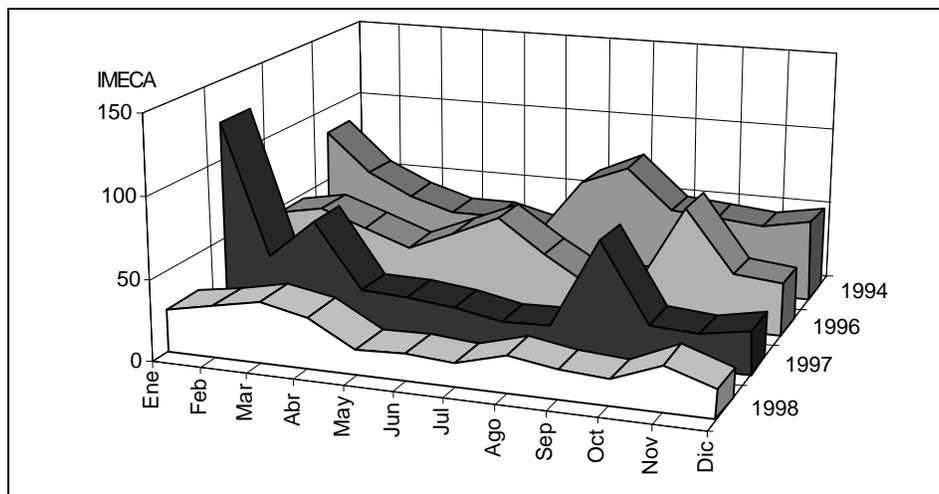
La Figura 5.6 muestra el comportamiento de los valores máximos mensuales de CO para el período de 1994 a 1998. En ella se aprecia que en 1998, los máximos mensuales más elevados de este contaminante se presentaron, al igual que en los años anteriores, en los meses invernales (noviembre, diciembre, enero y febrero) donde los registros variaron de 104 a 158 puntos IMECA. La norma para este contaminante se rebasó en 15 días (4% de los días) durante 1998, similar a 1997 (14 días del año).

Figura 5.6. IMECA máximo mensual de CO en la ZMG



En la Figura 5.7 se ilustra el comportamiento de los valores máximos mensuales de SO<sub>2</sub> de 1994 a 1998. Destaca el hecho de que aunque no se aprecia un patrón definido en 1998 los niveles de este contaminante siempre fueron inferiores a su norma y los registros más elevados se dieron en el periodo de febrero a abril, siendo el valor máximo de 38 puntos IMECA en marzo.

Figura 5.7. IMECA máximo mensual de SO<sub>2</sub> en la ZMG



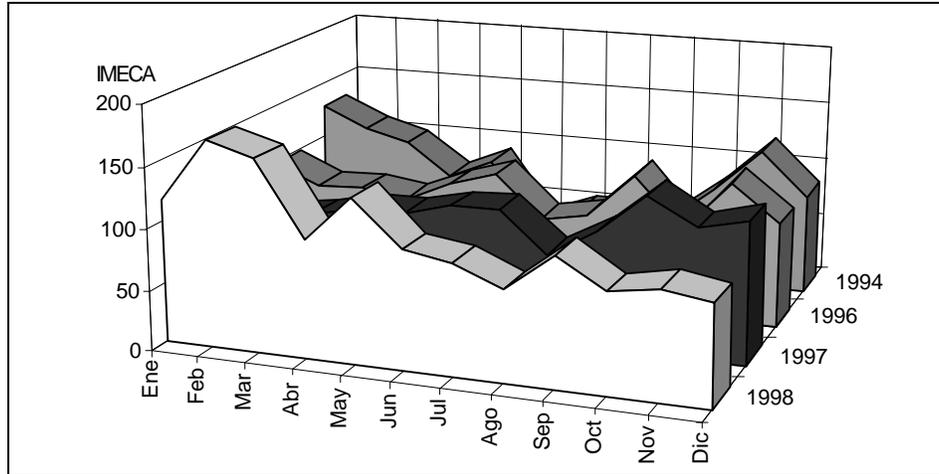
A continuación se presentan los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en la ZMG, en el período de 1994 a 1998. Se observa que estos se han mantenido por debajo de la norma anual que es de 0.03 ppm como promedio aritmético.

Tabla 5.4. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en la ZMG

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1994	0.017	20,543
1996	0.014	51,463
1997	0.011	59,540
1998	0.009	63,383

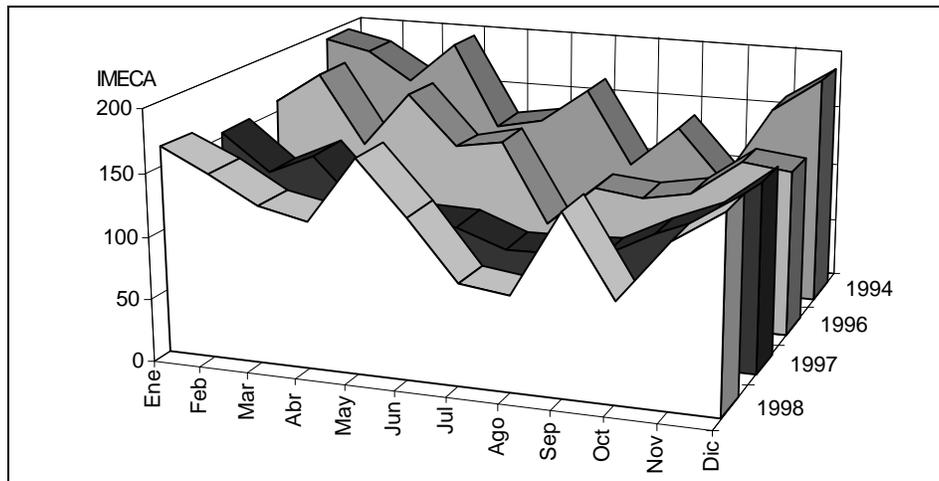
En la Figura 5.8 se muestra el comportamiento de los máximos mensuales de NO<sub>2</sub>. Se excedió en 1998 la norma de NO<sub>2</sub> en los meses de enero, febrero, marzo, mayo y septiembre, el valor más elevado se registro en febrero con 170 puntos IMECA. En 1998 la norma de este contaminante se rebasó en 44 días (12% de los días del año) superando al año anterior, que sólo rebasó la norma 13 días (4% de los días).

Figura 5.8. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en la ZMG



Los valores máximos mensuales de las PM<sub>10</sub> (Figura 5.9) presentaron un comportamiento variable en 1998, con niveles máximos mensuales por arriba de los 150 puntos IMECA en enero, mayo y diciembre. En el resto del año las concentraciones máximas oscilaron entre 70 y 150 puntos IMECA, siendo los registros más bajos los de julio, agosto y octubre coincidiendo ello con la época de lluvias.

Figura 5.9. IMECA máximo mensual de PM<sub>10</sub> en la ZMG



En la Tabla 5.5 se presenta el porcentaje y número de días en que se alcanzaron o rebasaron los diferentes niveles del IMECA para las PM<sub>10</sub>. Se observa que en 1998 este contaminante rebasó su norma en 138 días (38% de los días), aumentando considerablemente con respecto al año anterior (52 días del año).

se puede apreciar que este contaminante no excedió los 200 puntos IMECA y que los 150 puntos sólo se registraron en 5 de los días del año.

Tabla 5.5. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PM10 en la ZMG

Año	≥100		≥150		≥200		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1994	48	172	13	47	0.0	0	359
1996	33	120	1.6	6	0.0	0	365
1997	14	52	0.5	2	0.0	0	365
1998	38	138	1.4	5	0.0	0	364

La Tabla 5.6 muestra que el promedio anual de PM10 en la ZMG en el periodo de 1994 a 1998, presenta una tendencia variable donde los promedios son siempre superiores a su norma (50 µg/m<sup>3</sup> como promedio aritmético anual).

Tabla 5.6. Promedio anual de PM10 en la ZMG

Año	Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	Total de horas con datos
1994	80	47,810
1996	68	63,268
1997	60	49,185
1998	74	64,755

## Conclusiones:

- Durante 1998, el porcentaje de días en que se rebasó o alcanzó alguna de las normas de calidad del aire en la ZMG fue del 58% (211 días), en tanto que el nivel de los 200 puntos IMECA se excedió en siete días y el de los 250 puntos IMECA dos.
- El ozono presentó una frecuencia de excedencias a la norma del 40% de los días de 1998 (146 días), rebasando los 250 IMECA dos veces en el año.
- Las PM10 estuvieron fuera de norma en 38% de los días de 1998 (138 días), con valores inferiores a los 180 puntos IMECA. El promedio anual de las PM10 en 1998 fue de 74 µg/m<sup>3</sup>, superior al valor de su norma anual que es de 50 µg/m<sup>3</sup>.
- El CO excedió su norma de calidad del aire en 15 días durante 1998, con un valor máximo de 158 puntos IMECA en enero.
- En cuanto al NO<sub>2</sub>, registró 44 días por encima de la norma en 1998, con un valor superior a los 150 puntos IMECA en febrero y otro en marzo.
- Por último, es importante decir que el SO<sub>2</sub> estuvo dentro de la norma durante 1998, situándose los valores máximos por debajo de los 50 puntos IMECA. El promedio anual para este contaminante fue de 0.009 ppm, menor al valor establecido en su norma anual.

## 6. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY

### Red de monitoreo de la calidad del aire

En 1993 se inició la operación de la Red Automática de Monitoreo atmosférico (Figura 6.1) de la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM). La red está integrada por cinco estaciones (ver Tabla 6.1), distribuidas en las cinco zonas de la ciudad, mide los siguientes contaminantes criterio: ozono ( $O_3$ ), monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) y las partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10), con los cuales se evalúa la calidad del aire; así mismo, se cuenta con un equipo sodar y una unidad móvil de monitoreo. Esta red es administrada y operada por la Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León.

Figura 6.1. Distribución de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la ZMM

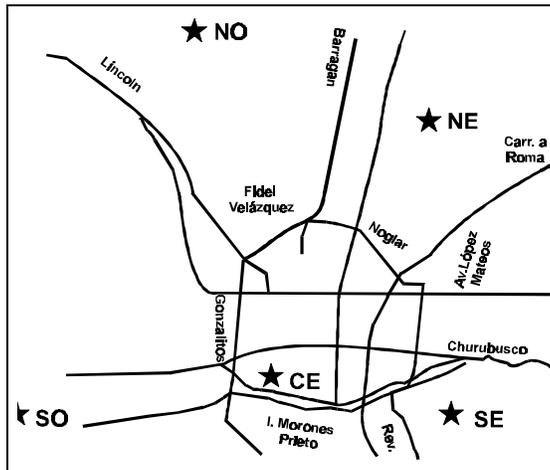


Tabla 6.1. Estaciones de la red automática y parámetros que se miden en la ZMM

Zona	Estación	Clave	$O_3$	CO	$SO_2$	$NO_2$	PM10
Sureste	La Pastora	SE	X	X	X	X	X
Noreste	San Nicolás	NE	X	X	X	X	X
Centro	Obispado	CE	X	X	X	X	X
Noroeste	San Bernabe	NO	X	X	X	X	X
Suroeste	Santa Catarina	SO	X	X	X	X	X

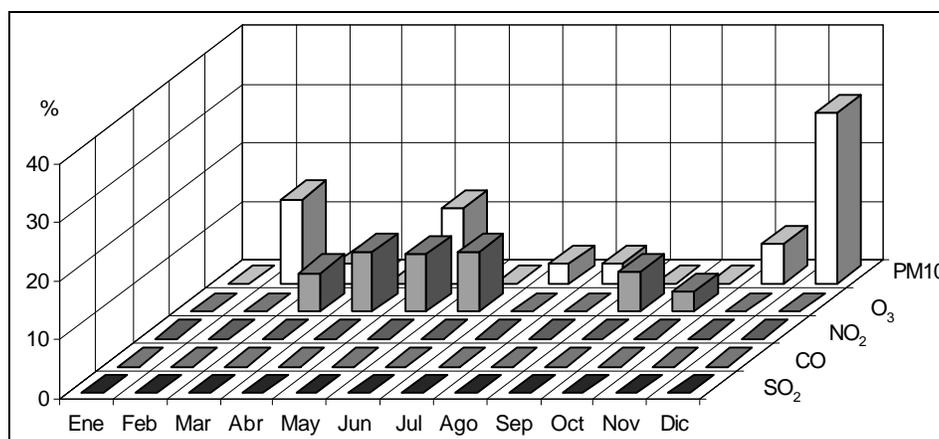
### Evolución de la calidad del aire

Los datos de la calidad del aire que a continuación se presentan fueron enviados al Instituto Nacional de Ecología (INE) por la Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León. Cabe señalar que se trabajó la información en concentraciones, por lo que se tuvo que hacer una validación a los datos antes de plasmarla en este informe.

En la Figura 6.2 se muestra el porcentaje de días por mes en que se rebasaron o alcanzaron las normas de calidad del aire para los contaminantes criterio medidos durante 1998. Se observa que el contaminante que más veces excedió su norma fueron las PM10, alcanzando un 29% de los días fuera de norma en diciembre, un 14% en febrero y un 13% en mayo.

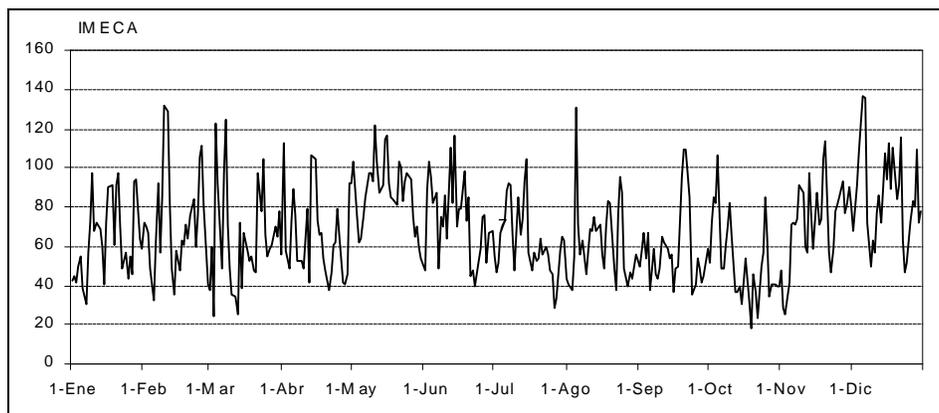
El ozono fue el otro contaminante que rebasó su norma, principalmente en los meses de marzo a junio, sin llegar a más del 10% de los días del mes.

Figura 6.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en la ZMM, 1998



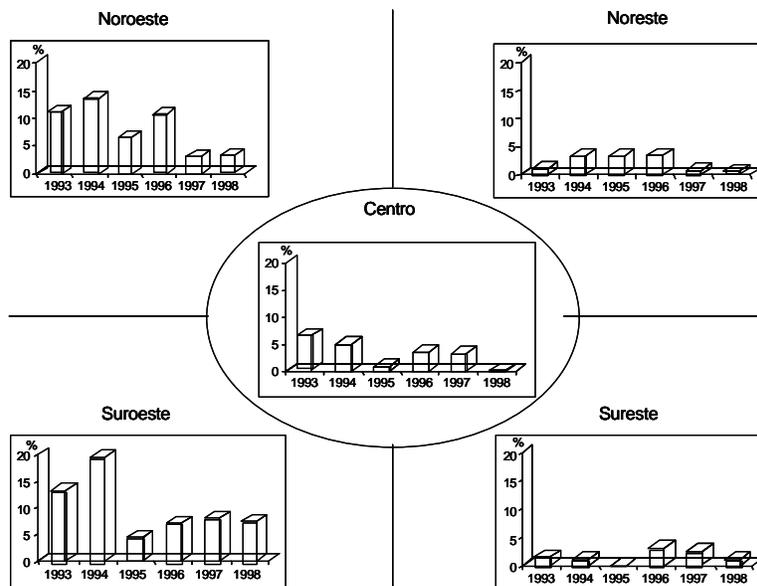
La Figura 6.3 muestra la tendencia general de la calidad del aire en la ZMM con los picos diarios del IMECA de enero a diciembre durante 1998. Es importante resaltar que estos valores fueron inferiores a los 140 puntos.

Figura 6.3. IMECA máximo diario en la ZMM, 1998



La Figura 6.4 muestra el porcentaje de días en que se alcanzaron o rebasaron los 100 puntos IMECA en cada una de las cinco zonas de la ciudad durante el período de 1993 a 1998. Se observa que en 1998 hubo una disminución en el número de excedencias en todas las zonas a excepción de la noroeste, siendo la zona suroeste la que registro la mayor frecuencia durante este año. Cabe señalar que el porcentaje de días fuera de norma en 1998 se presentó con una frecuencia por debajo del 8% en todas las zonas y que el sector suroeste sigue siendo la zona con más problemas de contaminación.

Figura 6.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en la ZMM



En la Tabla 6.2 se muestra el porcentaje y número de días con registros iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en la ZMM, de 1993 a 1998. Se puede observar la disminución en el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 IMECA en 1998, en comparación con 1997, pasando de un 12% de los días a un 10%.

Para los 150 puntos IMECA, se ha disminuido el número de días que alcanzan este valor desde 1995, sin presentarse en 1998. Los 200 puntos no se registraron por segundo año consecutivo.

Tabla 6.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en la ZMM

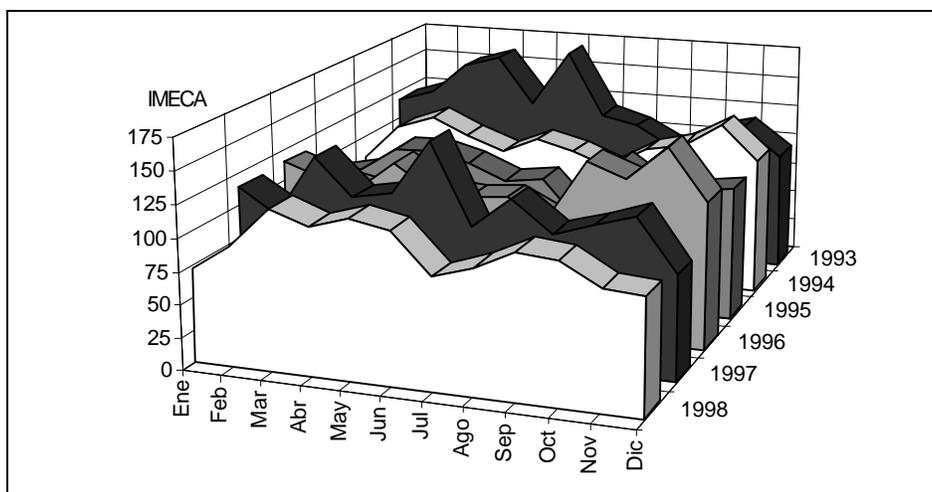
Año	≥100		≥150		≥200		≥250		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
1993	23	83	2.5	9	0.0	0	0.0	0	365
1994	29	106	10	37	0.3	1	0.0	0	365
1995	9	33	1.4	5	0.0	0	0.0	0	365
1996	18	65	1.6	6	0.3	1	0.0	0	366
1997	12	43	0.3	1	0.0	0	0.0	0	365
1998	9.9	36	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

En la Tabla 6.3 se pueden ver los valores en porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono. Se aprecia que en 1998 no se rebasaron los 150 puntos IMECA y la frecuencia de excedencias a la norma de calidad del aire fue del 4% (14 de los días), 6% menos que durante 1997.

Tabla 6.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA para ozono en la ZMM

Año	≥100		≥150		≥200		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1993	10	37	0.8	3	0.0	0	365
1994	6	20	0.0	0	0.0	0	365
1995	2	6	0.0	0	0.0	0	365
1996	7	25	0.3	1	0.0	0	366
1997	10	36	0.3	1	0.0	0	365
1998	3.8	14	0.0	0	0.0	0	365

Figura 6.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMM



La Figura 6.5 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono 1993 a 1998, observándose que para este último año, los valores máximos fueron mayores a la norma de calidad del aire durante seis meses, cuatro menos que el año anterior, alcanzándose valores superiores a los 120 puntos IMECA en los meses de marzo y mayo.

La Figura 6.6 muestra el comportamiento de los máximos mensuales del CO para el período de 1993 a 1998. Se aprecia que durante 1998 presentó un comportamiento estacional, con un aumento en los niveles en los meses de enero y diciembre. Los valores máximos no rebasan los 100 puntos IMECA, siendo el valor más elevado de 84 puntos en enero.

Figura 6.6. IMECA máximo mensual de CO en la ZMM

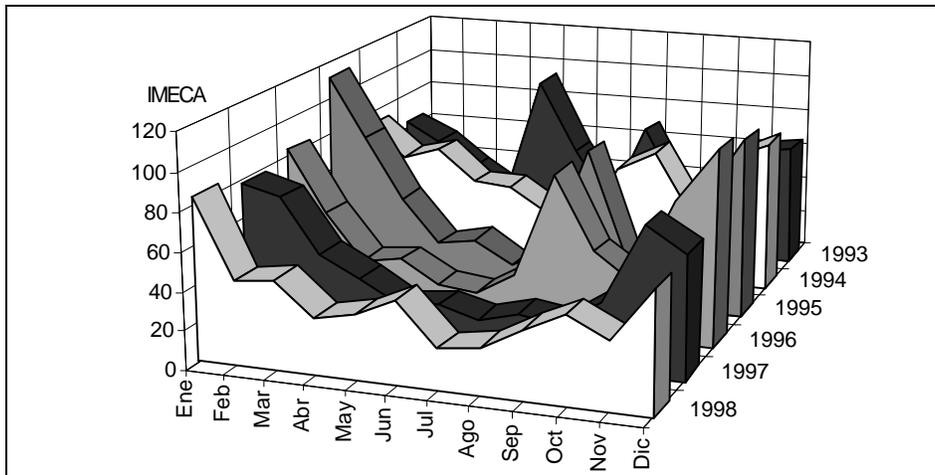
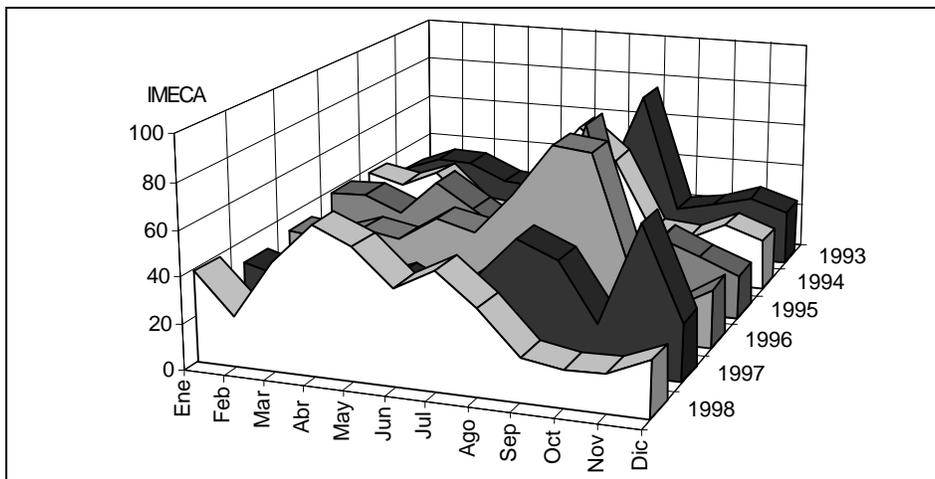


Figura 6.7. IMECA máximo mensual de SO<sub>2</sub> en la ZMM



La Figura 6.7, muestra el comportamiento de los máximos mensuales de SO<sub>2</sub> para el período de 1993 a 1998. Se observa que durante 1998 se presentó un comportamiento variable a través de todo el año, registrando valores siempre por debajo de la norma. El valor más alto se presentó en abril con 64 puntos IMECA.

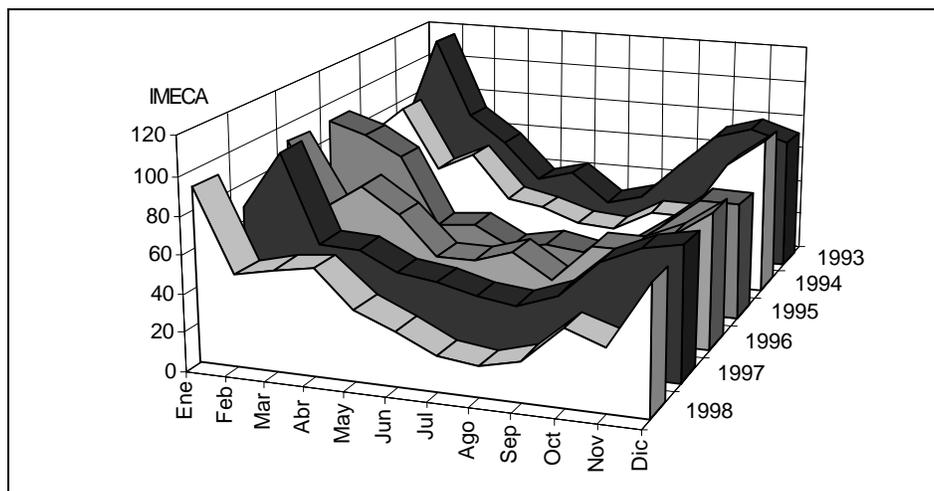
A continuación se presentan los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en la ZMM durante el periodo de 1993 a 1998. Se puede ver que no han variado sustancialmente a través del tiempo y siempre han sido menores al valor de la norma anual de este contaminante (0.03 ppm, promedio aritmético).

Tabla 6.4. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en la ZMM

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1993	0.012	31,730
1994	0.011	39,914
1995	0.010	40,175
1996	0.010	40,371
1997	0.010	35,818
1998	0.011	27,055

El comportamiento del NO<sub>2</sub> en la ZMM no varió significativamente durante 1998, respecto al de los años anteriores, y continúa mostrando un comportamiento estacional, con mayores concentraciones en la época fría. Cabe aclarar que durante todo el año no se rebasaron los 100 puntos IMECA, el valor más alto se registró en enero con 91 puntos (Figura 6.8).

Figura 6.8. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en la ZMM



En la Tabla 6.5 se presenta el porcentaje y número de días con registros iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA para las PM<sub>10</sub> de 1993 a 1998.

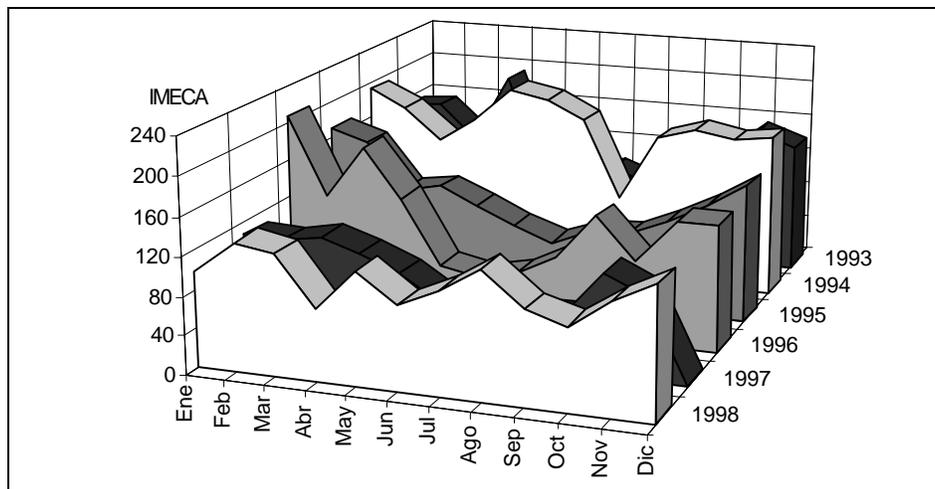
Durante el último año se rebasó la norma en 6% de los días del año (22 días), valor superior al del año anterior y no se alcanzó el nivel de los 150 puntos IMECA.

Tabla 6.5. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA para PM10 en la ZMM

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
1993	13	47	1.6	6	0.0	0	0.0	0	365
1994	26	93	10	37	0.3	1	0.0	0	365
1995	8	28	1.4	5	0.0	0	0.0	0	365
1996	12	45	1.4	5	0.3	1	0.0	0	366
1997	3.0	9	0.0	0	0.0	0	0.0	0	321
1998	6.2	22	0.0	0	0.0	0	0.0	0	356

Las PM10 presentaron en general durante 1998 concentraciones máximas mensuales superiores a las de 1997 en 8 meses del año, aunque variables. Rebasaron la norma de calidad del aire en los meses de febrero, marzo, mayo, julio, agosto, noviembre y diciembre, con valores de entre 105 y 136 puntos IMECA.

Figura 6.9. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMM



El promedio anual de las partículas PM10 (Tabla 6.6), durante el período de 1993 a 1998 muestra valores variables. A excepción de 1997 se aprecia que en los demás años se rebasa la norma anual de este contaminante ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio aritmético).

Tabla 6.6. Promedio anual de PM10 en la ZMM

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de horas con datos
1993	54	43,087
1994	62	43,170
1995	51	42,981
1996	55	40,992
1997	42	35,126
1998	56	34124

## Conclusiones

- Durante 1998, la frecuencia en el número de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire en la ZMM fue del 10% (36 días del año). En tanto que el nivel de los 150 puntos IMECA, no se alcanzó.
- La frecuencia de excedencias a la norma de las PM10 para 1998, fue de 6% (22 días al año). Los valores mayores o iguales a los 150 puntos IMECA no se alcanzaron. El promedio anual para 1998 fue de  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superior a la norma establecida de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio aritmético.
- El ozono constituye junto con las PM10 el mayor problema de contaminación del aire en la ZMM
- El CO tiende a mantener el comportamiento estacional que presentó el año anterior. Los valores máximos para 1998 no excedieron los 90 puntos IMECA.
- El  $\text{NO}_2$  al igual que el CO, presentó un comportamiento estacional, con mayores concentraciones en los meses de enero y diciembre; los niveles fueron inferiores a los 100 puntos IMECA.
- Finalmente, el  $\text{SO}_2$  presentó valores inferiores a los 65 puntos IMECA y su promedio anual (0.011 ppm) fue menor a la norma establecida.

## 7. CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE TOLUCA

### Red de monitoreo de la calidad del aire

Los primeros trabajos de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) se llevaron a cabo a finales de los 80's, con equipo manual para muestreo de partículas suspendidas totales (PST) y algunos contaminantes gaseosos. Para 1998 la red manual cuenta con cinco estaciones de monitoreo para PST. En el año de 1994 se puso en operación la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, la cual está integrada por siete estaciones distribuidas en tres zonas de la ciudad (ver Figura 7.1 y Tabla 7.1). Cada estación cuenta con equipo para realizar el monitoreo de los parámetros que definen la calidad del aire: ozono (O<sub>3</sub>), monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas con diámetro menor a 10 micrómetro (PM10) y variables meteorológicas (humedad relativa HR, temperatura TMP, velocidad del viento VV y dirección del viento DV). La red es administrada y operada por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Figura 7.1. Distribución de la red de monitoreo atmosférico de la ZMVT

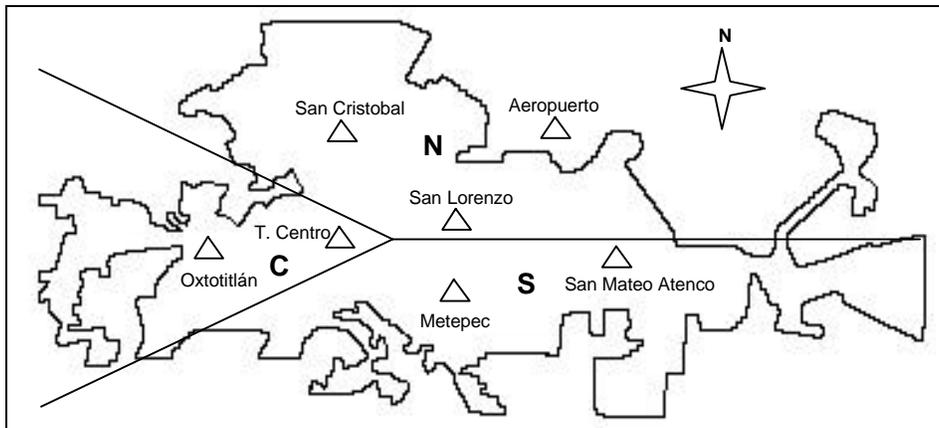


Tabla 7.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en la ZMVT

Zona	Estación	Clave	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PST*	PM10	HR	TMP	DV	VV
Centro	Oxtotitlán	OX		X	X	X		X				
Centro	Toluca-Centro	CE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sur	Metepec	MT	X	X	X	X	X	X				
Sur	San Mateo Atenco	SM			X	X		X				
Norte	S.L. Tepatitlán	SL	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Norte	Aeropuerto	AP	X		X	X	X	X				
Norte	San Cristóbal	SC			X	X		X				
Sur	Santa Elena	StaE					X					
Norte	ISSEMYM	ISS					X					

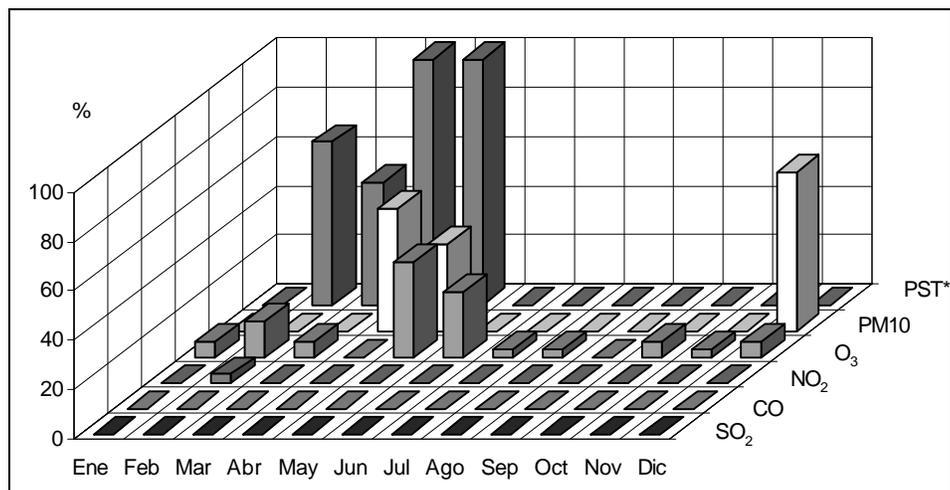
## Evolución de la calidad del aire

La información generada para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo en la ZMVT, se envió al Instituto Nacional de Ecología (INE) por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México. Cabe señalar que se trabajó la información en concentraciones, por lo que se tuvo que hacer una validación a los datos antes de plasmarla en este informe.

A continuación se presenta una serie de gráficas y tablas que permiten evaluar la calidad del aire durante 1998.

La Figura 7.2 muestra el porcentaje de días en que se alcanzó o se rebasó la norma de calidad del aire por mes para los contaminantes criterio durante 1998. Se puede notar que el ozono excedió en 10 de los 12 meses del año su norma, tres meses más que en 1997, registrando en mayo un 39% de días del mes con excedencia a su norma. En el caso del NO<sub>2</sub> únicamente rebasó la norma un día del mes de febrero. Las PM10 registraron días fuera de norma en tres de los meses monitoreados, presentándose en diciembre el valor más elevado con 65% de los días, seguido por abril y mayo con 50% y 36%, respectivamente (cabe aclarar que este contaminante se empezó a medir a partir de abril de este año). Las PST registraron excedencias a la norma en un 100% de los días muestreados en los meses de abril y mayo. Para los demás contaminantes no se presentó excedencia alguna.

Figura 7.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en la ZMVT, 1998



\* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PST

Con la finalidad de mostrar las tendencias generales de la contaminación del aire para el periodo de enero a diciembre de 1998, la Figura 7.3 muestra los valores máximos diarios del IMECA, observándose que durante este año se presentaron varios días por arriba de las normas de calidad del aire registrándose un pico superior a los 150 puntos IMECA.

Figura 7.3. IMECA máximo diario en la ZMVT, 1998

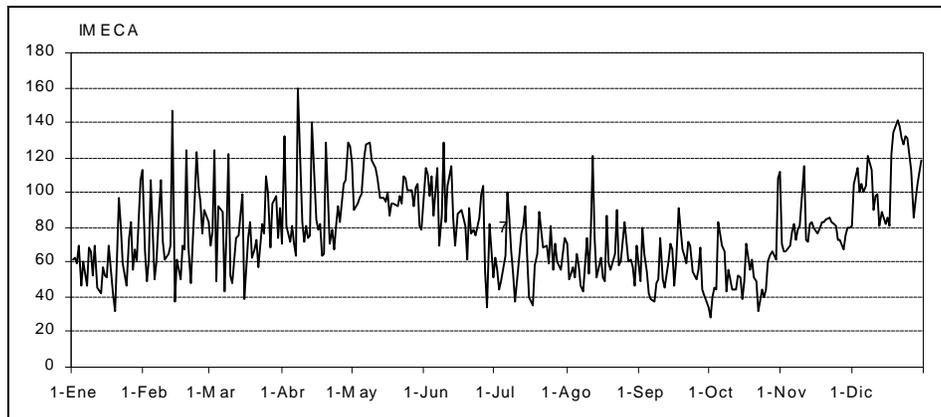
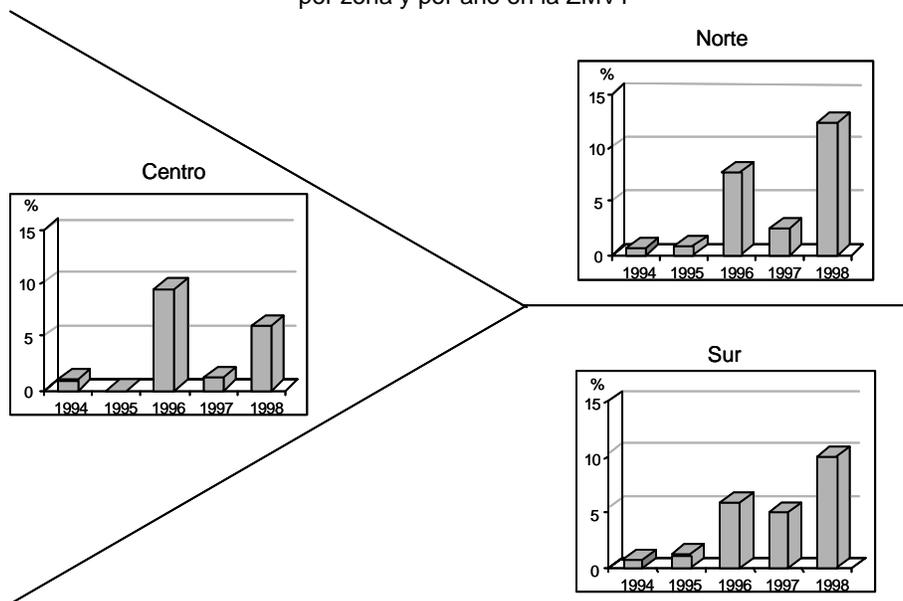


Figura 7.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en la ZMVT



La Figura 7.4 muestra el porcentaje de días en que se alcanzaron o se rebasaron las normas de calidad del aire en cada una de las zonas del Valle de Toluca

de 1994 a 1998. Se puede observar que en éste último año, en las tres zonas se rebasaron las normas de calidad del aire, en la zona norte con un 12% (45 días), en la sur con un 10% (37 días) y en la centro con 6% de los días (22 días). Estos valores comparados con el porcentaje alcanzado durante 1997, fueron mayores.

En la siguiente tabla se observa el porcentaje y número de días con registros iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMVT para 1994-1998. En este año el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire, se incrementó a más del doble con respecto a 1997, registrándose valores mayores a 100 IMECA en el 19% de los días del año (68 días) y hubo un día con IMECA mayor a 150 puntos.

Tabla 7.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMVT

Año	≥100		≥150		≥200		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1994	1.4	5	0.0	0	0.0	0	365
1995	1.9	7	0.0	0	0.0	0	365
1996	17	60	1.4	5	0.0	0	360
1997	8.0	30	0.3	1	0.0	0	365
1998	19	68	0.3	1	0.0	0	365

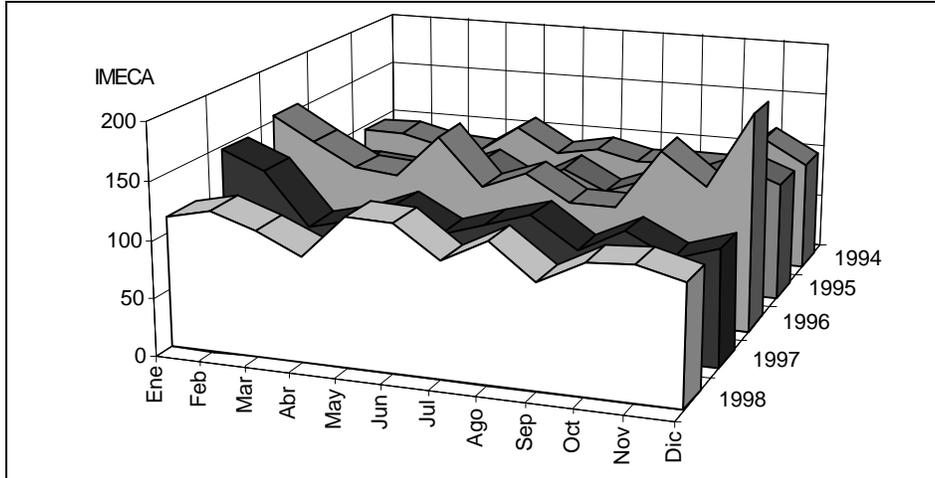
En el caso del ozono, en la tabla siguiente se puede apreciar que el número de días en que rebasó la norma en 1998 fue de 10% (35 días), valor superior al observado el año anterior; al igual que en 1997 no se alcanzó el nivel de los 150 puntos IMECA.

Tabla 7.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono en la ZMVT

Año	≥100		≥150		≥200		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1994	0.8	3	0.0	0	0.0	0	365
1995	1.4	5	0.0	0	0.0	0	365
1996	15	53	1.4	5	0.0	0	360
1997	7.0	24	0.0	0	0.0	0	365
1998	9.6	35	0.0	0	0.0	0	365

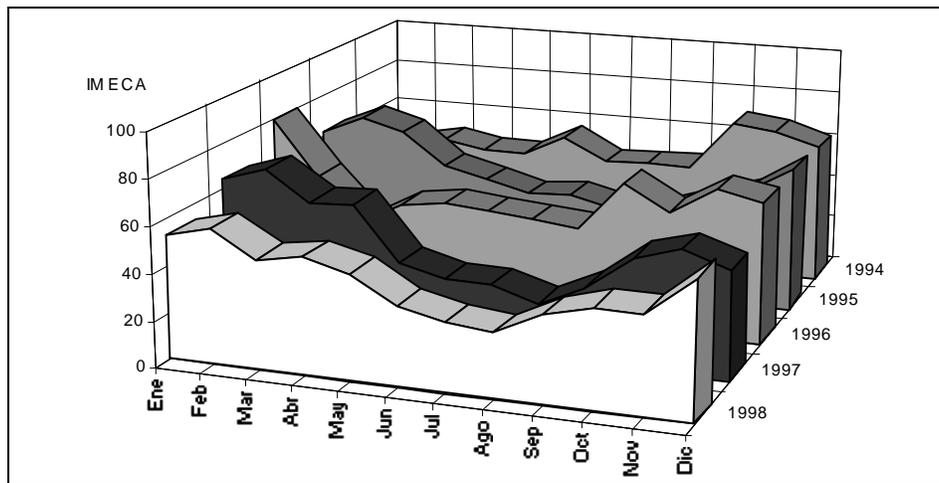
En la Figura 7.5 se representa el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono de enero a diciembre de 1994 a 1998, apreciándose que durante el último año hubo un ligero incremento en comparación con el año anterior, tal como lo muestra el hecho de que en 10 meses del año se alcanzaron registros superiores a la norma, ocurriendo el valor mensual más elevado en mayo y junio con 128 puntos IMECA..

Figura 7.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMVT



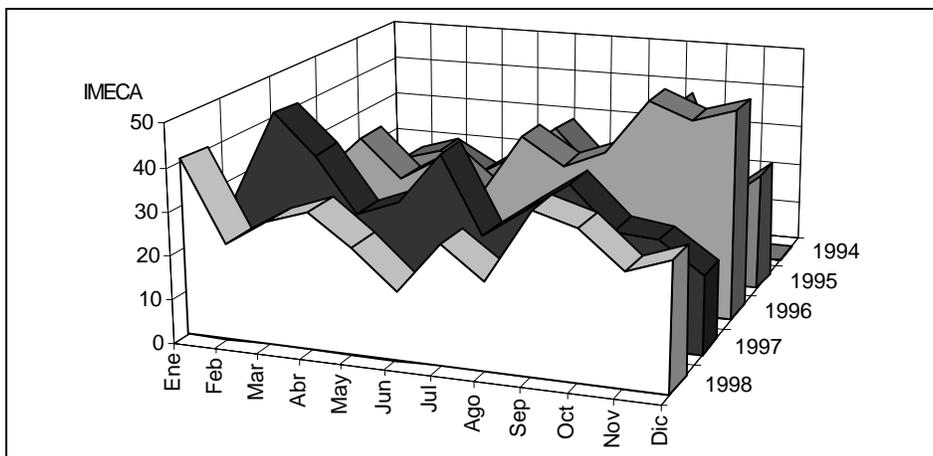
En la Figura 7.6 se puede apreciar que para 1998 los máximos mensuales de CO estuvieron por debajo de la norma de calidad del aire y únicamente se observaron valores por arriba de los 50 puntos IMECA durante 3 meses del año (enero, febrero y diciembre). También se puede apreciar un comportamiento estacional, ya que los valores más elevados se presentan en la época fría del año.

Figura 7.6. IMECA máximo mensual de CO en la ZMVT



La Figura 7.7 muestra el comportamiento del SO<sub>2</sub> para el periodo de 1994 a 1998. Para 1998 los niveles registrados fueron inferiores a los 50 puntos IMECA y se observa que los valores más elevados se produjeron en los meses de enero, septiembre y octubre con 41, 37 y 34 puntos IMECA, respectivamente.

Figura 7.7. IMECA máximo mensual de SO<sub>2</sub> en la ZMVT

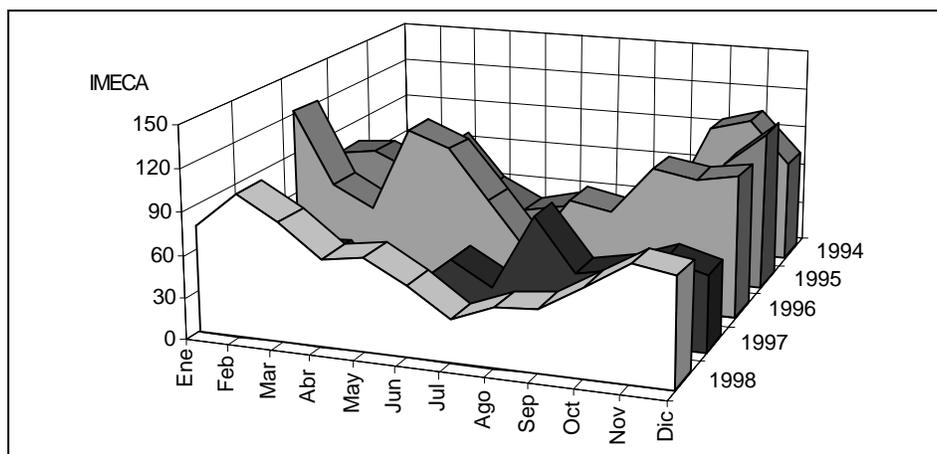


A continuación se presentan los promedios anuales de SO<sub>2</sub> en la ZMVT en el período de 1995 a 1998 (ver Tabla 7.4). Se aprecia que estos promedios han permanecido constantes en los últimos tres años con un valor de 0.010 ppm, menor que la norma anual de 0.030 ppm promedio aritmético.

Tabla 7.4. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en la ZMVT

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1995	0.007	38,172
1996	0.010	44,171
1997	0.010	44,675
1998	0.010	56,093

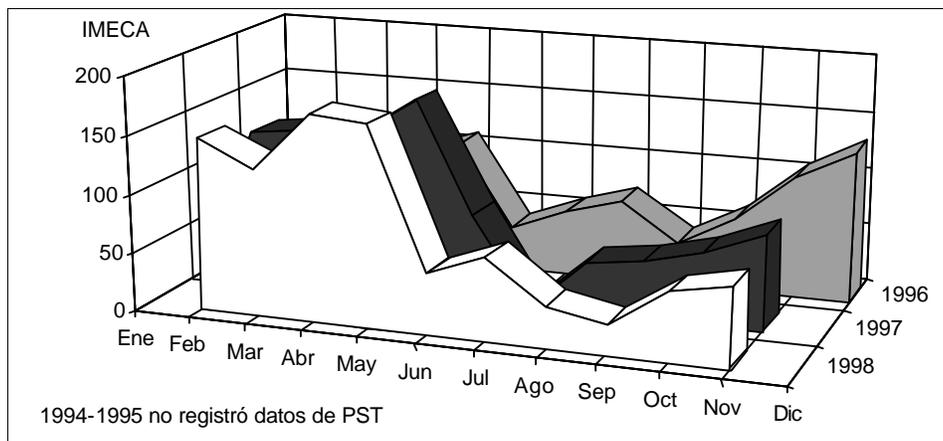
Figura 7.8. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en la ZMVT



Con relación a los valores máximos mensuales de NO<sub>2</sub> presentes en la ZMVT, en la Figura 7.8 se aprecia un comportamiento estacional. El valor máximo mensual registrado para este contaminante en 1998 fue de 100 puntos IMECA, este valor correspondió al mes de febrero.

Las PST se ubicaron por encima del valor de la norma de calidad del aire en cuatro de los meses del año, presentando los mayores valores máximos mensuales de los muestreos de febrero a mayo con 147, 125, 175 y 170 puntos IMECA, respectivamente; en el resto de los meses los valores fueron inferiores a los 75 puntos (Figura 7.9). Cabe aclarar que en los meses de enero y diciembre de 1998 no se hicieron mediciones de este contaminante, debido a que no se contó con los insumos necesarios. Los valores máximos mensuales de PST registrados durante 1998, son en general ligeramente superiores a los del año anterior.

Figura 7.9. IMECA máximo mensual de PST en la ZMVT



En la Tabla 7.5 se presenta el porcentaje y número de muestreos en que se rebasaron los diferentes niveles del IMECA para las PST. Se observa que durante 1998 se rebasó la norma de este contaminante en el 30% de los muestreos, valor superior al registrado durante 1997, que fue de 19% de los muestreos; también se puede apreciar que el nivel de los 150 puntos IMECA se rebasó en cinco ocasiones.

Tabla 7.5. Porcentaje y número de muestreos iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PST

Año	≥100		≥150		≥200		Total de muestreos
	%	No	%	No	%	No	
1996	19	10	0.0	0	0	0	52
1997	19	7	2.7	1	0	0	37
1998	30	14	11	5	0	0	46

El promedio anual de las PST fue de  $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1998, valor superior a la norma establecida de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en más de dos veces, lo anterior se puede apreciar en la Tabla 7.6.

Tabla 7.6. Promedio anual de PST en la ZMVT

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de muestreos
1996	129	244
1997	122	172
1998	153	172

En la Tabla 7.7 se presenta el porcentaje y número de días mayores o iguales a los 100 y 150 puntos IMECA para las PM10 en 1998, es importante aclarar que durante este año las mediciones iniciaron en abril y de mayo a diciembre se rebasó la norma en 14 % de los días del año (35 días).

Tabla 7.7. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA de PM10, 1998

Año	$\geq 100$		$\geq 150$		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	
1998	14	35	0.0	0	250

En la Figura 7.10 se muestra el comportamiento de las PM10, en los 9 meses de monitoreo en 1998. Las concentraciones máximas mensuales fueron inferiores a 150 puntos IMECA y el máximo valor se registró en diciembre con 141 puntos. Se aprecia un comportamiento estacional con menores niveles en julio y agosto. El promedio anual fue de  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1998, valor superior a la norma establecida de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  promedio aritmético para este contaminante, como se muestra en la Tabla 7.8.

Figura 7.10. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMVT, 1998

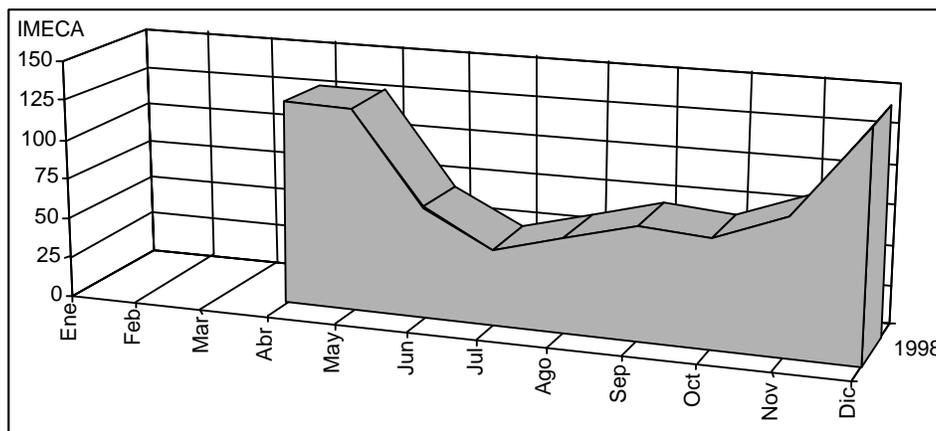


Tabla 7.8. Promedio anual de PM10 en la ZMVT

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de horas con datos
1998	62	29,434

### Conclusiones:

- Durante 1998, el número de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire en la ZMVT fue de 68 días (19%). El nivel de los 150 puntos IMECA se alcanzó en un día.
- El ozono rebasó su norma en el 10% de los días (35 días) de 1998, sin alcanzar los 150 puntos IMECA.
- En cuanto al  $\text{NO}_2$ , rebasó su norma de calidad del aire en un día durante 1998 y el valor máximo registrado fue de 100 puntos IMECA.
- Las PST rebasaron su norma de calidad del aire en el 30% de los muestreos realizados en 1998 y el máximo registrado fue de 175 puntos IMECA en abril. El promedio anual fue mayor en 1998 ( $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) que en 1997 ( $122 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); situándose en más del doble del valor de su norma anual.
- Las PM10 rebasaron su norma de calidad del aire en el 14% de los días de 1998 con un promedio anual de  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- El CO no rebasó la norma de calidad del aire y su valor máximo fue de 59 puntos IMECA en diciembre.
- Por último, el  $\text{SO}_2$  no rebasó su norma de calidad del aire y sus valores máximos se encuentran por debajo de los 50 puntos IMECA. El promedio anual que registró este contaminante en 1998 (0.010 ppm) se ubicó por debajo de la norma establecida.



## 8. CALIDAD DEL AIRE EN CIUDAD JUÁREZ

### Red de Monitoreo de la calidad del aire

La red de monitoreo de la calidad del aire en Ciudad Juárez inició su operación en 1993 con equipos manuales para medir las partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y posteriormente en 1996 se le adicionaron analizadores automáticos para ozono ( $O_3$ ) y monóxido de carbono (CO). La red actual comprende las estaciones Club 20-30, Advance Transformer, Tecnológico de Monterrey, Planta Zenco y Pestalozzi (Figura 8.1). En tres de ellas se mide ozono, CO y las PM10 y en las otras dos únicamente PM10 (Tabla 8.1). Cabe aclarar que debido a que el monitoreo de PM10 se hace con equipo manual tomando en promedio muestras de 24 horas una vez cada 6 días, el número de mediciones al año es de alrededor de 60, valor que comprende al 100% de las muestras realizadas. La red es operada por la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Juárez.

Figura 8.1. Distribución de la red de monitoreo atmosférico de Cd. Juárez

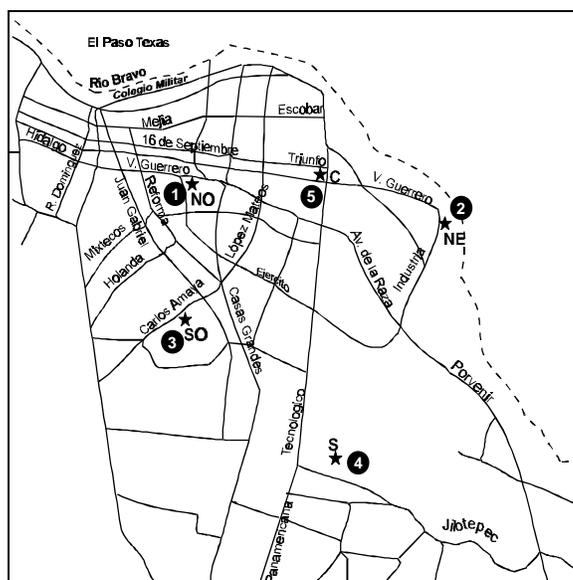


Tabla 8.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en Cd. Juárez

Zona	Estación	Clave	$O_3$	CO	PM10*
Noroeste	20-30	20-30	X	X	X
Noreste	Tecno	Tecno o Tecno1	X	X	X
Noreste	Tecno2	Tecno2			X
Suroeste	Advance	Advance	X	X	X
Sur	Zenco	Zenco			X
Centro	Pestalozzi	Pesta			X

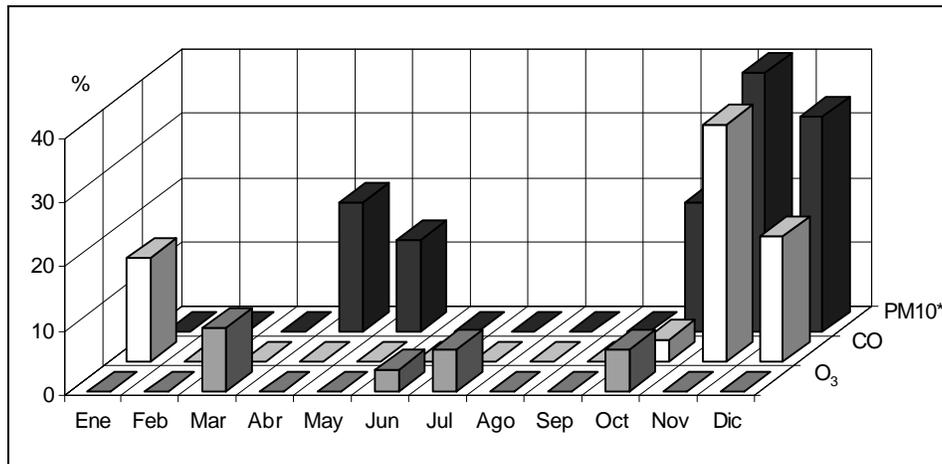
\* Muestreos manuales

## Evolución de la calidad del aire

La información generada por las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de Ciudad Juárez fue validada por la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Juárez junto con la Dirección General de Gestión e Información Ambiental del INE. A continuación se presentan algunas gráficas y tablas construidas con la información disponible, que permiten evaluar el comportamiento de la calidad del aire en Ciudad Juárez durante 1998.

En la Figura 8.2 se muestra el porcentaje mensual de días en que se rebasaron o se alcanzaron los 100 puntos IMECA para los contaminantes criterio monitoreados en 1998. Se observa que el CO rebasó su norma en 37% de los días en el mes de noviembre, seguido por diciembre con 19% de los días. En el caso del ozono la norma se rebasó en 10% de los días de marzo y en el 7% en julio y octubre. Para las PM10 se aprecia que se excedió la norma en 40% de los muestreos de noviembre, seguido por un 33% en diciembre y en un 20% en los meses de abril y octubre.

Figura 8.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en Cd. Juárez, 1998



\* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM10.

A fin de mostrar las tendencias generales de la contaminación del aire para el periodo de enero a diciembre de 1998, la Figura 8.3 muestra los valores máximos diarios del IMECA. Se observa que durante nueve meses del año se tuvieron violaciones a las normas de calidad del aire, presentándose el valor más alto en octubre con 227 puntos IMECA.

Figura 8.3. IMECA máximo diario en Cd. Juárez, 1998

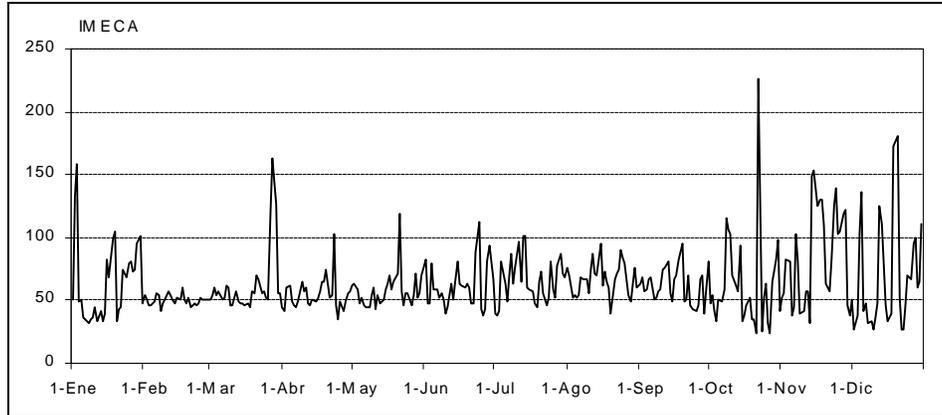
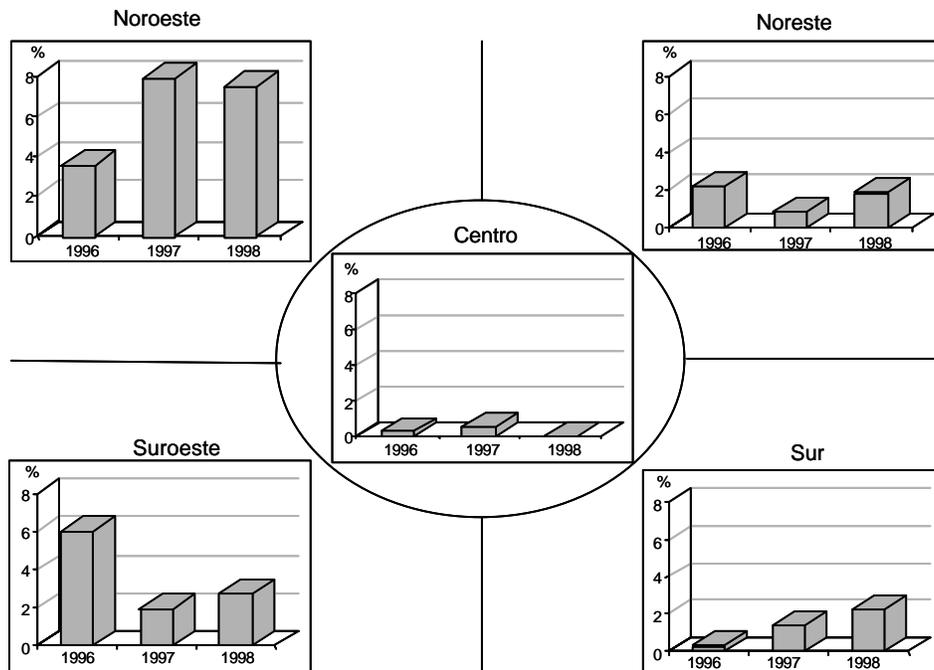


Figura 8.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en Cd. Juárez.



En la Figura 8.4 se observa el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire de los tres contaminantes medidos en cada una de las cinco zonas monitoreadas en 1998. En la figura se puede apreciar que durante este año se rebasaron las normas para estos contaminantes en 4 de

las 5 zonas en que se divide la ciudad. En general en las zonas suroeste, noroeste y sur se aprecia que el número de excedencia a alguna de las normas de calidad del aire fue mayor que en 1997, en tanto que en las zonas noroeste y centro hubo una ligera disminución. De hecho, fue la zona centro la única en la que no se registró violación alguna a dichas normas. Cabe aclarar una vez más que en la zona sur y centro sólo se muestrearon las PM10.

La Tabla 8.2 ilustra el porcentaje y número de días con registros mayores o iguales a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Ciudad Juárez. Se puede apreciar un ligero incremento en el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA en 1998 en comparación con 1997, pasando de 8% (31 días del año) a 10% (37 días del año). El número de días con valores iguales o superiores a los 150 puntos IMECA fue de 2% (6 días), el valor de los 200 puntos sólo se presentó en una ocasión en este año.

Tabla 8.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Cd. Juárez

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
1996	7.0	25	1.0	4	1.0	2	0.3	1	366
1997	8.0	31	1.0	4	1.0	2	0.0	0	365
1998	10	37	1.6	6	0.3	1	0.0	0	365

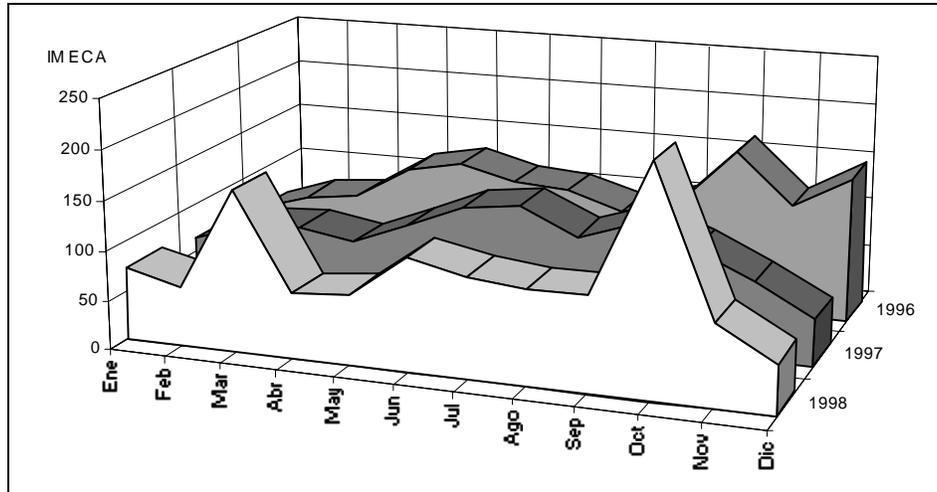
Efectuando el mismo análisis para el ozono, la Tabla 8.3 muestra el porcentaje y número de días con registros iguales o superiores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA. Se puede apreciar que en 1998 el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA fue similar al de 1997, ya que fue del 2%. Los niveles de 150 IMECA se alcanzaron en 2 de los días y los 200 puntos IMECA, únicamente en un día.

Tabla 8.3. Porcentaje y número de días con registros iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA de ozono en Cd. Juárez

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
1996	4.0	14	0.3	1	0.0	0	0.0	0	366
1997	2.0	7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
1998	2.2	8	0.5	2	0.3	1	0.0	0	365

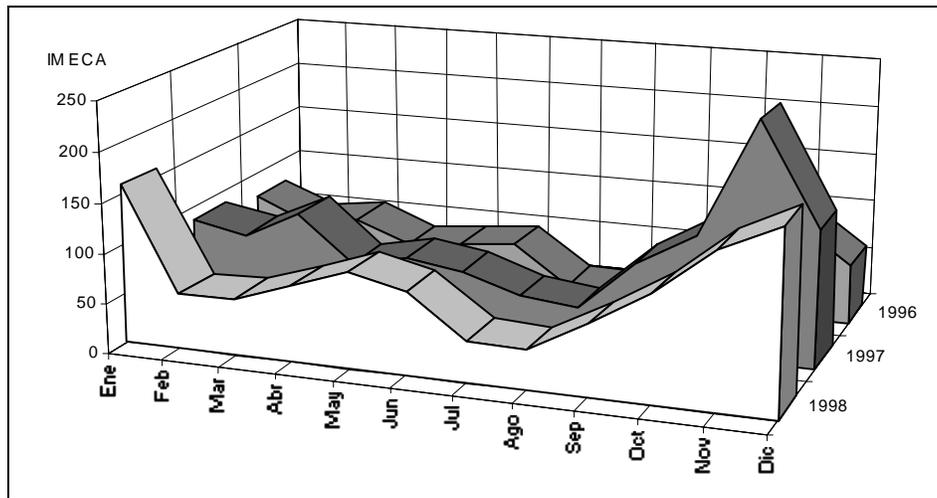
La Figura 8.5 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono para el periodo de enero a diciembre de 1996 a 1998. Se aprecia que para 1998 se rebasó la norma en los meses de marzo, junio, julio y octubre con 163, 112, 101 y 227 puntos IMECA respectivamente. Cabe destacar que el comportamiento de este contaminante no se presenta en forma estacional como es el caso de otras ciudades.

Figura 8.5. IMECA máximo mensual de ozono en Cd. Juárez



La Figura 8.6 muestra el comportamiento de los valores máximos mensuales del CO para el periodo de 1996 a 1998, se observa que los valores máximos en 1998 se presentaron en enero y finales del año, siendo todos mayores a 150 puntos. Se aprecia un comportamiento estacional, con niveles más elevados en la época fría del año.

Figura 8.6. IMECA máximo mensual de CO en Cd. Juárez



En la Tabla 8.4 se muestra el porcentaje y número de días iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de las PM10 en el periodo de 1996 a 1998. En 1998 se presentaron 7 muestreos por arriba de la norma (13%) porcentaje

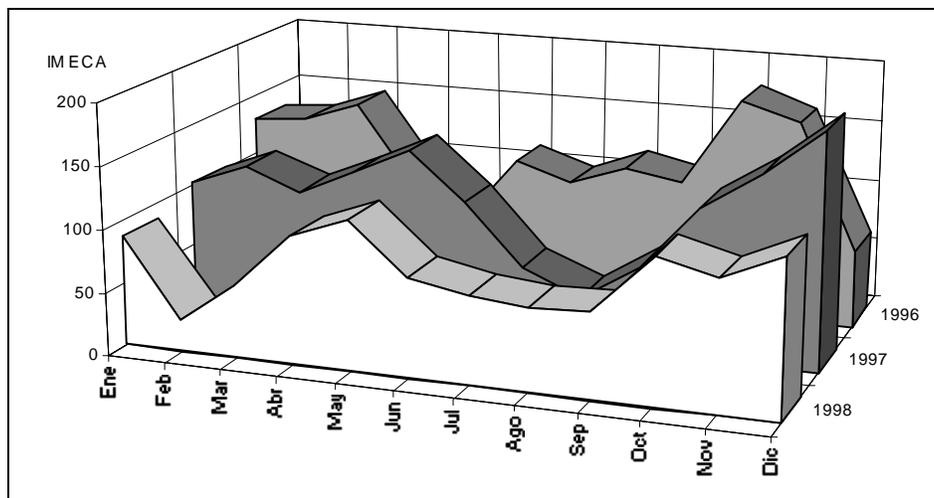
menor al de 1997 (18%). En términos del número de eventos las excedencias a la norma de las PM10 son similares a las del ozono pero cuando se compara el porcentaje que representan resulta mucho más elevado para las partículas finas, por lo que es necesario incorporar equipo continuo de las PM10 en la red de monitoreo por la importancia que tiene este contaminante en la calidad del aire de la ciudad.

Tabla 8.4. Porcentaje y número de muestreos iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PM10 en Cd. Juárez

Año	≥100		≥150		≥200		Total de muestreos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1996	23	14	5.0	3	0.0	0	61
1997	18	11	3.0	2	0.0	0	61
1998	13	7	0.0	0	0.0	0	55

La Figura 8.7 indica que en 1998 las PM10 alcanzaron valores máximos mensuales cercanos a los 130 puntos IMECA, registrando los valores más elevados en la época fría (octubre a diciembre), con 115, 103 y 124 puntos IMECA respectivamente, así como en abril y mayo con 102 y 118 puntos, respectivamente.

Figura 8.7. IMECA máximo mensual de PM10 en Cd. Juárez



En la Tabla 8.5 se muestran los promedios anuales de PM10 de 1996 a 1998. Se observa que en dos de los tres años presentados, se excedió la norma anual de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tabla 8.5. Promedio anual de PM10 en Cd. Juárez

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de muestreos
1996	57	276
1997	48	314
1998	59	231

## Conclusiones

- El porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire en Cd. Juárez en 1998 fue del 10% (37 días). El nivel de los 150 puntos IMECA se alcanzó en 6 de los días del año y sólo se tuvo un día con valor igual o superior a los 200 puntos.
- La norma de ozono se rebasó en el 2% de los días de 1998 (8 días). Las excedencias se presentaron principalmente en los meses de marzo, junio, julio y octubre, con dos días por arriba de los 150 puntos IMECA y en una ocasión por arriba de los 200 puntos.
- El CO rebasó la norma de calidad del aire en un 6% de los días de 1998 (23 días), dichas excedencias se presentaron por lo general en los meses más fríos y no se registraron niveles de más de 200 puntos IMECA.
- Las PM10 excedieron su norma en el 13% de los muestreos realizados en 1998, valor inferior al porcentaje presentado en 1997, lo cual no deja de hacer necesaria la instalación de monitores continuos para este contaminante. El promedio anual de las PM10 durante 1998 fue de  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor superior al valor de su norma anual que es de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

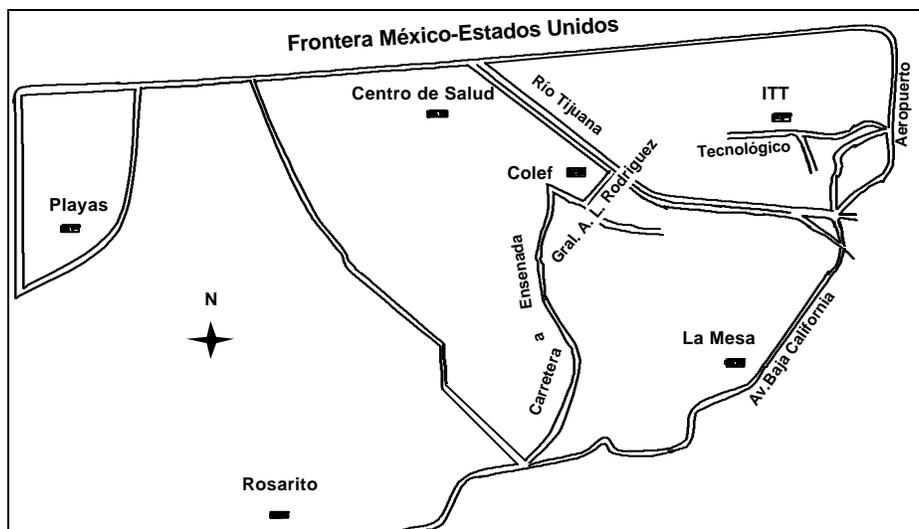


## 9. CALIDAD DEL AIRE EN TIJUANA

### Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

La red de monitoreo atmosférico (Figura 9.1) de Tijuana está conformada por seis estaciones de las cuales cuatro son mixtas (automáticas y manuales) y registran los contaminantes criterio: ozono ( $O_3$ ), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO); así como el monóxido de nitrógeno (NO) y  $NO_x$ ; algunos parámetros meteorológicos como temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV), además de muestrearse manualmente las partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10). En las dos estaciones restantes únicamente se muestrean las PM10. En la Tabla 9.1 se muestran las estaciones que conforman la red: Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT), Rosarito, La Mesa, Playas, Centro de Salud y Colegio de la Frontera. Esta red de monitoreo es operada y financiada actualmente por la Agencia Estatal de California.

Figura 9.1. Distribución de la red de monitoreo atmosférico de Tijuana



Las diferentes actividades desarrolladas en la operación han estado a cargo de una empresa norteamericana (TEAM-TRACER), la supervisión sobre el desarrollo del proyecto se ha llevado por parte de la Delegación de Semarnap en el estado, con la asistencia técnica del Instituto Nacional de Ecología (INE). La Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos de América (EPA) ha

aportado aproximadamente 320 mil dólares en equipo y 160 mil dólares para la operación. Según los acuerdos, los recursos financieros que la EPA destina a este programa durarán hasta fines del 2001, todo ello con la idea de que su aplicación permita mantener el impulso para que las actividades continúen posteriormente bajo la responsabilidad y con recursos del gobierno y organismos mexicanos. Con respecto al equipamiento, aproximadamente el 80% fue aportado por las agencias de los Estados Unidos de América y el resto por el INE. Los datos generados por la operación del sistema de monitoreo se transmiten directamente vía radio a las oficinas del CARB, donde se hace una evaluación preliminar, para posteriormente ser enviados al sistema AIRS. Finalmente son enviados al INE y a CICA en períodos trimestrales, quedando disponibles por medio de internet.

Tabla 9.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en Tijuana

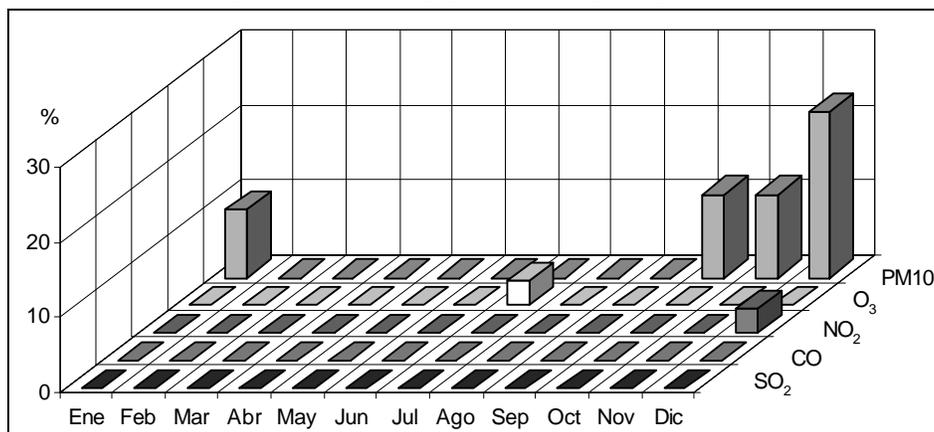
Zona	Estación	Clave	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM10*	NO	NOx	TMP	DV	VV
Noreste	Instituto Tecnológico	ITT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suroeste	Rosarito	ROS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sureste	La Mesa	LAM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noroeste	Playas	PLA	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noroeste	Centro de Salud	CSA					X					
Centro	COLEF	COLEF					X					

\*Muestras manuales

### Evolución de la Calidad del Aire

La información generada para cada uno de los contaminantes por las estaciones de monitoreo en la Ciudad de Tijuana fue enviada por la Agencia de Recursos del Aire de California.

Figura 9.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en Tijuana, 1998

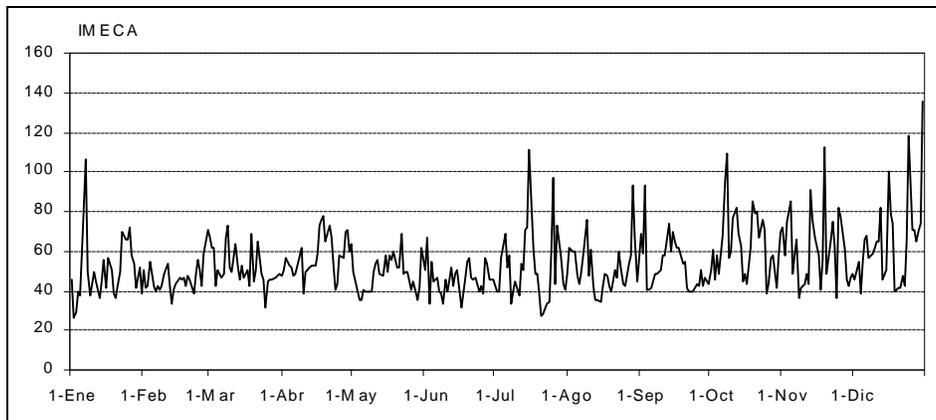


\* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM10.

En la Figura 9.2 se observa el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire por contaminante y por mes durante 1998, se aprecia que los contaminantes que rebasaron las normas de calidad del aire en Tijuana fueron el ozono con 3% de los días de julio, el NO<sub>2</sub> con 3% de los días en diciembre y las PM10 hasta con 22% de los muestreos fuera de norma en diciembre. En cambio el SO<sub>2</sub> y el CO no rebasaron sus normas de calidad del aire en este año.

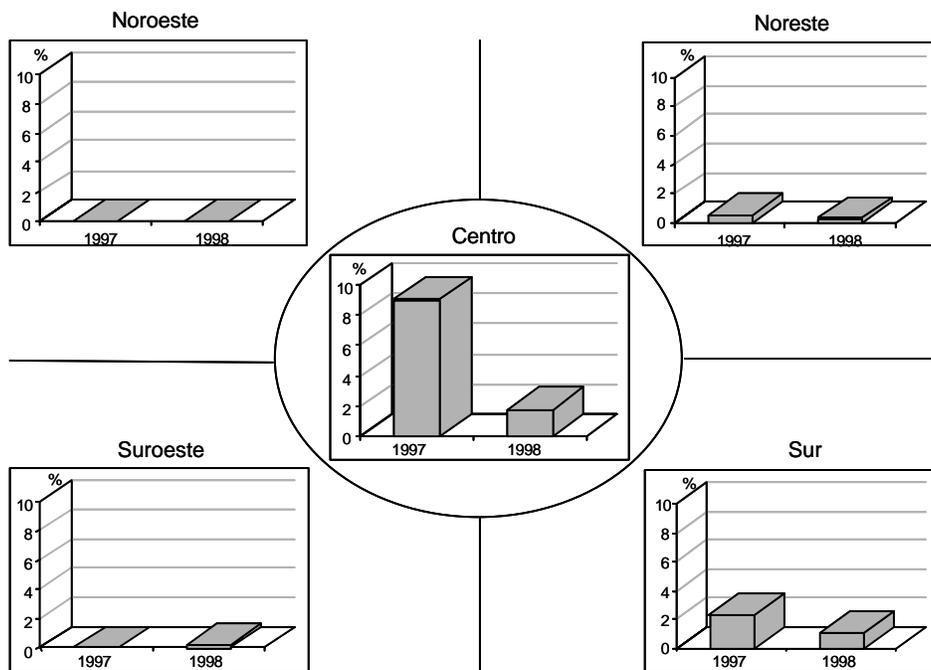
Con objeto de observar el comportamiento general de la calidad del aire en Tijuana, a continuación se presentan los valores máximos diarios del IMECA para cualquiera de los contaminantes de enero a diciembre de 1998 (Figura 9.3). Se observa que durante el período medido se registraron excedencias a las normas de calidad del aire en los meses de enero, julio, octubre, noviembre y diciembre, sin que se rebasaran los 140 puntos IMECA.

Figura 9.3. IMECA máximo diario en Tijuana, 1998



La Figura 9.4 muestra el porcentaje de días en que se rebasaron las normas de calidad del aire en cada una de las cinco zonas de la ciudad, durante los dos años de mediciones. En la figura se aprecia que la contaminación del aire en Tijuana en 1998 se da con mayor frecuencia en la zona centro, registrando 1.8 % de los días fuera de norma, seguida por la zona sureste con 1.1 % de los días fuera de norma y las zonas noreste y suroeste con 0.3 %. La zona noroeste fue la única que no presentó porcentaje alguno de violaciones a las normas de calidad del aire.

Figura 9.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en Tijuana



Complementando la información anterior, en la Tabla 9.2 se muestra el porcentaje y el número de días en que se rebasaron los 100 y 150 puntos IMECA en Tijuana para 1997 y 1998, apreciándose un ligero incremento de un año a otro, ya que para el último año se presentaron valores mayores a los 100 puntos IMECA en 7 días del año, siendo que en 1997 fueron 4 días fuera de norma. Los niveles de 150 puntos IMECA y mayores no se presentaron.

Tabla 9.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA en Tijuana

Año	≥100		≥150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	
1997	1.2	4	0.0	0	322
1998	1.9	7	0.0	0	365

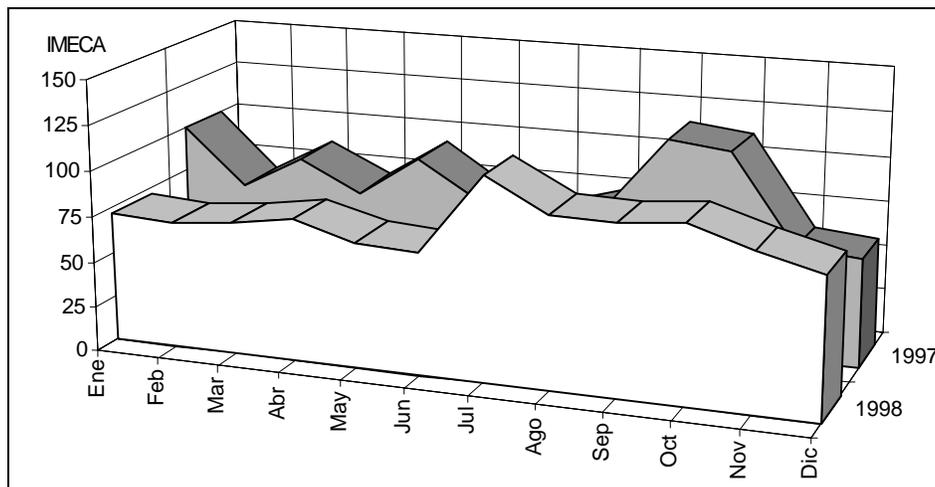
La Tabla 9.3 muestra el porcentaje y el número de días en que se rebasaron los 100 y 150 puntos IMECA de ozono durante 1997 y 1998, apreciándose una ligera disminución, ya que en 1998 se presentó sólo un día con valores mayores a los 100 puntos IMECA, mientras que en 1997 fueron tres días. Los niveles de 150 puntos IMECA y mayores no se excedieron en este contaminante.

Tabla 9.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA de ozono en Tijuana

Año	≥100		≥150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	
1997	1.1	3	0.0	0	268
1998	0.3	1	0.0	0	365

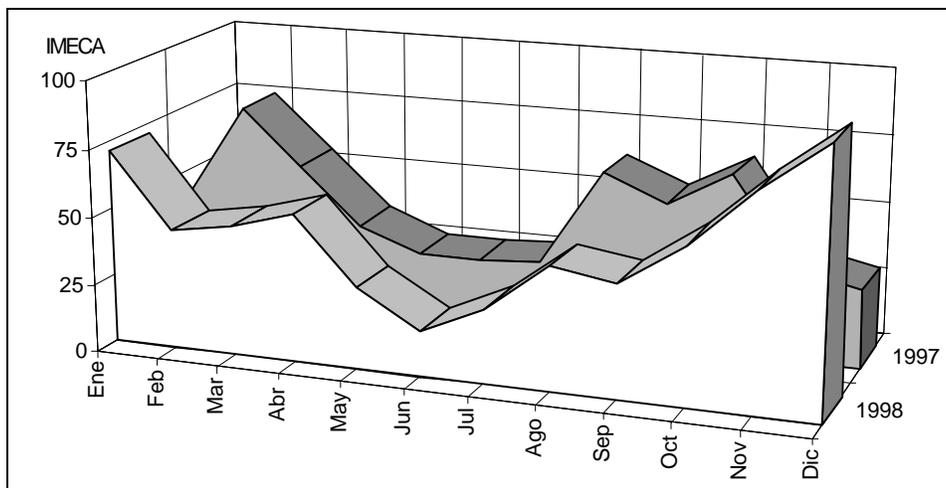
En la Figura 9.5 se muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono durante 1998. Se aprecia que el valor máximo de este contaminante se presentó en el mes de julio con 112 puntos, registrándose a partir de este mes hasta diciembre los niveles más elevados de este año, sin rebasar los meses subsecuentes la norma de este contaminante.

Figura 9.5. IMECA máximo mensual de ozono en Tijuana



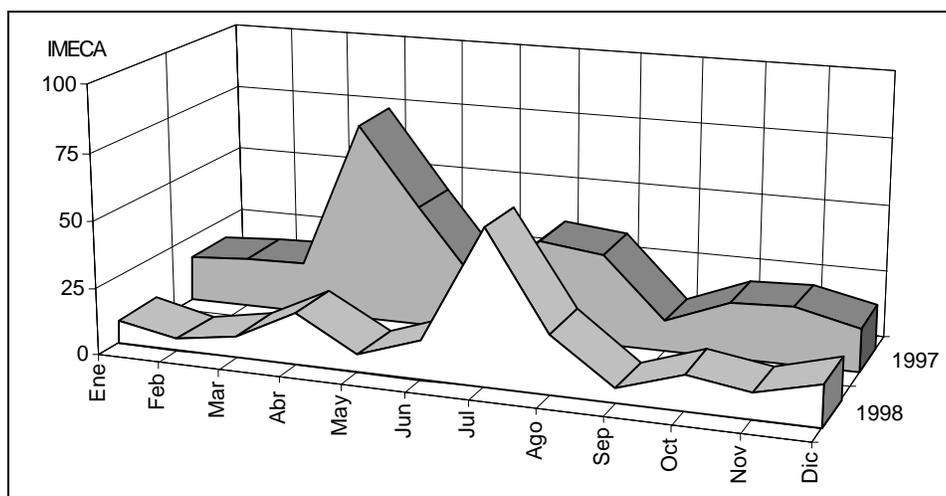
La Figura 9.6 ilustra el comportamiento de los valores máximos mensuales de CO, registrados para 1998. Se aprecia que este contaminante no rebasó la norma en ninguno de los meses del año y que los valores más elevados se presentaron por lo general en la época fría del año. El valor mensual más elevado se produjo en diciembre, con 96 puntos IMECA.

Figura 9.6. IMECA máximo mensual de CO en Tijuana



La Figura 9.7 muestra el comportamiento del  $\text{SO}_2$  para 1998. Se observa que los valores máximos mensuales durante todo el año se encontraron por debajo de los 60 puntos IMECA, registrando en el mes de julio el valor más elevado con 57 puntos.

Figura 9.7. IMECA máximo mensual de  $\text{SO}_2$  en Tijuana



A continuación se presenta el promedio anual de  $\text{SO}_2$  en Tijuana para 1997 y 1998 (Tabla 9.4). Se aprecia que en este último fue ligeramente menor con respecto al año anterior con un valor de 0.003 ppm, que comparado con la norma anual de 0.030 ppm promedio aritmético, es mucho menor.

Tabla 9.4. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en Tijuana

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1997	0.005	10,604
1998	0.003	21,538

En la Figura 9.8 se observa que los máximos mensuales del NO<sub>2</sub> son en general inferiores a los 100 puntos, a excepción del mes de diciembre, en donde se registraron precisamente 100 puntos IMECA.

Figura 9.8. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en Tijuana

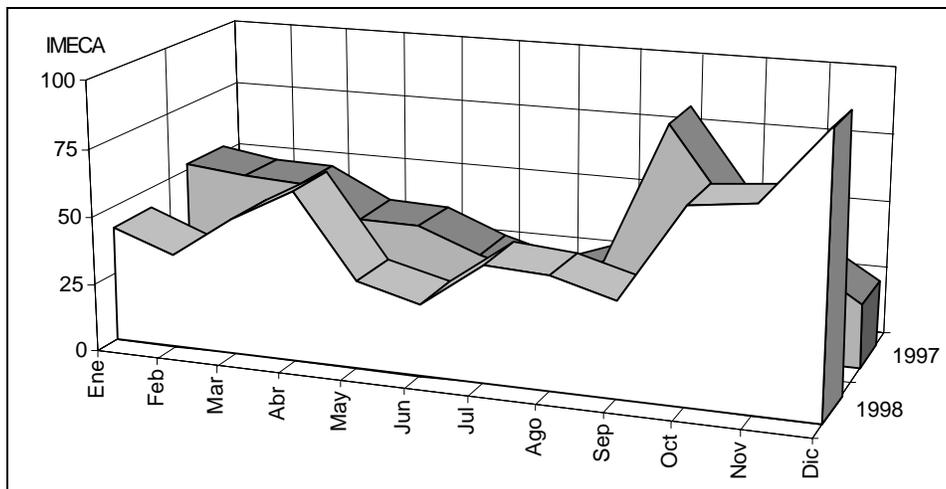
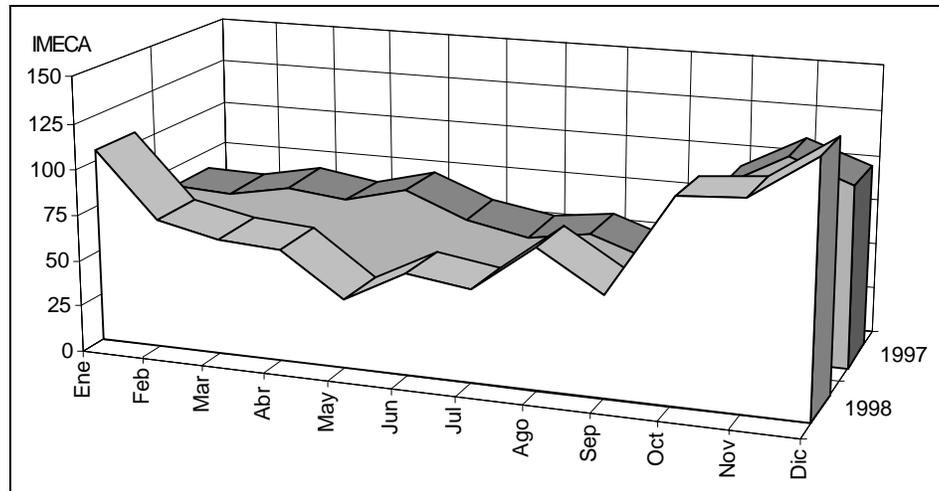


Figura 9.9. IMECA máximo mensual de PM<sub>10</sub> en Tijuana



Las PM10 registraron valores máximos mensuales por arriba de la norma de calidad del aire en los meses de enero, octubre, noviembre y diciembre con 106, 109, 112 y 136 puntos IMECA, respectivamente (Figura 9.9), presentando un comportamiento estacional con valores más elevados en la época fría del año.

La Tabla 9.5 muestra el porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA de PM10 en Tijuana para 1997 y 1998, observándose un ligero aumento de un año a otro, ya que para el último año se presentaron valores iguales o mayores a los 100 puntos en 5 días. El nivel de los 150 puntos no se presentó

Tabla 9.5. Porcentaje y número de muestreos con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA de PM10 en Tijuana

Año	≥100		≥150		Total de muestreos
	%	No.	%	No.	
1997	3.8	3	0.0	0	78
1998	5.5	5	0.0	0	91

El promedio anual de las PM10 para 1998 fue de 52 µg/m<sup>3</sup>, ligeramente superior al valor de la norma anual de 50 µg/m<sup>3</sup> y un poco menor al registrado en 1997 (Tabla 9.6).

Tabla 9.6. Promedio anual de PM10 en Tijuana

Año	Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	Total de muestreos
1997	56	249
1998	52	347

## Conclusiones

- Durante 1998 en Tijuana se rebasó al menos alguna de las normas de calidad del aire en el 2% de los días, presentándose siete eventos de más de 100 puntos IMECA, sin alcanzar los 150 puntos en ninguno de los meses del año.
- El ozono y el NO<sub>2</sub> rebasaron la norma de calidad del aire en un día en 1998.
- Las PM10 presentaron un 6% de los muestreos fuera de norma con un máximo de 136 puntos IMECA. El promedio anual de las PM10 fue de 52 µg/m<sup>3</sup>, ligeramente superior al valor de la norma anual establecida para este contaminante.

- El SO<sub>2</sub> no rebasó su norma de calidad del aire respectiva, dado que los valores máximos mensuales se encontraron por debajo de los 60 puntos IMECA. El promedio anual de este contaminante fue de 0.003 ppm, valor inferior al de la norma establecida para este contaminante.
- El CO, al igual que el SO<sub>2</sub>, tampoco rebasó su norma de calidad del aire durante este año y su valor máximo mensual fue de 96 puntos IMECA.



## 10. CALIDAD DEL AIRE EN MEXICALI

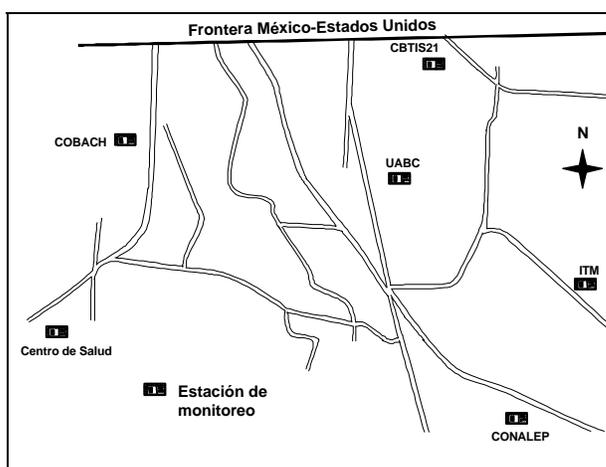
### Red de monitoreo de la calidad del aire

La red de monitoreo atmosférico de Mexicali (Figura 10.1) está conformada por seis estaciones de las cuales cuatro son mixtas (automáticas y manuales) y registran ozono ( $O_3$ ), bióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono (CO); así como monóxido de nitrógeno (NO) y  $NO_x$ ; algunos parámetros meteorológicos (temperatura (TMP), dirección del viento (DV) y velocidad del viento (VV)), además de muestrearse manualmente las partículas

con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10). En las dos estaciones restantes únicamente se muestrean las PM10. En la Tabla 10.1 se muestran las estaciones de la red: Centro de Bachillerato Técnico Industrial y de Servicios (CBATIS21), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM), Centro de Estudios COBACH, Centro de Salud, Centro de Estudios Técnicos (CONALEP). Esta red de monitoreo es operada y financiada actualmente por la Agencia Estatal de California. Las diferentes actividades desarrolladas en la operación han estado a cargo de una empresa norteamericana (TEAM-TRACER), la supervisión sobre el desarrollo del proyecto se ha llevado por parte de la Delegación de Semarnap en el estado, con la asistencia técnica del Instituto Nacional de Ecología (INE).

La Agencia de Protección al Ambiente (EPA) de Estados Unidos de América ha aportado aproximadamente 320 mil dólares en equipo y 160 mil dólares para la operación. Según los acuerdos, los recursos financieros que la EPA destina a este programa durarán hasta fines del 2001, todo ello con la idea de que su aplicación permita mantener el impulso para que las actividades continúen posteriormente bajo la responsabilidad y con recursos del gobierno y organismos mexicanos. Con

Figura 10.1. Distribución de la red de monitoreo atmosférico de Mexicali



respecto al equipamiento, aproximadamente el 80% fue aportado por las agencias de los Estados Unidos de América y el resto lo aportó el INE.

Los datos generados por la operación del sistema de monitoreo se transmiten directamente vía radio a las oficinas del CARB, donde se hace una evaluación preliminar, para posteriormente ser enviados al sistema AIRS donde se lleva a cabo la validación de acuerdo a las metodologías establecidas por la EPA, para el aseguramiento de la calidad. Finalmente son enviados al INE y a CICA en períodos trimestrales, quedando disponibles por medio de internet.

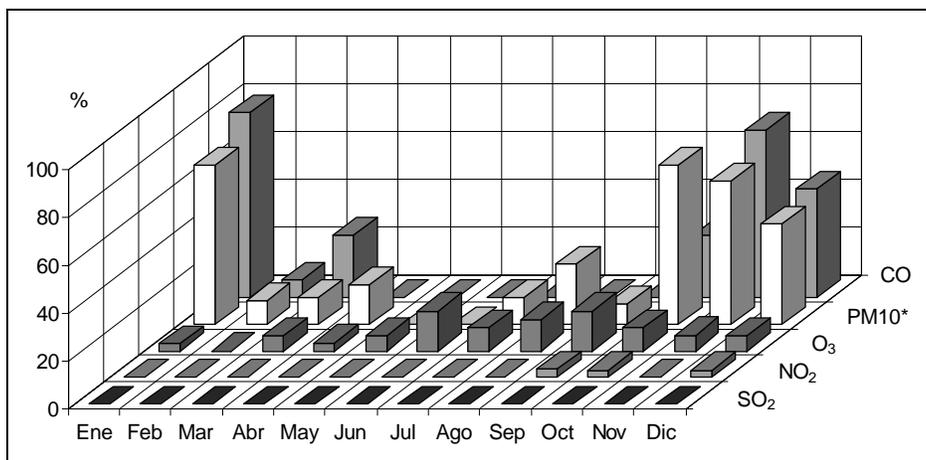
Tabla10.1. Estaciones de la red de monitoreo y parámetros que se miden en Mexicali

Zona	Estación	Clave	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	PM10*	NO	NOx	TMP	DV	VV
Norte	CBATIS21	CBT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Centro	UABC	UAB	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sureste	ITM	ITM	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oeste	COBACH	COB	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Suroeste	PROGRESO	PRO					X					
Sureste	CONALEP	CON					X					

\*Muestreos manuales

## Evolución de la calidad del aire

Figura 10.2. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por contaminante y por mes en Mexicali, 1998



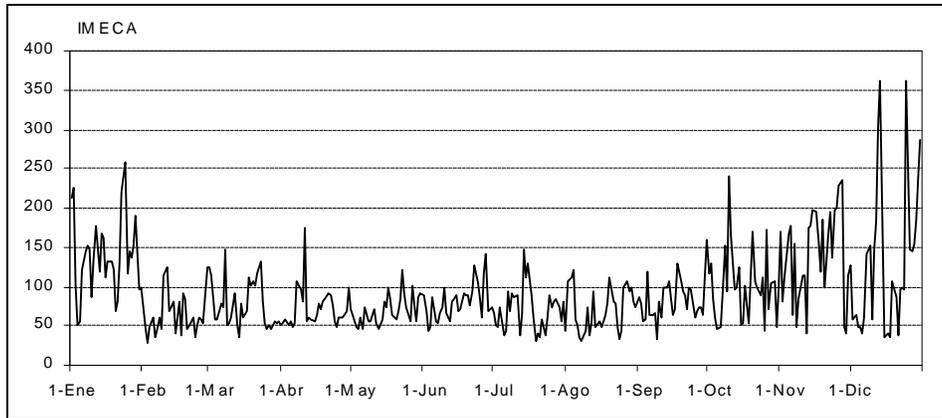
\* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM10.

En la Figura 10.2 se observa el porcentaje de días en que se alcanzó o rebasó alguna de las normas de calidad del aire por contaminante y por mes durante 1998, se aprecia que los contaminantes que mayormente rebasaron las normas de calidad del aire en Mexicali fueron el monóxido de carbono en noviembre

con 70% de los días y en enero con 77% de los días, siguiéndole las PM10 con un 67% de los días en enero y en octubre. El ozono alcanzó o rebasó su norma en 17% de los días de septiembre.

A fin de mostrar las tendencias generales de la contaminación del aire para el período de enero a diciembre de 1998, la Figura 10.3 muestra los valores máximos diarios del IMECA. Se observa que durante todos los meses del año se presentó cuando menos una excedencia a las normas de calidad del aire, ocurriendo el valor extremo en diciembre con 363 puntos IMECA; los valores iguales o superiores a los 200 puntos IMECA se presentaron en enero, octubre, noviembre y diciembre.

Figura 10.3. IMECA máximo diario en Mexicali, 1998



La Figura 10.4 muestra el porcentaje de días en que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en Mexicali durante los dos años de mediciones. Se puede observar que la contaminación se presenta en mayor grado en las zonas oeste y suroeste, con un 24% y 38% de los días fuera de norma durante 1998, respectivamente. Las zonas norte, centro y sureste registraron 17%, 13% y 10% de días con excedencias a las normas, respectivamente para 1998; de este comportamiento se puede apreciar que en el oeste es en donde más se concentra la contaminación del aire en Mexicali.

Complementado esta información se presenta la Tabla 10.2, en donde se muestra el porcentaje y número de días con registros iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en Mexicali durante el período de 1997 a 1998. Se puede apreciar un ligero aumento en el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA en 1998, en comparación con 1997, pasando de un 27% (98 días al año) a 30% (111 días al año) de excedencias. El número de días con lecturas iguales o superiores a los 150 y 200 puntos IMECA, fueron de 7% (27 días) y 12% (42 días), respectivamente. Los 300 puntos IMECA se alcanzaron en 3 días (0.8 %) en 1998.

Figura 10.4. Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA por zona y por año en Mexicali.

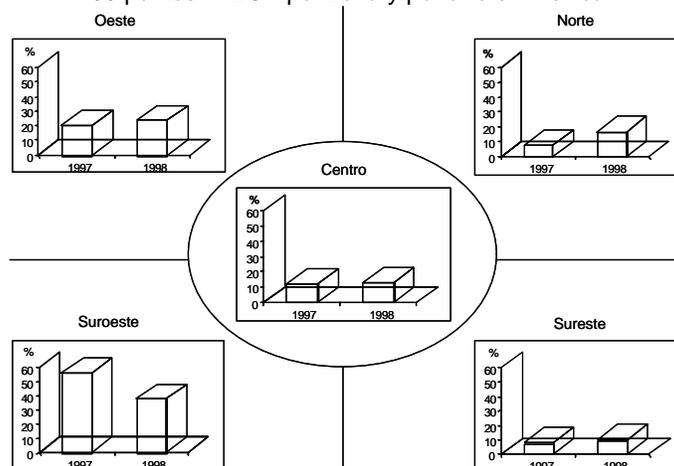


Tabla 10.2. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en Mexicali

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
1997	27	98	7.4	27	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364
1998	30	111	12	42	3.3	12	1.4	5	0.8	3	365

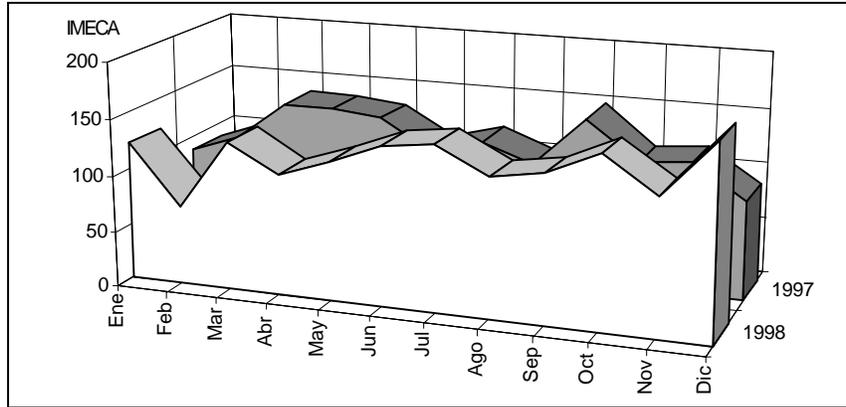
Efectuando el mismo análisis para el ozono, la Tabla 10.3 muestra el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA, se puede apreciar que en 1998 el número de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA fue similar al del año anterior, ya que se presentó en un 8% para ambos años, (28 y 30 días al año respectivamente). Los 150 puntos IMECA únicamente se alcanzaron en 2 días (0.5% de los días) en este año.

Tabla 10.3. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono en Mexicali

Año	≥100		≥150		≥200		Total de días con datos
	%	No.	%	No.	%	No.	
1997	7.7	28	0.0	0	0.0	0	363
1998	8.2	30	0.5	2	0.0	0	365

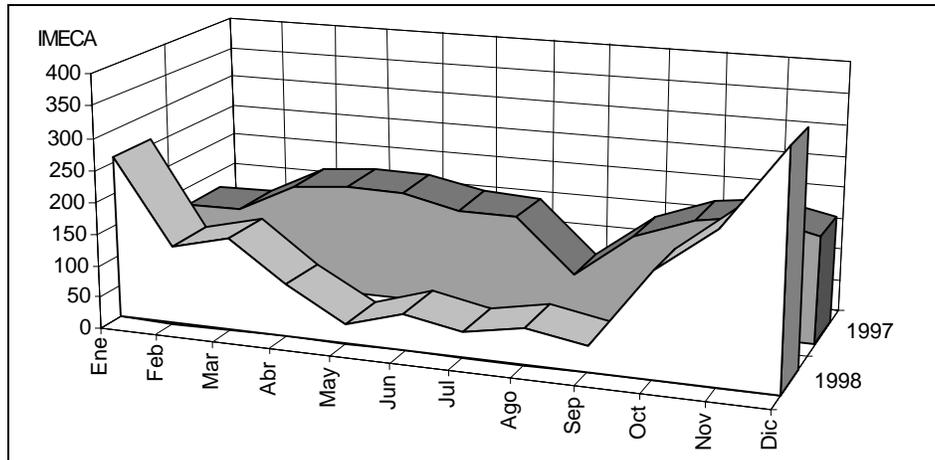
La Figura 10.5 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono para el período de 1997 a 1998, se observa que durante el segundo semestre de 1998 los valores fueron en general más elevados que en el año anterior, alcanzándose valores de más de 150 puntos IMECA. El valor mensual más elevado correspondió a diciembre con 170 puntos IMECA.

Figura 10.5. IMECA máximo mensual de ozono en Mexicali



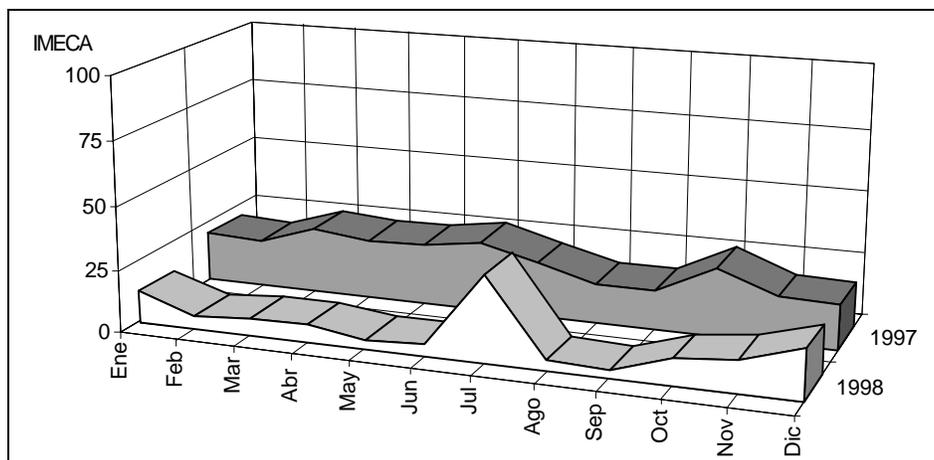
En la Figura 10.6 se observa que durante 1998 los máximos mensuales de CO estuvieron por encima de la norma en 6 de los meses del año, registrando el valor más elevado en diciembre con 363 puntos IMECA. Durante este año se tuvo un 21% de los días (77 días) con violaciones a la norma, mismos que se presentaron en los meses más fríos del año.

Figura 10.6. IMECA máximo mensual de CO en Mexicali



La Figura 10.7 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de SO<sub>2</sub> para el período de 1997 a 1998, se observa que durante 1998, excepto para el mes de julio en el que se alcanzaron 34 puntos IMECA, los valores fueron menores que en el año anterior, no rebasándose la norma de este contaminante.

Figura 10.7. IMECA máximo mensual de SO<sub>2</sub> en Mexicali



A continuación se presenta el promedio anual de SO<sub>2</sub> en Mexicali para 1997 y 1998. Se aprecia que en el último año el valor fue menor con respecto a 1997 con 0.003 ppm, que comparado con la norma anual de 0.030 ppm promedio aritmético, es mucho menor.

Tabla 10.4. Promedio anual de SO<sub>2</sub> en Mexicali

Año	Promedio anual (ppm)	Total de horas con datos
1997	0.007	15,097
1998	0.003	23,786

La Figura 10.8 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de NO<sub>2</sub> para el período de 1997 a 1998, se observa que durante 1998 los valores de 7 meses fueron más elevados que los del año anterior, alcanzándose niveles de más de 100 puntos IMECA en septiembre, octubre y diciembre, registrándose el más elevado en septiembre con 160 puntos IMECA, así mismo durante 1998 se rebasó la norma de este contaminante en 1% (3 días) de los días del año.

En la Tabla 10.5 se muestra el porcentaje y número de muestreos de las PM10 con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA de 1997 a 1998. Se aprecia que durante 1998, se alcanzó o rebasó la norma de este contaminante en un 27% de los muestreos (30 muestreos) que se realizaron durante el año; los 150 puntos se alcanzaron para un 12% de los muestreos e incluso se registro un muestreo de más de 300 puntos IMECA.

Figura 10.8. IMECA máximo mensual de NO<sub>2</sub> en Mexicali

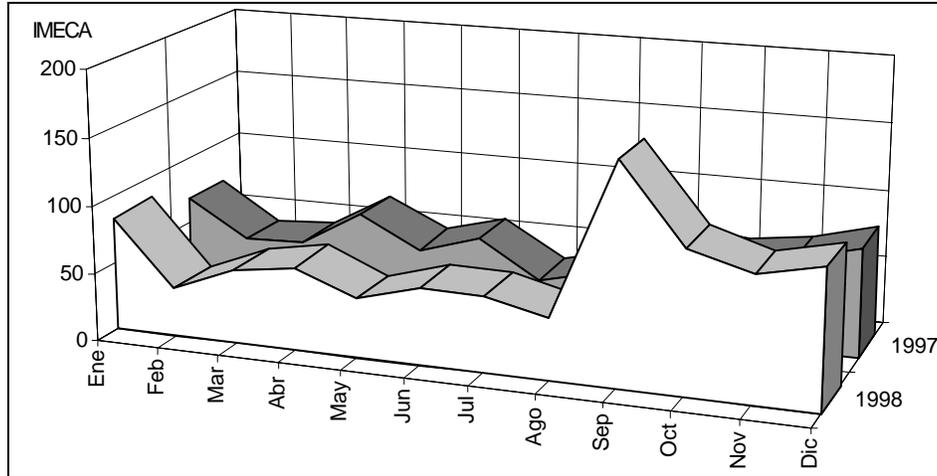
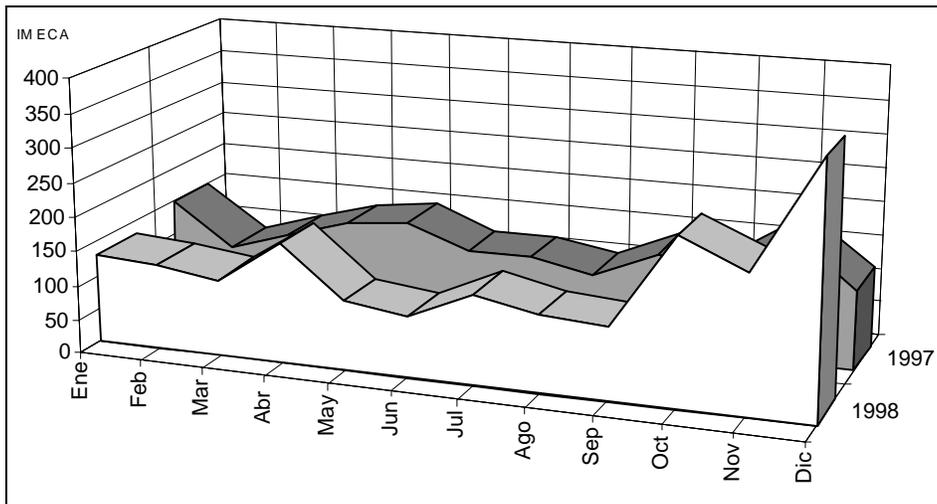


Tabla 10.5. Porcentaje y número de muestreos con valores iguales o mayores a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA de PM10 en Mexicali

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de muestreos
	%	No.									
1997	37	34	5.5	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	91
1998	27	30	12	13	1.8	2	1	0.9	0.9	1	110

Figura 10.9. IMECA máximo mensual de PM10 en Mexicali



La Figura 10.9 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de PM10 para el período de 1997 a 1998, se observa que durante 1998

1998 los valores mensuales fueron más elevados de octubre a diciembre, alcanzándose valores de más de 200 puntos IMECA. El valor mensual más elevado correspondió a diciembre con 362 puntos IMECA.

El promedio anual de PM10 para 1998 en Mexicali fue de 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  valor superior al de la norma anual para este contaminante.

Tabla 10.6. Promedio anual de PM10 en Mexicali

Año	Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Total de muestreos
1997	93	187
1998	86	329

## Conclusiones

- El porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire en Mexicali durante 1998 fue de 30% (111 días), y el nivel de los 150 puntos IMECA se rebasó en un 12% de los días al año. Los 250 puntos IMECA se rebasaron en 5 ocasiones.
- El CO rebasó la norma por segundo año consecutivo con 77 días (21%), presentando un valor máximo de 363 puntos IMECA.
- El ozono presentó un comportamiento similar al del año pasado con un 8% (30 días) fuera de norma.
- Las partículas PM10 presentaron un valor máximo de 362 puntos IMECA, rebasando su norma en el 27% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mayor que el valor establecido en su norma anual.
- El  $\text{SO}_2$  no presentó violación alguna durante el período de análisis y su promedio anual fue de 0.003 ppm.
- El  $\text{NO}_2$  presentó violaciones a su norma en tres días del año.
- La situación que se presenta en Mexicali, en términos de contaminación atmosférica particularmente para el CO y las PM10, se puede considerar de alerta, por lo que es necesario instrumentar medidas que mejoren la calidad del aire en un período corto de tiempo.

## 11. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE 7 CIUDADES

En esta sección se presenta una comparación del estado de la calidad del aire de las siete ciudades analizadas en este informe. De ello se desprende que en cuanto al porcentaje, número de días y por ciento de muestreos en que se rebasan las normas de calidad del aire, puede considerarse que el problema de la contaminación del aire continua siendo grave tanto en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) como en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), mientras que en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) y en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM) la situación es menos severa; cabe mencionar que también se presenta una situación preocupante en Mexicali (ver Tabla 11.1).

Las mayores frecuencias de excedencias a las normas para cualquiera de los contaminantes durante 1998 fueron del orden del 92% de los días en la ZMVM, del 58% en la ZMG, del 30% en Mexicali, del 19% en la ZMVT, del 10% en la ZMM y Cd. Juárez, y del 2% en Tijuana.

Por contaminante siguen un patrón de comportamiento similar, ya que para el ozono la ZMVM presenta el mayor porcentaje de violaciones a la norma con un 88% de los días, seguida de Guadalajara con el 40%. En el caso de las PM10 el mayor porcentaje de excedencias a la norma se dio en la ZMVM con un 53% de los días, la ZMG con 38%, Mexicali con 27% de los muestreos realizados, seguida de la ZMVT con 14%. Para el CO el mayor problema lo presentó Mexicali con 21% de los días fuera de norma, seguido de Cd. Juárez con 6% y Guadalajara con 4%. Aquí es importante señalar que 2 de estas ciudades tienen menos de un millón y medio de habitantes y que son ciudades fronterizas, lo que pudiera reflejar que el parque vehicular es obsoleto y los programas de verificación no son suficientemente eficientes o no se cuenta con ellos. El NO<sub>2</sub> presentó valores altos únicamente en la ZMG con un 12% de los días fuera de norma, seguida de la ZMVM con un 9% de los días. El SO<sub>2</sub> es el único contaminante que estuvo dentro de norma durante 1998.

Por otra parte es importante mencionar que en las ciudades en donde se miden las PST y PM10 se presenta incumplimiento en sus normas anuales, lo cual indica la necesidad de enfocar esfuerzos para controlar las fuentes de emisión que las producen. En la siguiente tabla se observa a detalle el comportamiento de los contaminantes en las diferentes ciudades analizadas.

Tabla 11.1. Número y Porcentaje de días que se alcanzó o rebasó los 100 puntos IMECA en general y por contaminante para siete ciudades, 1998

Ciudades	General		Ozono			Partículas PM10				NO <sub>2</sub>			SO <sub>2</sub>			CO			
	>=100 puntos IMECA		>=100 puntos IMECA		valor máx.	>=100 puntos IMECA		valor máx.	Prom. Anual	>=100 puntos IMECA		valor máx.	>=100 puntos IMECA		valor máx.	Prom. anual	>=100 puntos IMECA		valor máx.
	No.	%	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m <sup>3</sup>	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	Ppm	No.	%	IMECA
ZMVM	337	92	320	88	262	192	53	230	71	32	9	147	0	0.0	89	0.014	5	1	140
ZMG	211	58	146	40	269	138	38	171	74	44	12	170	0	0.0	38	0.009	15	4	158
ZMM	36	10	14	4	122	22	6	136	56	0	0.0	91	0	0.0	64	0.011	0	0.0	84
ZMVT	68	19	35	10	128	35	14	141	62	1	0.3	100	0	0.0	41	0.010	0	0.0	59
Cd. Juárez	37	10	8	2	227	7	13*	124	59	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	23	6	181
Tijuana	7	2	1	0.3	112	5	6*	136	52	1	0.3	100	0	0.0	57	0.003	0	0.0	96
Mexicali	111	30	30	8	170	30	27*	362	86	3	0.8	160	0	0.0	34	0.003	77	21	363

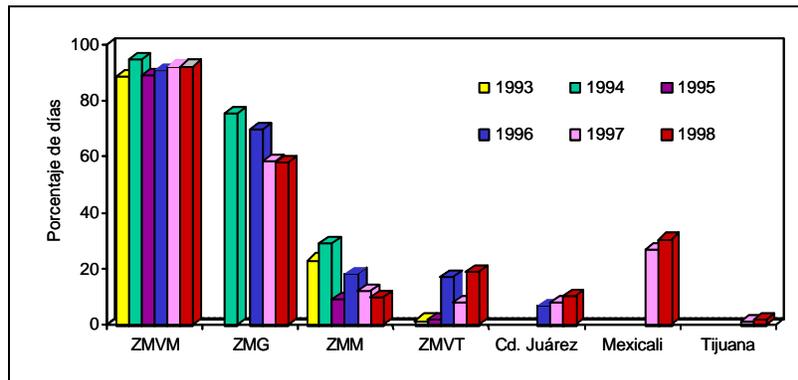
\* Por ciento de muestreos  
SM = Sin medición.

A continuación se presentan dos gráficas que permiten establecer algunas comparaciones de la calidad del aire entre las 4 principales zonas metropolitanas del país, además de Ciudad Juárez, Tijuana y Mexicali.

En la Figura 11.2 se puede apreciar la comparación del porcentaje de días por año en que se han violado las normas de calidad del aire en cada una de estas ciudades. Es importante hacer notar que, como se mencionó, el problema de la contaminación del aire sigue siendo mayor en la ZMVM en comparación con las otras ciudades, siguiéndole la ZMG que no modificó sustancialmente su comportamiento y Mexicali en donde aumentaron las excedencias de días fuera de norma en el último año. En las zonas metropolitanas de Monterrey, Toluca y Ciudad Juárez la situación es menos problemática, aunque cabe mencionar que para las dos últimas ciudades se presentó un incremento en los días con violaciones a las normas.

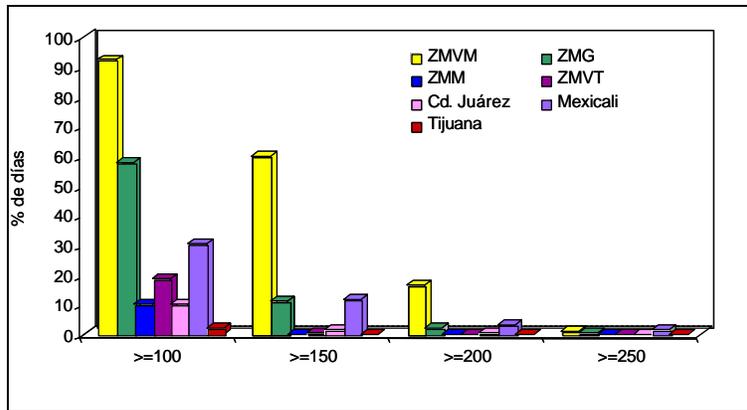
En la ZMVM hubo 337 días fuera de norma durante 1998, 126 más que en la ZMG y 301 más que en la ZMM.

Figura 11.2. Porcentaje de días con valores mayor o igual a los 100 puntos IMECA en siete ciudades



Complementando la información anterior a continuación se muestra el porcentaje de días iguales o mayores a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA durante 1998. De aquí se deduce que en la ZMG se rebasaron en menos ocasiones los 200 puntos IMECA que en la ZMVM; es importante mencionar que en la ZMM y la ZMVT no se excedió este nivel; en cambio en Ciudad Juárez se aprecia que se llegó casi al 1% de los días y en Mexicali a más del 3%. También es importante observar que los 250 puntos IMECA sólo se rebasaron en la ZMVM en el 0.8% de los días del año, en la ZMG en el 0.5% de los días del año y en Mexicali en el 1% de los días del año.

Figura 11.3. Porcentaje de días con valores mayores o iguales a los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en 7 ciudades, 1998



## 12. CONCLUSIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE DURANTE 1998

Los resultados de los análisis presentados en este informe permiten llegar a una serie de conclusiones sobre la calidad del aire prevaleciente en las zonas metropolitanas y algunas ciudades medias del país.

- En la ZMVM, la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire no ha variado sustancialmente durante los últimos seis años, ya que fluctúa en un 90%; aunque cabe destacar que han disminuido los eventos de más de 250 puntos IMECA, lo que se presentó únicamente en tres ocasiones durante el último año. El ozono sigue siendo el contaminante que presenta los mayores niveles y no cumplió su norma en el 88% de los días. Las PM10 son el otro contaminante que se presenta en altas concentraciones en la ZMVM, excediendo su norma en un 53% de los días y su promedio anual para 1998 fue de  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superior al valor de la norma anual para este contaminante. El promedio anual de  $\text{SO}_2$  durante 1998 fue de 0.014 ppm, inferior al valor de su norma.
- La ZMG presentó una frecuencia de excedencias para alguna de las normas de calidad del aire en el 58% de los días del año de 1998, observando algunos episodios de más de 200 y 250 puntos IMECA. Al igual que en la ZMVM, el ozono es el contaminante que más frecuentemente rebasó la norma de calidad del aire con un 40% de los días; le siguen las PM10 con un 38% de los días del año y un promedio anual de  $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor mayor que el establecido para la norma anual de este contaminante. El  $\text{NO}_2$  rebasó su norma en 12% de los días del año. El  $\text{SO}_2$  no presentó violaciones a la norma y su promedio anual fue de 0.009 ppm, menor al valor establecido en la norma anual.
- En la ZMM, la frecuencia de violaciones a las normas de calidad del aire en 1998 fue del 10% de los días sin registrar eventos de más de 150 puntos IMECA. El principal problema de contaminación atmosférica en esta zona metropolitana se debe a las PM10 con un 6% de los días del año fuera de norma y un promedio anual de  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; a este contaminante le sigue el ozono con el 4% de los días del año, el cual mejoró significativamente con respecto al registrado en el año anterior. El promedio anual de  $\text{SO}_2$  fue de 0.011 ppm, menor al valor de su norma anual.
- La ZMVT presentó un porcentaje de excedencias del orden del 19% de los días durante 1998, más del doble del valor presentado en 1997. El ozono re-

basó su norma en 10% de los días del año, las PM10 en 14% con un promedio anual de  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El porcentaje de muestreos de PST fuera de norma en 1998 fue del 30% y su promedio anual de  $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mayor al establecido en su norma anual. El promedio anual de  $\text{SO}_2$  fue de 0.010 ppm menor a su norma anual.

- En Ciudad Juárez, la frecuencia con que se rebasó alguna norma de calidad del aire fue del 10% de los días durante 1998, aunque en términos generales con valores inferiores a los 180 puntos IMECA. El CO violó la norma en el 6% de los días, siendo muy similar al del año anterior (24 días para 1997 y 23 para 1998), lo que es preocupante ya que se aprecia que el programa de verificación vehicular perdió eficiencia durante estos dos años. Las PM10 presentaron 13% de los muestreos fuera de norma y su promedio anual fue de  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El ozono rebasó su norma en 2% de los días del año.
- En Tijuana se pudo observar que la frecuencia con la que se rebasaron las normas de calidad del aire es del 2% de los días durante 1998 y no se alcanzó el nivel de los 150 puntos IMECA. El ozono y el  $\text{NO}_2$  excedieron su norma sólo un día del año (0.3% de los días). Las partículas PM10 violaron la norma en el 6% de los muestreos efectuados y su promedio anual fue de  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor ligeramente superior a la norma anual de este contaminante.
- En Mexicali la frecuencia de violaciones a las normas de calidad del aire fue del 30% de los días durante 1998. El CO rebasó su norma en el 21% de los días del año, lo que hace ver la necesidad de instrumentar un programa de verificación vehicular eficaz y eficiente en la ciudad. En el caso del ozono, presentó un 8% de violaciones a las normas en el año (30 días), dos días más que en 1997. Las PM10 rebasaron su norma en el 27% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mayor que el valor de su norma anual.
- En resumen se tiene que las ciudades con mayores problemas de ozono y PM10 siguen siendo la ZMVM, ZMG y Mexicali; en el caso del CO son Mexicali y Ciudad Juárez las ciudades que presentan problemas considerables para este contaminante, por lo que el programa para mejorar la calidad del aire en Mexicali, debe contemplar medidas de reducción de este contaminante, entre las que sería conveniente incluir un programa de verificación vehicular, y por otro lado es conveniente revisar el programa de verificación vehicular de Ciudad Juárez, ya que ha perdido su eficacia. Para el  $\text{NO}_2$  los mayores niveles se presentaron en la ZMG, seguida de la ZMVM.

## ANEXO A. INVENTARIOS DE EMISIONES DESAGREGADOS DE LA ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, CD. JUÁREZ, MEXICALI.

Inventario de emisiones desagregado de la ZMVM 1996 (ton/año)

Sector	PM10	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Total
<i>Fuentes puntuales</i>						
Gen. Energía eléctrica	294	103	797	12,507	41	13,742
Petroquímica	1	5	2	3	7	18
Industria química	743	2,488	2,033	2,212	4,323	11,799
Mineral metálica	513	691	1,589	770	278	3,841
Mineral no metálica	1,923	2,340	1,103	4,379	706	10,451
Productos vegetales y animales	44	248	34	103	14	443
Madera y derivados	377	4,924	379	1,833	641	8,154
Industria del vestido	381	2,129	462	1,338	268	4,578
Ind. Consumo alimenticio	558	1,366	829	1,408	605	4,766
Producto de consumo varios	70	110	71	91	808	1,150
Producto de impresión	37	18	22	53	3,214	3,344
Producto metálicos	251	749	1,155	2,717	2,194	7,066
Producto de vida media	149	73	196	564	747	1,729
Producto de vida larga	309	277	809	611	2,346	4,352
Otros	51	111	22	78	88	350
<i>Fuentes de área</i>						
Distribución de gasolina		NA	NA	NA	16,363	16,363
Carga de aeronaves		NA	NA	NA	8	8
Almacenamiento masivo de gasolina		NA	NA	NA	97	97
Lavado en seco (tintorerías)		NA	NA	NA	9,830	9,830
Limpieza y desengrase		NA	NA	NA	29,490	29,490
Artes gráficas		NA	NA	NA	6,553	6,553
Uso comercial de solventes		NA	NA	NA	46,856	46,856
Recub. industriales de superficie		NA	NA	NA	20,970	20,970
Superficies arquitectónicas		NA	NA	NA	22,281	22,281
Pintura automotriz		NA	NA	NA	2,243	2,243
Pintura de tránsito		NA	NA	NA	655	655
Esterilización en hospitales		NA	NA	NA	20	20
Incineración (residuos hospitalarios)		NE	NE	NE	2	2
Rellenos sanitarios		NA	NA	NA	119	119
Distribución de gas L.P.		NA	NA	NA	76,414	76,414
Tiraderos a cielo abierto	NA	NA	NA	NA	25	25
Uso de asfalto	NA	NA	NA	NA	100	100
Panaderías	NA	NA	NA	NA	2,539	2,539
Tratamiento de agua residual	NA	NA	NA	NA	42	42
Combustión habitacional	186	1	846	5,880	221	7,134
Combustión comercial institucional	166	3,586	332	1,952	73	6,109
<i>Fuentes móviles</i>						
Autos Particulares	689	2,155	822,498	32,805	69,413	927,560
Taxis	167	521	198,759	7,927	16,774	224,148
Combis y Micros	71	282	208,492	6,489	19,052	234,386
Pick-up	18	73	33,068	1,221	2,806	37,186
Camiones de Carga	211	1,501	618,202	19,242	56,491	695,647
RUTA-100	197	29	1,535	1,911	636	4,308
Autobuses	373	79	2,910	3,623	1,206	8,191
Carga de más de dos ejes	6,308	1,124	49,205	61,275	20,397	138,309
Locomotoras foráneas	NE	NE	43	381	15	439
Locomotoras de patio	NE	NE	90	509	51	650
Aeropuertos (No. de oper. de vuelo)	NE	NE	3,215	2,284	859	6,358

Tercer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas 1998

Sector	PM10	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Total
<b>Fuentes naturales</b>						
Erosión	17,216	NA	NA	NA	NA	17,216
Emisiones Biogénicas	NA	NA	NA	1,279	131,077	132,356
<b>Total</b>	<b>31,303</b>	<b>24,983</b>	<b>1'948,698</b>	<b>175,445</b>	<b>569,958</b>	<b>2'750,387</b>

Fuente: Instituto Nacional de Ecología, Sistema Nacional de Información de Fuentes Fijas, 1997. Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Ecología, Subdirección de Inventario de Emisiones y Atención a Contingencias, 1997. Gobierno del Distrito Federal, Dirección General de Proyectos Ambientales, Dirección de Estudios y Proyectos Ambientales, 1997. Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, 1997.  
N/A: No Aplica N/E: No Estimado

**Inventario de emisiones desagregado para la ZMG 1995 (ton/año)**

Sector	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb	Total
<b>Industria</b>							
Industria química	62.0	204.1	11.9	89.4	332.2	N/E	699.6
Minerales metálicos	290.8	140.4	1,111.7	97.9	2.4	N/E	1,643.2
Minerales no metálicos	543.8	1,000.1	56.4	1,517.4	11.2	N/E	3,128.9
Productos vegetales y animales	23.3	226.7	13.3	101.2	2.3	N/E	366.7
Madera y derivados	3.5	41.3	0.5	10.9	34.3	N/E	90.5
Prod. de consumo alimenticio	433.7	2,548.0	76.3	846.4	12.7	N/E	3,917.0
Industria del vestido	37.7	55.2	1.7	14.6	0.8	N/E	110.0
Productos de consumo varios	115.4	1,173.0	32.2	390.8	99.8	N/E	1,811.3
Productos de impresión	5.2	64.2	1.3	17.6	1,879.3	N/E	1,967.6
Productos metálicos	2.9	5.2	2.3	2.4	91.8	N/E	104.5
Prod. consumo de vida media	67.1	4.7	13.1	47.5	447.2	N/E	579.6
Prod. consumo de vida larga	0.4	2.2	0.2	0.7	32.5	N/E	36.0
Otros	9.2	41.5	0.7	11.3	10.7	N/E	73.4
Artes gráficas	N/E	N/E	N/E	N/E	1,311.6	N/E	1,311.6
<b>Servicios</b>							
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	6,066.1	N/A	6,066.1
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	13,771.7	N/A	13,771.7
Transporte y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	13,601.0	N/A	13,601.0
Mercadeo y distr. de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	9,170.0	N/A	9,170.0
Lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	2,688.8	N/A	2,688.8
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4,754.5	N/A	4,754.5
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	1,914.9	N/A	1,914.9
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	1,344.4	N/A	1,344.4
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	651.6	N/A	651.6
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	9.3	N/A	9.4
Uso de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/E	3,257.3	N/A	3,257.3
Combustión en hospitales	0.24	0.24	0.24	0.24	0.2	N/A	1.2
Combustión residencial	27.38	0.04	720.90	182.50	13.7	N/A	944.5
Comb. comercial-institucional	12.24	117.48	7.68	34.92	4.4	N/A	176.8
<b>Transporte</b>							
Autos particulares	768.0	1,305.0	585,755.0	22,109.0	53,816.0	86.0	663,839.0
Pick-up	398.0	333.0	147,946.0	5,584.0	13,592.0	22.0	167,875.0
Taxis	45.0	77.0	34,335.0	1,296.0	3,155.0	5.0	38,913.0
Camiones de pasajeros	2,460.0	385.0	62,566.0	2,362.0	5,748.0	N/A	73,521.0
Camiones de carga	2,160.0	338.0	54,936.0	2,074.0	5,047.0	N/A	64,555.0
Motocicletas	14.0	23.0	10,453.0	395.0	960.0	2.0	11,847.0
<b>Suelos</b>							
Suelos	294,304.0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	294,304.0
<b>Total</b>	<b>301,783.8</b>	<b>8,085.2</b>	<b>898,041.4</b>	<b>37,185.1</b>	<b>143,834.7</b>	<b>115.0</b>	<b>1'389,046.9</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001, 1997.

N/A: No aplica

N/E: No estimado

**Inventario de emisiones desagregado para la ZMM 1995 (ton/año)**

Sector	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb	Total
<b>Industria</b>							
Generación de energía eléctrica	308	3,432	594	11,432	52	N/E	15,818
Ref. de petróleo-petroquímicas	9	1	210	10	844	N/E	1,074
Industria química	1,169	3,459	598	983	2,625	N/E	8,834
Minerales metálicos	186	100	650	141	22	N/E	1,099
Minerales no metálicos	42,898	19,798	348	4,982	46	N/E	68,072
Productos vegetales y animales	21	301	5	73	1	N/E	401
Madera y derivados	42	516	58	319	6	N/E	941
Productos de consumo alimenticio	23	281	92	154	3	N/E	553
Productos de consumo varios	70	1	5	19	1	N/E	96
Productos metálicos	126	105	250	240	348	N/E	1,069
Prod. de consumo de vida media	741	2	460	135	165	N/E	1,503
Prod. de consumo de vida larga	353	1	11	61	439	N/E	865
Artes Gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	1,026	N/A	1,026
<b>Servicios</b>							
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	4,744	N/A	4,744
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	10,771	N/A	10,771
Almac y distrib.. de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	7,000	N/A	7,000
Mercadeo y distr. de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5,654	N/A	5,654
Oper. lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	2,102	N/A	2,102
Superficies arquitectónicas	N/E	N/A	N/A	N/A	3,718	N/A	3,718
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	749	N/A	749
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	1,051	N/A	1,051
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	582	N/A	582
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	61	N/A	61
Uso de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/E	210	N/A	210
Combustión residencial	14	N/S	8	412	16	N/A	450
Combustión comercial-institucional	2	N/S	N/S	46	2	N/A	50
<b>Transporte</b>							
Autos particulares	581	987	443,074	16,724	40,707	65	502,138
Pick-up	737	627	281,242	10,616	25,839	41	319,102
Taxis	80	137	61,345	2,316	5,636	9	69,523
Camiones pasajeros	2,943	461	74,850	2,825	6,877	N/A	87,967
Camiones carga	1,596	250	40,592	1,532	3,729	N/A	47,705
Motocicletas	4	7	3,052	115	280	1	3,459
Aeropuerto	N/A	N/A	318	140	69	N/A	527
<b>Suelos</b>							
Suelos	763,725	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	763,725
<b>Total</b>	<b>815,628</b>	<b>30,466</b>	<b>907,762</b>	<b>53,275</b>	<b>125,375</b>	<b>116</b>	<b>1,932,622</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000, 1997.

Nota: N/A No Aplica N/E No Estimado N/S No Significativo

**Inventario de emisiones desagregado para la ZMVT 1996 (ton/año)**

Sector	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Pb	Total
<b>Industria</b>							
Industria química	314	4,428	50	888	894	N/E	6,574
Minerales metálicos	4	15	9	35	1	N/E	64
Minerales no metálicos	94	23	9	261	6	N/E	393
Prod. vegetales y animales	5	236	2	27	1	N/E	271
Madera y derivados	300	3,225	27	667	6	N/E	4,225
Prod. de consumo alimenticio	21	139	46	120	50	N/E	374
Industria del vestido	31	55	39	31	4	N/E	160
Productos de consumo varios	24	251	9	82	1,022	N/E	1,388
Productos de impresión	0	0	0		4	N/E	4
Productos metálicos	251	71	3	12	217	N/E	553
Prod. consumo de vida media	19	210	4	46	288	N/E	567
Prod. consumo de vida larga	190	12	5	17	333	N/E	558
Otros	1	2	1	1	1	N/E	6
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	580	N/E	580
<b>Servicios</b>							
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	3,214	N/A	3,214
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	4,499	N/A	4,499
Almac. Y distrib. de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	1,289	N/A	1,289
Mercadeo y distrib. de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	3,194	N/A	3,194
Oper. lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	845	N/A	845
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	2,054	N/A	2,054
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	138	N/A	138
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	826	N/A	826
Pintura de tránsito	NE	N/A	N/A	N/A	39	N/A	39
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	4
Combustión en hospitales	3	118	1	4	1	N/A	127
Combustión residencial	6	1	157	40	3	N/A	207
Comb. comercial-institucional	6	87	1	18	1	N/A	113
<b>Transporte</b>							
Autos particulares	998	771	111,730	5,262	11,477	51	130,289
Pick-up	763	590	136,639	6,069	11,826	39	155,926
Taxis	134	104	14,992	706	1,540	7	17,483
Camiones de pasajeros	399	146	3,854	5,540	1,691	N/A	11,630
Camiones de carga	83	31	803	1,557	352	N/A	2,826
Motocicletas	19	7	362	5	81	N/E	474
<b>Suelos</b>							
Suelos	119,711	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	119,711
<b>Total</b>	<b>123,375</b>	<b>10,522</b>	<b>268,742</b>	<b>21,389</b>	<b>46,481</b>	<b>97</b>	<b>470,606</b>

Fuente: Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. *Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000*, 1997.

N/A: No aplica

N/E: No estimado

**Inventario de emisiones desagregado de Ciudad Juárez 1996 (ton/año)**

Sector	PST	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC	Total
<b>Industria</b>						
Generación de energía	8	289	20	82	5	405
Industria química	31	369	37	39	13	489
Minerales metálicos	15	2	107	20	2	146
Minerales no metálicos	3	3	24	42	8	80
Madera y derivados	N/S	N/S	3	N/S	17	20
Productos de consumo alimenticio	1	2	3	7	1	14
Industria del vestido	4	17	68	8	299	396
Productos de consumo varios	1	1	1	1	21	23
Productos de impresión	N/S	N/S	160	N/S	27	187
Productos metálicos	6	3	12	157	40	218
Prod. de consumo de vida media	100	20	347	616	1,428	2,511
Prod. de consumo de vida larga	30	7	80	420	115	651
Artes gráficas *	N/A	N/A	N/A	N/A	420	420
Otros	10	2	1	1	N/S	15
<b>Servicios</b>						
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	1,890	1,890
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	4,809	4,809
Transporte y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	1,300	1,300
Mercadeo y distribución de gas L.P.	N/A	N/A	N/A	N/A	6,092	6,092
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	N/A	N/A	N/A	N/A	630	630
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	2,195	2,195
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	147	147
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	295	295
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	42	42
Ladrilleras	242	1,765	3	18	1,600	3,627
Cruceros fronterizos	1	N/S	1,902	19	202	2,123
Central de Autobuses	N/S	6	4	3	1	14
Combustión residencial	29	63	130	687	37	947
Combustión comercial/institucional	9	N/S	16	76	4	105
<b>Transporte</b>						
Autos particulares	871	1,480	418,738	21,937	50,796	493,822
Taxis	4	7	2,053	105	243	2,412
Pick-up	43	76	20,578	1,044	2,650	24,392
Camiones de pasajeros a gasolina	24	20	8,225	468	744	9,483
Camiones de pasajeros a diesel	34	5	108	158	26	332
Camiones de carga	44	7	142	207	35	435
<b>Suelos</b>						
Erosión por viento	14,676	N/A	N/A	N/A	N/A	14,676
Caminos no pavimentados	30,420	N/A	N/A	N/A	N/A	30,420
<i>Subtotal</i>	<i>45,096</i>					<i>45,096</i>
<b>Total</b>	<b>46,607</b>	<b>4,146</b>	<b>452,760</b>	<b>26,115</b>	<b>76,132</b>	<b>605,760</b>

Fuente: Gobierno del Estado de Chihuahua, Gobierno Municipal de Juárez; Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. *Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Cd. Juárez, 1998-2002, 1998.*

N/A: No aplica      N/S: No significativo

**Tabla 5.9. Inventario de emisiones desagregado de Mexicali, 1996 (ton/año)**

Tipo de Fuente	PM10	SO <sub>2</sub>	CO	NOx	HC
<i>Sector industria</i>					
Generación de energía	18	83	134	595	17
Industria química	NS	NS	NS	1	NS
Minerales metálicos	105	857	4,486	153	1
Minerales no metálicos	1,669	952	59	590	733
Madera y derivados	1	12	2	8	NS
Productos vegetales y animales	83	652	11	89	71
Productos consumo alimenticio	45	18	7	34	1
Industria del vestido	NS	NS	NS	NS	2
Productos de consumo varios	15	270	2	34	167
Productos metálicos	34	NS	2	8	124
Productos consumo vida media	2	NS	3	4	95
Productos consumo vida larga	22	5	15	20	138
Otros	NS	NS	NS	1	58
<i>Fuentes de área</i>					
Comb. comercial, industrial y servicios	1	NS	3	24	1
Combustión residencial	4	6	79	121	8
Locomotoras	6	NE	34	237	14
Aeronaves	NE	NS	111	6	12
Otro equipo móvil no carretero	45	NE	398	246	61
Cruces fronterizos	NS	NE	2,606	19	294
Terminal de autobuses	2	NE	904	48	133
Recubr. de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	254
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	458
Recubr. superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	1,141
Pintura de tránsito	NA	NA	NA	NA	22
Limpieza de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	1,718
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	327
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	322
Aplicación de asfaltos	NA	NA	NA	NA	1,568
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	2,292
Comerc. y distrib. de combustibles	NA	NA	NA	NA	1,596
Carga de combustibles en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NS
Distribución de gas L.P.	NA	NA	NA	NA	2,260
Panaderías	NA	NA	NA	NA	76
Asado al carbón	228	NE	NE	NE	28
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	587
Corrales de engorda de ganado	1,180	NA	NA	NA	NA
Quemas agrícolas	2,143	NE	14,325	NE	1,949
Labranza agrícola	1,283	NA	NA	NA	NA
Quema de residuos municipales	88	5	460	164	33
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	92
Incendios de construcciones	2	NE	24	1	2
Caminos pavimentados	3,261	NA	NA	NA	NA
Caminos no pavimentados	53,689	NA	NA	NA	NA
<i>Sector transporte</i>					
Autos particulares	80	507	143,957	6,283	18,427
Taxis	1	7	2,102	92	269
Pick-up	34	216	58,828	2,570	7742
Autobuses de pasajeros	2	10	4,623	206	454
Autobuses de pasajeros a diesel	22	7	159	248	41
Camiones de carga ligera	5	32	8,694	441	1,289
Camiones de carga pesada	7	47	21,621	962	2,122
Camiones de carga pesada a diesel	363	107	2,638	4113	673
Motocicletas	1	4	451	12	167
<i>Suelos y vegetación</i>					
Calles y lotes baldíos	12,112	NA	NA	NA	NA
Campos agrícolas	8,436	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	1,348	3,441
<b>Total</b>	<b>84,989</b>	<b>3,797</b>	<b>266,738</b>	<b>18,547</b>	<b>51,411</b>

NA: No aplica

NS: No significativo

NE: No estimado

## ANEXO B. RESUMEN DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE DE 1998

**Tabla B.1. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la Zona Metropolitana del Valle de México por zona, 1998**

### Noroeste

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	68.8	251	34.8	127	4.9	18	0.3	1	0.0	0	365
PM10	3.6	13	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	6.0	22	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

### Noreste

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	49.6	181	10.4	38	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
PM10	45.5	166	7.4	27	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
CO	1.1	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

### Centro

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	70.4	257	28.8	105	2.7	10	0.0	0	0.0	0	365
PM10	15.9	58	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	1.1	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	3.6	13	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

**Suroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	81.4	297	46.8	171	11.8	43	0.5	2	0.0	0	365
PM10	1.6	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	1.1	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

**Sureste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	75.9	277	26.8	98	3.0	11	0.0	0	0.0	0	365
PM10	14.0	51	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	1.6	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

**Tabla B.2. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM10
Noroeste	262	147	131	89	137
Noreste	243	96	139	86	230
Centro	230	122	140	62	152
Suroeste	251	109	82	51	118
Sureste	236	113	127	67	165

**Tabla B.3. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10
Enero	218	106	53	87	125
Febrero	220	147	36	99	157
Marzo	244	109	79	96	152
Abril	224	118	89	79	165
Mayo	251	121	61	127	230
Junio	251	100	37	67	128
Julio	221	61	38	60	167
Agosto	236	64	56	76	141
Septiembre	225	67	60	92	106
Octubre	243	90	61	98	151
Noviembre	240	79	51	78	129
Diciembre	262	109	86	140	230

**Tabla B.4. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la Zona Metropolitana de Guadalajara por zona, 1998**

**Oeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	28.2	103	6.6	24	1.1	4	0.5	2	0.0	0	365
PM10	8.2	30	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	10.0	36	0.6	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	361
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364

**Norte**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	26.3	96	7.1	26	1.1	4	0.0	0	0.0	0	365
PM10	1.1	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364
CO	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	1.4	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	362

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	18.5	67	4.1	15	0.6	2	0.0	0	0.0	0	363
PM10	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	357
CO	3.3	12	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364
NO <sub>2</sub>	1.6	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	319
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	330

**Este**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	13.2	48	2.5	9	0.3	1	0.0	0	0.0	0	365
PM10	12.1	44	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
CO	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	361
NO <sub>2</sub>	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363

**Sur**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	8.5	31	0.6	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
PM10	33.5	120	1.4	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	350
NO <sub>2</sub>	4.0	12	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	299
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358

**Tabla B.5. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM10
Norte	226	107	109	17	112
Este	203	134	111	38	145
Sur	190	128	77	22	171
Oeste	269	170	75	28	156
Centro	217	114	158	31	110

**Tabla B.6. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10
Enero	194	119	27	158	165
Febrero	227	170	31	121	147
Marzo	226	159	38	60	126
Abril	201	98	32	57	117
Mayo	269	134	16	109	171
Junio	162	97	17	57	128
Julio	137	90	14	58	81
Agosto	127	75	22	93	76
Septiembre	137	106	18	75	145
Octubre	177	82	16	65	80
Noviembre	167	89	28	111	130
Diciembre	157	82	18	104	156

**Tabla B.7. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la Zona Metropolitana de Monterrey por zona, 1998**

**Noroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	1.1	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	2.0	7	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	349
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	136
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	286

**Noreste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	152
PM10	1.7	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	118
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	266
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	353
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	331

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	240
PM10	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	341
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	247
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	229
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	327

**Suroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	3.6	13	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	4.5	14	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	312
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	349
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	233

**Sureste**

	>=100		>=150		>=200		>=250		>=300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	1.3	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	152
PM10	0.6	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	321
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	140
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	127
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	48

**Tabla B.8. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM10
Sureste	105	48	40	16	111
Noreste	70	67	84	64	113
Centro	94	91	54	29	103
Noroeste	122	89	39	25	136
Suroeste	121	55	56	20	131

**Tabla B.9. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10
Enero	72	91	40	84	98
Febrero	92	49	22	44	132
Marzo	122	53	47	47	125
Abril	112	56	64	29	74
Mayo	121	38	57	34	117
Junio	116	28	41	44	87
Julio	85	19	51	21	105
Agosto	95	16	37	25	131
Septiembre	110	21	19	36	97
Octubre	107	40	16	46	85
Noviembre	91	33	16	35	113
Diciembre	88	67	24	63	136

**Tabla B.10. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca por zona, 1998**

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	4.7	17	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	362
PM10	3.9	9	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	229
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	349
NO <sub>2</sub>	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	362
PST*	7.7	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	26*

\*muestreos

**Norte**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	2.5	9	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	15.5	34	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	220
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	309
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	362
PST*	17.4	8	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	46*

\*muestreos

**Sur**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	8.1	29	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	214
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	317
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
PST*	30.4	14	10.9	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	46*

\*muestreos

**Tabla B.11. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM10	PST*
Centro	128	100	58	19	119	112
Sur	124	67	55	37	94	175
Norte	128	88	59	41	141	145

\*muestreos

**Tabla B.12. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10
Enero	113	76	41	54	SM
Febrero	122	100	22	58	SM
Marzo	109	83	28	47	SM
Abril	92	61	32	50	129
Mayo	128	66	24	45	128
Junio	128	50	15	34	70
Julio	100	30	27	29	49
Agosto	121	41	20	28	59
Septiembre	91	44	37	37	71
Octubre	112	62	34	42	68
Noviembre	115	81	25	42	85
Diciembre	104	76	29	59	141

SM: Sin Mediciones

**Tabla B.13. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en Ciudad Juárez por zona, 1998**

**Noroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.6	2	0.3	1	0.3	1	0.0	0	0.0	0	320
PM10*	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	51*
CO	8.8	23	1.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	323

\*muestreos

**Noreste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	1.9	5	0.4	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	262
PM10*	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	17*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	270

\*muestreos

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	SM	SM	SM								
PM10*	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	50*
CO	SM	SM	SM								

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Suroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.4	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	261
PM10*	11.8	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	51*
CO	0.4	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	275

\*muestreos

**Sur**

	>=100		>=150		>=200		>=250		>=300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	SM	SM	SM								
PM10*	2.2	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	45*
CO	SM	SM	SM								

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Tabla B.14. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	CO	PM10*
Noroeste	227	181	87
Noreste	163	46	83
Suroeste	103	101	124
Sur	SM	SM	102
Centro	SM	SM	93

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Tabla B.15. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	CO	PM10*
Enero	73	159	87
Febrero	60	55	26
Marzo	163	56	58
Abril	65	75	102
Mayo	71	96	118
Junio	112	82	79
Julio	101	41	70
Agosto	95	39	66
Septiembre	95	70	68
Octubre	227	106	115
Noviembre	83	153	103
Diciembre	50	181	124

\*muestreos

**Tabla B.16. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en Tijuana por zona, 1998**

**Noroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	349
PM10*	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	73*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	361
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	236

\*muestreos

**Noreste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10*	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	60*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	335
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	207

\*muestreos

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	SM	SM	SM								
PM10*	1.8	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	56*
CO	SM	SM	SM								
NO <sub>2</sub>	SM	SM	SM								
SO <sub>2</sub>	SM	SM	SM								

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Suroeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	348
PM10*	1.7	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	60*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	307
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	224

\*muestreos

**Sureste**

	>=100		>=150		>=200		>=250		>=300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10*	4.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	62*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO <sub>2</sub>	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	246

\*muestreos

**Tabla B.17. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	PM10*	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Suroeste	96	112	28	27	57
Noroeste	76	82	30	36	12
Noreste	112	70	55	54	14
Sureste	97	136	96	100	15
Centro	SM	119	SM	SM	SM

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Tabla B.18. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10*
Enero	72	42	9	71	106
Febrero	69	34	4	44	17
Marzo	73	50	8	48	63
Abril	78	62	19	54	61
Mayo	69	32	6	30	37
Junio	66	26	14	16	55
Julio	112	43	57	27	50
Agosto	94	41	22	45	76
Septiembre	93	35	5	41	54
Octubre	96	70	13	57	109
Noviembre	85	73	9	78	112
Diciembre	76	100	15	96	136

\*muestreos

**Tabla B.19. Porcentaje y número de días mayor o igual a los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en Mexicali por zona, 1998**

**Norte**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	1.5	5	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	336
PM10*	1.7	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	59*
CO	15.3	55	4.5	16	0.8	3	0.3	1	0.0	0	359
NO <sub>2</sub>	0.3	1	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	354
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	216

\*muestréos

**Oeste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	6.4	22	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	346
PM10*	23.4	11	8.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	47*
CO	18.6	67	6.4	23	2.2	8	0.8	3	0.6	2	361
NO <sub>2</sub>	0.6	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	354
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	293

\*muestréos

**Sureste**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	3.9	14	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
PM10*	5.2	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	77*
CO	5.3	19	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	260

\*muestréos

**Centro**

	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	2.2	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	278
PM10*	7.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	53*
CO	11.5	41	1.7	6	0.6	2	0.3	1	0.0	0	358
NO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	352
SO <sub>2</sub>	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	276

\*muestréos

**Suroeste**

	>=100		>=150		>=200		>=250		>=300		Total de días con datos
	%	No.									
O <sub>3</sub>	SM	SM	SM								
PM10*	37.7	23	18.0	11	3.3	2	1.6	1	1.6	1	61*
CO	SM	SM	SM								
NO <sub>2</sub>	SM	SM	SM								
SO <sub>2</sub>	SM	SM	SM								

\*muestreos

**Tabla B.20. IMECA máximo mensual por zona y contaminante**

	O <sub>3</sub>	PM10*	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
Norte	170	107	258	160	14
Oeste	151	184	363	104	14
Sureste	137	119	189	75	19
Centro	122	120	254	80	34
Suroeste	SM	362	SM	SM	SM

\*muestreos

SM: Sin Mediciones

**Tabla B.21. IMECA máximo mensual por contaminante**

	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	PM10*
Enero	122	84	12	258	130
Febrero	69	36	5	124	125
Marzo	131	55	7	147	111
Abril	107	61	7	82	174
Mayo	122	43	3	31	100
Junio	141	57	4	58	89
Julio	147	55	34	40	129
Agosto	122	44	4	58	112
Septiembre	130	160	3	42	105
Octubre	151	104	10	164	240
Noviembre	120	90	12	235	200
Diciembre	170	101	19	363	362

\*muestreos

## **ANEXO C. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL (CENICA)**

A finales de la década de los ochenta, el gobierno de México solicitó al gobierno de Japón apoyo para el establecimiento de un Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) que apoyaría los procesos de gestión ambiental en nuestro país.

Desde entonces la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA) envió a nuestro país distintas comisiones que evaluaron con funcionarios del Instituto Nacional de Ecología (INE) la factibilidad de implantar este centro. En 1995 se concluyeron las negociaciones y dio inicio el proyecto, mismo que se dividió en dos fases. La primera, con duración de dos años a partir de julio de 1995, durante la cual el INE buscaría los recursos necesarios para la construcción del CENICA y desarrollaría el Plan de Trabajo para la segunda fase. La segunda fase con una duración de 3 años, contados a partir de julio de 1997 a julio del 2000, en la cual se consolidará la operación del CENICA.

En 1996 la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) se integró al proyecto ofreciendo la construcción de las instalaciones necesarias para albergar al CENICA dentro de la Unidad Iztapalapa.

A través de este proyecto, JICA se comprometió a proporcionar equipos y mobiliario de laboratorio, capacitación en México y en Japón de técnicos mexicanos, así como estancias de corto y largo plazo para expertos en las áreas de calidad del aire y residuos peligrosos. Por su parte el INE aporta el personal técnico y científico y cubre los gastos de operación y mantenimiento del CENICA.

El 25 de noviembre de 1997 el Centro fue inaugurado y se inició un proceso de instalación y puesta en marcha de los equipos donados por el gobierno de Japón, así como de las actividades de investigación previamente definidas y la continuación de las tareas de capacitación que desde la primera fase del proyecto se vienen desarrollando.

El CENICA tiene como objetivo principal el apoyar los procesos de gestión ambiental a través del desarrollo de investigaciones aplicadas en los campos de la prevención y control de la contaminación atmosférica y del manejo de los residuos peligrosos. Además, a través de programas de capacitación se aboca a fortalecer la capacidad de respuesta de científicos y técnicos mexicanos de los tres niveles de gobierno y de los sectores privado y social.

Como objetivos específicos el Centro tiene los siguientes:

- Proporcionar información científica y técnica que apoye la toma de decisiones en materia ambiental.
- Constituirse en el laboratorio nacional de referencia en materia de muestreo y análisis de sustancias y residuos peligrosos.
- Capacitar a especialistas del gobierno federal, de los gobiernos locales, del sector industrial y de instituciones de educación superior, a través de cursos teóricos y de laboratorio.
- Realizar investigaciones aplicadas dirigidas a la solución de problemas ambientales en las áreas de contaminación del aire y de manejo de residuos peligrosos.
- Realizar investigaciones tanto en gabinete como en el laboratorio para el sustento en la elaboración de Normas Oficiales y Normas Mexicanas.
- Apoyar el desarrollo y aplicación de tecnologías limpias y ambientalmente sustentables, que contribuyan a la reducción de la generación de residuos y de emisión de contaminantes.

Para dar respuesta a estos objetivos, el CENICA se ha organizado en 5 áreas de trabajo que se describen a continuación.

1. Investigación en contaminación atmosférica.
2. Capacitación en contaminación atmosférica.
3. Investigación en residuos peligrosos.
4. Capacitación en residuos peligrosos.
5. Laboratorio Ambiental.

Las actividades consideradas para cada una de estas áreas son:

#### **Contaminación Atmosférica**

- Instalación y operación de una estación piloto de monitoreo atmosférico y de un laboratorio de calibración y análisis.
- Establecimiento de una base de datos con información meteorológica y de calidad del aire de diferentes ciudades del país.
- Soporte técnico en la elaboración de reglamentos y normas oficiales mexicanas.
- Capacitación de personal en la operación y mantenimiento de estaciones de monitoreo atmosférico, implementación y evaluación de programas de calidad del aire y sobre nuevas técnicas y métodos para el monitoreo de la contaminación del aire.
- Difusión de los avances en este campo a través de la organización de seminarios, coloquios, cursos y talleres nacionales e internacionales.

- Elaboración de programas para la reducción de emisiones en fuentes móviles.
- Análisis de las condiciones meteorológicas y de concentración de contaminantes en diferentes ciudades del país.
- Monitoreo personal de contaminantes en microambientes.
- Caracterización de hidrocarburos presentes en la atmósfera.
- Elaboración de programas de monitoreo para PM10 y PM2.5.
- Evaluación de tecnologías para reducir emisiones u optimizar procesos en la industria.
- Establecimiento de un programa de disminución de emisiones y uso eficiente de combustible en calderas industriales.
- Elaboración de sistemas de información ambiental.
- Apoyo a alumnos en el desarrollo de tesis profesionales de licenciatura y posgrado en temáticas ambientales.

### **Residuos Peligrosos**

- Estandarización de criterios para la caracterización de residuos peligrosos.
- Apoyo en el desarrollo de normas y regulaciones ambientales.
- Investigación en materia de prevención, caracterización, tratamiento, minimización, restauración y disposición final.
- Apoyo a la minimización de residuos peligrosos en la micro, pequeña y mediana industria.

### **Laboratorio Ambiental**

- Operación del laboratorio de análisis de residuos peligrosos.
- Establecerse como laboratorio de referencia en análisis de sustancias y residuos peligrosos.
- Montaje de técnicas de análisis de sustancias tóxicas en diferentes matrices ambientales.

### **Capacitación**

- Taller Sobre Minimización de Residuos y Producción más Limpia en América Latina y el Caribe. 21-24 de noviembre 1995.
- Primer Coloquio Binacional México-Japón Sobre Gestión Ambiental: Contaminación Atmosférica. 25-26 de enero 1996.
- Segundo Coloquio Binacional México-Japón Sobre Gestión Ambiental: Residuos Peligrosos. 28-29 de marzo de 1996.
- Tercer Coloquio Binacional México-Japón Sobre Gestión Ambiental: Modelos de Calidad del Aire. 28-29 de noviembre 1996.
- Seminario Internacional Sobre Restauración de Sitios Contaminados: 26-29 de mayo 1997.

- Taller Binacional Vehículos Automotores y Contaminación atmosférica. 9 de febrero de 1998.
- Curso de Manejo de Residuos Peligrosos. Febrero-Mayo de 1998.
- Dos cursos de Métodos de Evaluación de toxicidad utilizando *Daphnia magna* y panagrellos redivivos. 18-24 de marzo de 1998.
- Licencia Ambiental Única. 30-31 de Marzo de 1998.
- Estadística para datos de la calidad del aire. 16-17 de abril de 1998.
- Normatividad Ambiental. 2 y 9 de junio de 1998.

En la actualidad el Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental lleva a cabo proyectos de investigación de exposición de partículas en microambientes, monitoreo atmosférico y de evaluación química de precipitaciones ácidas, entre otros.

### **Proyectos de investigación en el área de calidad del aire**

- Exposición personal en distintos microambientes a partículas con tamaños menores a 10 micras. A partir de los resultados de este proyecto, se ha diseñado un programa permanente de exposición personal a partículas (PM10).
- Exposición personal a las PM10, PM2.5 y ozono en coordinación con otras instituciones de investigación, tales como el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), el Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA), la Dirección General de Salud Ambiental (DGSA) de la SSA y la Comisión Ambiental Metropolitana (CAM).
- Programa de apoyo permanente de monitoreo ambiental, personal y microambiental con dependencias gubernamentales, instituciones públicas y privadas, así como sector académico.
- Operación de la estación automática de monitoreo atmosférico.
- Programa de evaluación química de las precipitaciones ácidas en la ZMVM, en coordinación con el gobierno del Distrito Federal.
- Determinación de hidrocarburos volátiles BTEX en estaciones de servicio de la ZMVM
- Evaluación ambiental de las PM10 y 2.5 en la ZMVM

### **Capacitación**

- Organización de seminarios, coloquios, talleres y conferencias periódicas.
- Elaboración de manuales y documentos de divulgación y de referencia.
- Organización y administración del centro documental CENICA-UAM-I.
- Divulgación de las actividades del CENICA entre los sectores involucrados en la gestión ambiental.
- Establecimiento y mantenimiento de contactos con el sector industrial y académico para fomentar áreas de colaboración.

El CENICA desde 1995 ha organizado diversas actividades de capacitación en materia de calidad del aire, tales como:

- Primer Coloquio Binacional México-Japón Sobre Gestión Ambiental: Contaminación Atmosférica. 25-26 de enero 1996.
- Tercer Coloquio Binacional México-Japón Sobre Gestión Ambiental: Modelos de Calidad del Aire. 28-29 de noviembre 1996.

La capacitación en CENICA es una de las actividades más importantes que se llevan a cabo, participando en la organización de simposios, conferencias y mesas de discusión, en los que reúne a los especialistas ambientales de diversas disciplinas tanto nacionales como internacionales. Estos foros tienen como objetivo difundir y compartir experiencias, dirigidos a fortalecer la capacidad de acción y gestión ambiental a todos los niveles de gobierno, sector privado y social de nuestro país. Anualmente el CENICA presenta diversas actividades en materia de capacitación, incluidas la de su personal, mismo que recibe asesoramiento y entrenamiento continuo, teórico y práctico conducido por expertos japoneses.

Por otro lado la difusión de los eventos también se ha realizado mediante la publicación de las memorias de éstos, así mismo CENICA ha apoyado la publicación de programas y proyectos.

Es importante mencionar que dentro de los eventos coordinados por CENICA en materia de contaminación atmosférica, cabe citar a las conclusiones de la Reunión Binacional México-Japón sobre Calidad del Aire, cuyo tema de discusión se centró en el Monitoreo Personal de Contaminantes, el 9 de julio de 1998, con la asistencia de representantes del sector público y privado, incluidos el académico y el industrial.

Las conferencias fueron desarrolladas con la participación de JICA, la Embajada de Japón en México, el Instituto Nacional de Ecología, el Instituto Nacional de Salud Pública y el CENICA.

El monitoreo se definió como un área de investigación que provee información de la exposición real a contaminantes ambientales a los cuales la población está sujeta de acuerdo a sus actividades.

Se expusieron el estado actual y las tendencias de monitoreo personal en México, teniendo sus inicios con las investigaciones de los niveles de monóxido de carbono y ozono en diversos microambientes, ubicándolas como pioneras en nuestro país, marcando el inicio de colaboraciones interinstitucionales, debido a que requieren de la intervención de diversas disciplinas ambientales. También se hizo mención que en el corto plazo deberá crearse infraestructura con reconocimiento oficial para la validación de los procedimientos en el que CENICA tendrá una gran participación

en la puesta en marcha y validación de métodos adecuados para las condiciones de nuestro país.

Se expusieron también las experiencias de monitoreo personal en el Japón las cuales apuntan hacia el uso de métodos pasivos, es decir sin materiales que concentren la muestra en gran escala, debido a que estos procedimientos se basan en principios sencillos de difusión y absorción. De esta manera utilizando monitores personales Ogawa se han realizado evaluaciones en zonas urbanas, industriales y naturales de Japón, permitiendo conocer la dinámica espacial de contaminantes atmosféricos tales como ozono, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>. Estos métodos pasivos han mostrado una elevada correspondencia con los automáticos.

También se presentaron los resultados preliminares del proyecto piloto para la evaluación de la exposición personal a partículas inhalables en residentes de la Ciudad de México que trabajan en la el Instituto Nacional de Ecología, en los que se observó que los individuos que viven en el norte de la Ciudad presentaron los mayores niveles de exposición a PM10. Además se pudo advertir que los niveles de partículas en interiores son significativos con respecto a aquellos presentados en el exterior de casas y oficinas. En este proyecto participaron el INE, el Gobierno del Distrito Federal, la UAM Xochimilco, el ININ, Environment Canada y la Universidad de British Columbia de Canadá.

Así mismo CENICA presentó resultados preliminares de la comparación de diversos equipos para evaluar la concentración de partículas, tanto de equipos automáticos, de monitoreo personal y de evaluación microambiental, con la finalidad de encontrar las relaciones que guardan entre ellos.

Las conclusiones generales de esta reunión Binacional fueron:

- Se deben incrementar los estudios de exposición personal.
- Se caracterizará a las partículas respirables tanto en su tamaño como en su composición.
- Se tienen que analizar los diversos patrones de actividades en relación con su exposición.
- Se establecerán nexos cada vez más cercanos entre los sectores académicos con los gubernamentales.
- Se compartirán las experiencias que en materia de monitoreo personal se desarrollen en México con expertos de Japón a través de JICA y con la Universidad de Harvard de Estados Unidos.

La trascendencia de esta reunión Binacional, dio lugar al desarrollo de propuestas de programas, proyectos y convenios de colaboración, de diversas instituciones con CENICA.

Actualmente se están llevando a cabo investigaciones que involucran el análisis de exposición personal de contaminantes ambientales en colaboración con la Secretaría de Salud y con el Instituto Nacional de Salud Pública.

CENICA se verá cada vez más fortalecido en estas áreas de investigación con la participación conjunta de otras instituciones que sumen esfuerzos en este sentido.

Los objetivos del CENICA a mediano plazo (1996-1998) en materia de contaminación atmosférica son:

- Instalación y operación de una estación piloto de monitoreo atmosférico y un laboratorio de calibración y análisis (se llevó a cabo en noviembre de 1997).
- Establecimiento de una base de datos con información meteorológica y de calidad del aire de diferentes ciudades del país.
- Soporte técnico en la elaboración de reglamentos y normas oficiales mexicanas.
- Capacitación de personal en la operación y mantenimiento de estaciones de monitoreo atmosférico, implementación y evaluación de programas de calidad del aire y sobre nuevas técnicas y métodos para el monitoreo de la contaminación del aire.
- Difusión de los avances en este campo a través de la organización de seminarios, coloquios, cursos y talleres nacionales e internacionales.
- Elaboración de programas para la reducción de emisiones en fuentes móviles.
- Análisis de las condiciones meteorológicas y de concentración de contaminantes en diferentes ciudades del país.
- Monitoreo personal de contaminantes en microambientes (a partir del segundo semestre de 1997 se empezó a desarrollar).
- Caracterización de hidrocarburos presentes en la atmósfera.
- Elaboración de programas de monitoreo para PM10 y PM2.5.
- Evaluación de tecnologías para reducir emisiones y optimizar procesos en la industria.
- Establecimiento de un programa de disminución de emisiones y uso eficiente de combustible en calderas industriales.
- Elaboración de sistemas de información ambiental.
- Apoyo a alumnos en el desarrollo de tesis profesionales de licenciatura y posgrado en temáticas ambientales.

## **ANEXO D. GRUPO BINACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE DE FRONTERA XXI**

Los esfuerzos formales conjuntos de México y Estados Unidos para proteger y mejorar el ambiente en la zona fronteriza comenzaron en 1983, con la firma del *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos de América y los Estados Unidos Mexicanos para la Protección y el Mejoramiento del Ambiente en la Zona Fronteriza*, conocido como “Acuerdo de La Paz”.

Este Acuerdo plantea una serie de objetivos en materia de cooperación ambiental fronteriza, establece un mecanismo para acuerdos adicionales, anexos y acciones técnicas, así como la realización de reuniones de alto nivel y de reuniones técnicas especiales para promover y fomentar la cooperación entre ambos países; de igual manera establece procedimientos de comunicación formal entre los dos países y ordena que se nombren sendos Coordinadores Nacionales para dirigir y supervisar su puesta en práctica.

El Acuerdo de La Paz regula el marco de cooperación entre las autoridades mexicanas y las estadounidenses para prevenir, reducir y eliminar fuentes de contaminación del aire, agua y suelo en una zona de 100 kilómetros de ancho de cada lado de la frontera internacional. El Acuerdo crea la estructura general según la cual deben aplicarse los proyectos específicos señalados en sus cinco anexos técnicos. Algunos aspectos de calidad del aire se abordan en el Anexo IV: *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Contaminación Transfronteriza del Aire causada por las Fundidoras de Cobre a lo Largo de su Frontera Común*, y en el Anexo V: *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo al Transporte Internacional de Contaminación del Aire Urbano*. Todas las actividades binacionales en materia de contaminación del aire, se realizan actualmente a través del Grupo de Trabajo de Calidad del Aire y están enmarcadas en los Anexos antes citados. Al amparo de este Convenio se han instrumentado el Programa Integral Ambiental Fronterizo 1992-1994 y el Programa Frontera XXI.

Como parte del Acuerdo de la Paz y dentro del marco del Programa Frontera XXI, se creó el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire con objeto de continuar los esfuerzos para promover los programas regionales de manejo de la calidad del aire en la zona, por ello el Instituto Nacional de Ecología de México y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América, han desarrollado respectivamente estrategias nacionales para mejorar la calidad del aire; dichas estrategias están basadas en las normas básicas de la calidad del aire para cada país. Ambos han establecido estándares de calidad del aire, similares para el monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, ozono, partículas de 10 micrómetros o me-

nos de diámetro y plomo, aunque recientemente la EPA revisó y actualizó los estándares para ozono y partículas. Las partes involucradas en el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire buscan una mayor colaboración entre las entidades ambientales fronterizas de los diferentes niveles de gobierno, con objeto de mejorar la calidad del aire ambiente de la zona fronteriza entre México y Estados Unidos.

Por la naturaleza del problema de la calidad del aire en esta zona, existe una estrecha vinculación del Grupo de Trabajo de Calidad del Aire, con los de Prevención de la Contaminación, Información Ambiental y Salud Ambiental, ya que todos ellos son temas transversales que demandan análisis y actuación conjunta.

Los objetivos planteados en el Programa Frontera XXI y desarrollados por el Grupo de Trabajo en materia de calidad del aire para los próximos cinco años son:

- Desarrollar programas para el estudio y mejoramiento de la calidad del aire (monitoreo, inventarios de emisiones y modelación, entre otros).
- Continuar con el fortalecimiento de la capacidad y la experiencia institucional en el área fronteriza.
- Alentar la participación de la ciudadanía.
- Revisar y recomendar estrategias para el abatimiento de la contaminación del aire, dirigidos a las fuentes vehiculares, industriales y naturales.
- Estudiar el potencial de programas de incentivos económicos para reducir la contaminación del aire.

El Grupo de Trabajo de Calidad del Aire lleva a cabo sus actividades a través de Subgrupos de trabajo constituidos por pares de ciudades hermanas, y con proyectos cuyos objetivos se extienden a lo largo de la frontera, como a continuación se muestra.

#### **Subgrupos de Trabajo y proyectos del Grupo de Calidad del Aire de Frontera XXI**

<b>Subgrupos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de Aire en Tijuana-San Diego</li> <li>• Programas de Aire en Mexicali-Valle Imperial</li> <li>• Programas de Aire en Ambos Nogales</li> <li>• Programas de Aire en Agua Prieta-Douglas</li> <li>• Programas de Aire en Cd. Juárez-El Paso-Sunland Park</li> <li>• Programas de Aire en Brownsville-Laredo</li> <li>• Calidad del Aire y Energía</li> <li>• Congestión Vehicular en la Frontera</li> <li>• Calidad del Aire en Big Bend</li> </ul>
<b>Proyectos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio Intensivo de Monitoreo de Calidad del Aire en California-Baja California.</li> <li>• Programa de Desarrollo del Inventario de Emisiones para México.</li> <li>• Centro de Información sobre Contaminación del Aire (CICA).</li> <li>• Programa de Entrenamiento en Contaminación del Aire para México.</li> <li>• Comité Consultivo Conjunto para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Cd. Juárez-El Paso-Condado de Doña Ana.</li> </ul>

El Grupo de Trabajo continúa con los esfuerzos regionales para promover y reforzar las redes de monitoreo de la calidad del aire, elaborar inventarios de emisiones y modelar la calidad del aire para analizar la dispersión y formación de los oxidantes fotoquímicos. El Grupo también promueve la creación de programas y estrategias de mejoramiento de la calidad del aire que sirven como herramientas a los administradores ambientales locales para caracterizar las interrelaciones entre la calidad del aire, el uso del suelo, la planificación del transporte y el desarrollo económico.

El Grupo de Calidad del Aire trabaja muy de cerca con los gobiernos estatales y locales, la población civil, el sector privado, la academia, así como las organizaciones no gubernamentales para el manejo de la calidad del aire en la región.

Como proyectos particulares relevantes destacan la creación del Centro de Información sobre Contaminación del Aire (CICA), que opera bajo el auspicio de la EPA, proporcionando de forma gratuita asesoría e información sobre temas de contaminación del aire y patrocinando la elaboración de estudios técnicos sobre temas específicos de la frontera; y el desarrollo de la Metodología de Inventarios para México en cooperación con la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA por sus siglas en inglés), que ha permitido por primera vez en México, elaborar una serie de manuales y un curso de entrenamiento que se ha venido impartiendo exitosamente en diversas ciudades del país. En la página de Internet del INE (<http://www.ine.gob.mx>) se describen a mayor detalle estas actividades y se proporcionan los vínculos necesarios para acceder las páginas del CICA y de la WGA.

Como resultado de los comentarios al Programa Frontera XXI, el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire destinó recursos para iniciar dos nuevos subgrupos de trabajo que son: el subgrupo de energía a lo largo de la frontera, el cual tiene como objetivo promover la eficiencia energética y con ello reducir la contaminación del aire, y el subgrupo sobre congestión vehicular en la frontera, el cual proporcionará posibles mecanismos para reducir la contaminación del aire debido a la congestión de vehículos automotores en los puentes de cruce.

Es importante mencionar que el 7 de mayo de 1996, se firmó un acuerdo por ambos gobiernos, a través del Secretario de Estado de Estados Unidos y del Secretario de Relaciones Exteriores de México que se encuentra bajo el Apéndice 1 del Anexo V del Acuerdo de La Paz de 1983, y contempla dos elementos fundamentales: primero se reconoce de manera oficial y por primera ocasión, la Cuenca Atmosférica Internacional de la Región Paso del Norte y se establece la formación de un Comité Consultivo Conjunto para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Ciudad Juárez, Chihuahua/El Paso, Texas/ Condado de Doña Ana, Nuevo México (CCC).

El CCC tiene como objetivos principales emitir recomendaciones al Grupo de Trabajo del Aire sobre:

- Desarrollo conjunto de análisis sobre monitoreo y modelaje de la calidad del aire y sobre estrategias de prevención y abatimiento de la contaminación en la cuenca atmosférica;
- Intercambio de información en temas vinculados con la calidad del aire, tales como compendios de datos sobre la calidad del aire, las emisiones al aire y el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de cada una de las Partes;
- Programas de asistencia técnica, intercambio de tecnologías y capacitación en áreas relevantes para prevenir y reducir la contaminación del aire en la cuenca atmosférica;
- Programas de educación ambiental y asistencia pública a la población civil en áreas relevantes, para la prevención y reducción de la contaminación del aire en la cuenca atmosférica;
- Explorar estrategias para prevenir y reducir la contaminación del aire en la cuenca atmosférica, incluyendo recomendaciones sobre la comercialización de emisiones y otros incentivos económicos, así como el incremento de la compatibilidad de programas para mejorar la calidad del aire en la cuenca atmosférica; y
- Aquellos otros asuntos vinculados con el mejoramiento de la calidad del aire que el Comité considere pertinentes para la cuenca atmosférica y que pudieran ser recomendados por las partes.

El CCC esta integrado por 20 personas, diez representantes de cada país: un representante del gobierno federal de los EUA; tres del gobierno federal de México; un representante de los gobiernos estatales de Texas, Nuevo México y Chihuahua; un representante de los gobiernos locales de El Paso, del Condado de Doña Ana y de Ciudad Juárez; y cinco residentes de la cuenca atmosférica, que no estén empleados por el gobierno federal, estatal o local. Al menos uno de ellos es un representante de la comunidad empresarial, o de alguna organización no gubernamental, cuyas actividades están involucradas principalmente con la contaminación del aire, o bien de instituciones académicas o de la sociedad civil, que en el caso de México, está representado por un miembro del Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable, Región Norte.

El Comité lleva a cabo reuniones ordinarias cuatrimestrales, alternadamente en cada una de las comunidades que conforman la cuenca atmosférica, siendo todas ellas abiertas al público.

Dentro de las recomendaciones hechas por el Comité, al Grupo de Calidad del Aire de Frontera XXI a la fecha se encuentran:

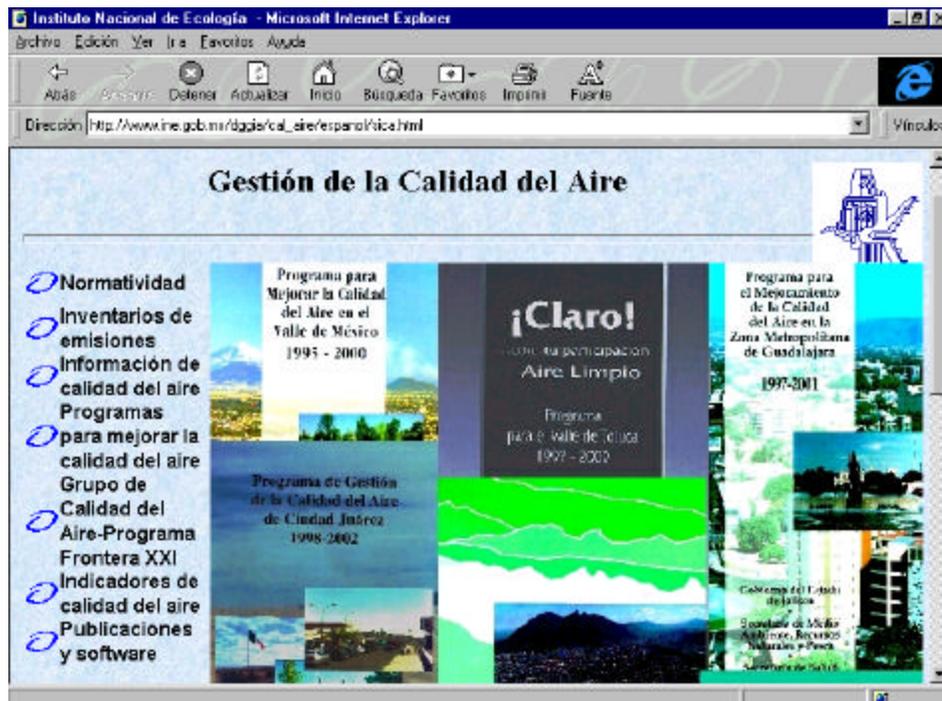
1. Verificación Vehicular en el Estado de Chihuahua.
2. Proveer Información sobre Calidad del Aire.
3. Sistema de Créditos para Reducir Emisiones (CRE).
4. Tiempos de Cruce en Puentes Internacionales.
5. Disponibilidad de venta de gasolina oxigenada para Ciudad Juárez.
6. Proyectos Ambientales Suplementarios Internacionales específicos dentro de la cuenca atmosférica.
7. Cumplimiento de requisitos ambientales para vehículos usados importados para su venta en Ciudad Juárez.

El CCC elabora actualmente un *Programa Estratégico* que orientará sus actividades a corto y largo plazo.



## **ANEXO E. SITIO WEB DEL INE PARA ACCESO A INFORMACION DE CALIDAD DEL AIRE**

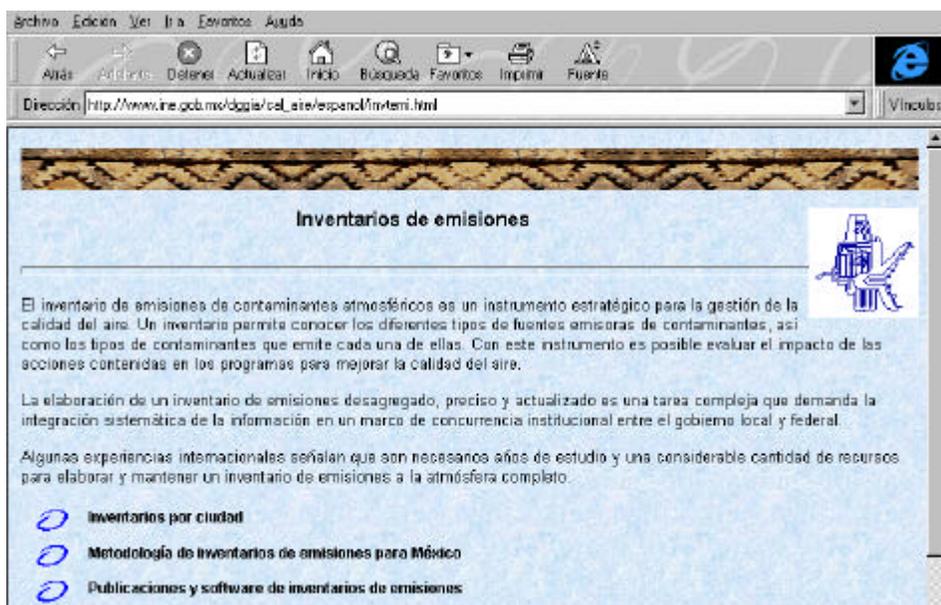
El instituto Nacional de Ecología (INE) cuenta con una página de información en Internet, en la que se pueden consultar diversos temas sobre medio ambiente, a través del Sistema Nacional de Información Ambiental, incluyendo temáticas tanto sectoriales como regionales que se despliegan en diferentes planos de actuación. La página incluye varias secciones como son: Biodiversidad, Riesgo y Residuos, Urbano-Industrial, Internacional, Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, Marco Jurídico, Miscelánea y lo nuevo del INE. Las secciones a su vez están integradas por subsecciones. La información de Calidad del Aire está contenida en la sección "INE Urbano-Industrial". Aquí se pueden consultar temas como Normatividad, Inventarios de Emisiones, Información de Calidad del Aire, Grupo de Calidad del Aire del Programa Frontera XXI, Indicadores de Calidad del Aire, Publicaciones y Software con que cuenta el INE sobre este tema.



En el subtema de Normatividad se tiene acceso a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, al Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica y la normatividad en materia de monitoreo, emisiones de fuentes fijas y emisiones de fuentes móviles.



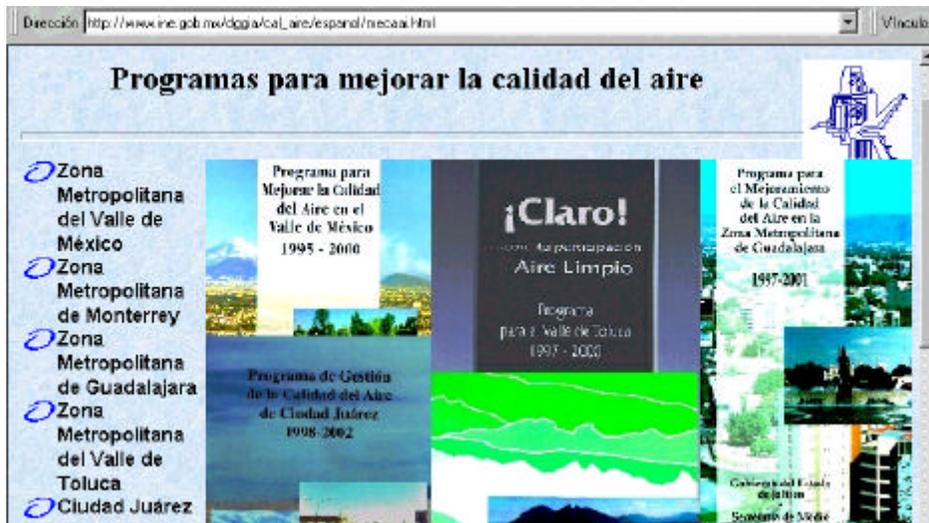
En cuanto a los Inventarios de Emisiones se tiene acceso a la definición, importancia y utilidad de los mismos. En esta subsección se pueden consultar los inventarios por ciudad, las metodologías empleadas para México y las publicaciones y software de los inventarios de emisiones con que cuenta el INE.



En materia de Información de Calidad del Aire se tiene acceso a la información y análisis general y por contaminante de las principales ciudades del país que cuentan con sistemas o redes de monitoreo atmosférico, como por ejemplo, las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Valle de Toluca, Ciudad Juárez y otros sitios. En esta subsección se tiene acceso a sitios para consultar la información del día de algunas ciudades como la ciudad de México y Guadalajara.



El INE a través de la Dirección General de Gestión e Información Ambiental y en conjunto con otras instituciones estatales y municipales encargadas de las políticas de medio ambiente, así como con el apoyo de la academia y organismos no gubernamentales, elabora diferentes Programas para Mejorar la Calidad del Aire, en aquellas ciudades que por su problemática se consideran de atención prioritaria; en esta subsección se tiene acceso a los programas ya elaborados.



En la frontera con los Estados Unidos de América, el INE ha establecido con su contraparte estadounidense, la Agencia de Protección al Ambiente (EPA), un programa denominado Frontera XXI, que se dio a conocer en diciembre de 1996 y representa un esfuerzo binacional que agrupa a diversas entidades federales y locales responsables del medio ambiente fronterizo para abordar y solucionar los problemas de calidad del aire. En esta subsección se describen las actividades que se llevan a cabo en las ciudades hermanas de los estados fronterizos de Baja California-California, Sonora-Arizona, Chihuahua-Nuevo México-Texas, y Cohahuila-Nuevo León-Tamaulipas-Texas.

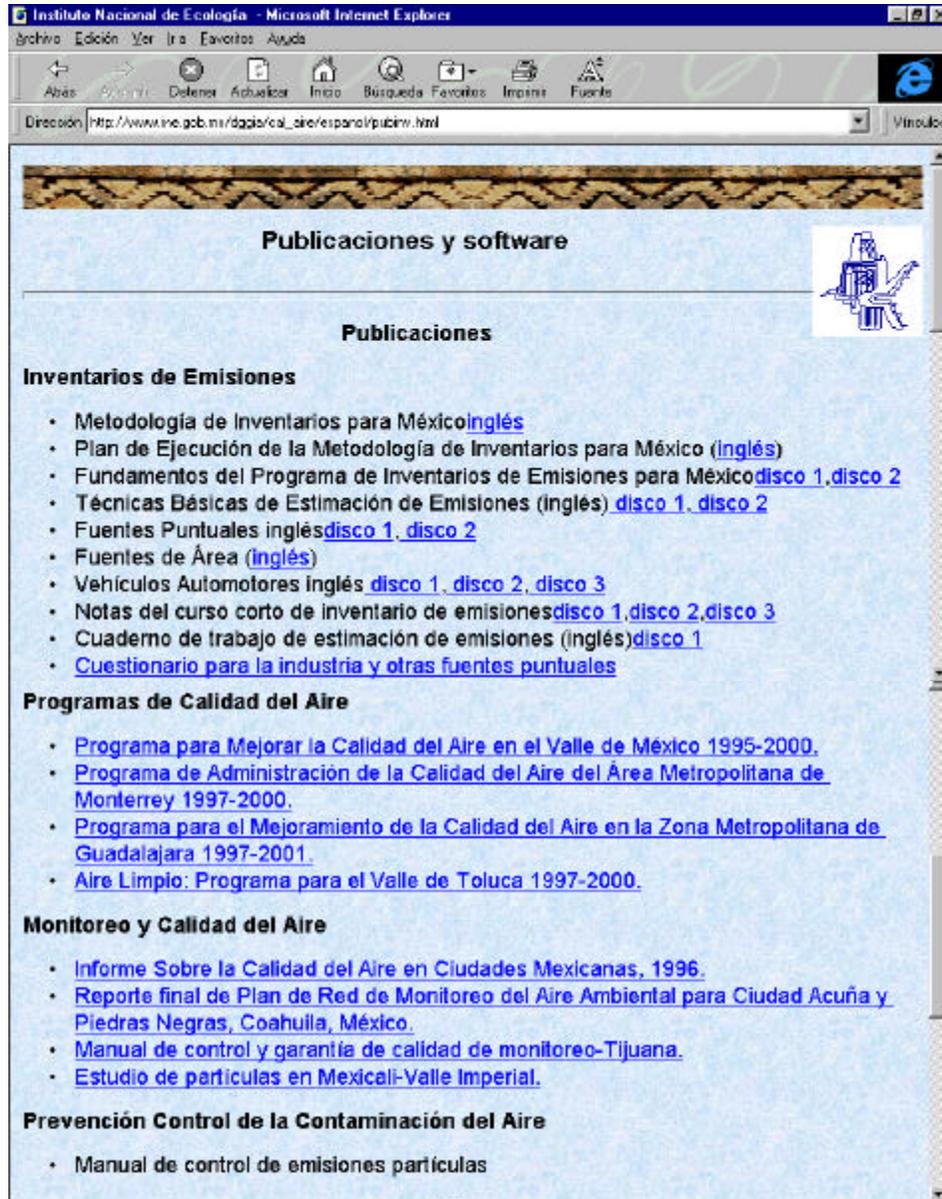


La subsección de Indicadores de Calidad del Aire resume información general de contaminación del aire de acuerdo al esquema de indicadores establecidos por la OCDE (Indicadores de Presión-Estado-Respuesta).



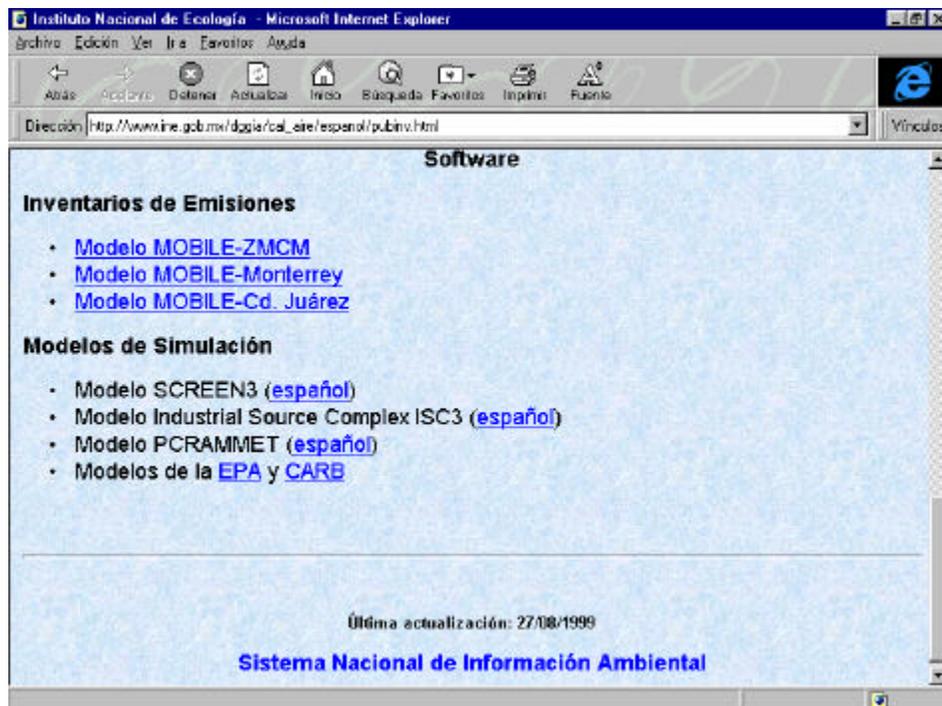
La última subsección incluye las publicaciones y software que el INE proporciona en materia de contaminación del aire y temas afines en los rubros de: Inventarios

de Emisiones, Programas de Calidad del Aire, Monitoreo y Calidad del Aire, Prevención y Control de la Contaminación del Aire. La gran mayoría de estas publicaciones se pueden obtener a través de medio magnético. En el aspecto del software disponible se tienen los modelos para estimar emisiones de vehículos y modelos de dispersión de contaminantes.



The screenshot shows a Microsoft Internet Explorer browser window displaying the website of the Instituto Nacional de Ecología (INE). The address bar shows the URL: [http://www.ine.gob.mx/dgpa/cal\\_aire/espanol/pubiciv.html](http://www.ine.gob.mx/dgpa/cal_aire/espanol/pubiciv.html). The page content is organized as follows:

- Publicaciones y software** (with a logo of a person working at a computer)
- Publicaciones**
- Inventarios de Emisiones**
  - Metodología de Inventarios para México [Inglés](#)
  - Plan de Ejecución de la Metodología de Inventarios para México ([Inglés](#))
  - Fundamentos del Programa de Inventarios de Emisiones para México [disco 1](#), [disco 2](#)
  - Técnicas Básicas de Estimación de Emisiones (Inglés) [disco 1](#), [disco 2](#)
  - Fuentes Puntuales inglés [disco 1](#), [disco 2](#)
  - Fuentes de Área ([Inglés](#))
  - Vehículos Automotores inglés [disco 1](#), [disco 2](#), [disco 3](#)
  - Notas del curso corto de inventario de emisiones [disco 1](#), [disco 2](#), [disco 3](#)
  - Cuaderno de trabajo de estimación de emisiones (Inglés) [disco 1](#)
  - [Cuestionario para la industria y otras fuentes puntuales](#)
- Programas de Calidad del Aire**
  - [Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.](#)
  - [Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000.](#)
  - [Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001.](#)
  - [Aire Limpio: Programa para el Valle de Toluca 1997-2000.](#)
- Monitoreo y Calidad del Aire**
  - [Informe Sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, 1996.](#)
  - [Reporte final de Plan de Red de Monitoreo del Aire Ambiental para Ciudad Acuña y Piedras Negras, Coahuila, México.](#)
  - [Manual de control y garantía de calidad de monitoreo-Tijuana.](#)
  - [Estudio de partículas en Mexicali-Valle Imperial.](#)
- Prevención Control de la Contaminación del Aire**
  - [Manual de control de emisiones partículas](#)



Participaron en la elaboración de este documento las siguientes personas:

Adrián Fernández Bremauntz.

Victor Hugo Páramo Figueroa.

Victor Gutiérrez Avedoy.

Jorge Martínez Castillejos.

Guadalupe de la Luz González.

Jorge Sarmiento Rentería.

José Zaragoza Avila.

José Manuel González Osorio.

Guadalupe Tzintzun Cervantes.

Cristina Ortuño Mojica.