

Segundo Informe Sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas 1997



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
SEMARNAP

CENICA



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 Administración de la Calidad del Aire.

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

Mat. Jorge Martínez Castillejos.
Director de Análisis de Datos Ambientales.

La publicación del *Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas* fue realizada con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), se terminó de imprimir el 8 de diciembre de 1998 en los talleres de LITOGRAFÍA HELIO, S.A. de C.V.

La edición estuvo a cargo de la Dirección de Análisis de Datos Ambientales 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.....	7
3. Gestión de la Calidad del Aire	13
4. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México	19
5. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara	33
6. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Monterrey.....	41
7. Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	49
8. Calidad del Aire en Ciudad Juárez	57
9. Calidad del Aire en Tijuana	65
10. Calidad del Aire en Mexicali	71
11. Calidad del Aire en Otras Ciudades.....	77
11.1 ..Calidad del Aire en Aguascalientes	77
11.2 ..Calidad del Aire en Cananea.....	79
11.3 ..Calidad del Aire en Coahuila.....	83
11.4 ..Calidad del Aire en Manzanillo	87
11.5 ..Calidad del Aire en Nacozari	90
11.6 ..Calidad del Aire en Querétaro	92
11.7 ..Calidad del Aire en San Luis Potosí.....	95
11.8 ..Campaña de Monitoreo en Tetela del Volcán	100
12. Análisis Comparativo de la Calidad del Aire de 14 Ciudades	101
13. Conclusiones sobre Calidad del Aire durante 1997.....	105
Anexos:	
A Inventarios de Emisiones Desagregados de la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez.....	109
B Monitoreo de la Calidad del Aire.....	115
C Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.....	119
D Resumen de Datos de Calidad del Aire de 1997.....	123
E Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA).....	145
F Grupo Binacional de Calidad del Aire México-Estados Unidos.....	151
G Sitio WEB del INE para Acceso a Información de Calidad del Aire.....	157

1. PRESENTACIÓN

En este Segundo Informe se incluyen la actualización de la información de las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca y de Cd. Juárez, y se adicionan otras ciudades medias que desarrollan actividades y que cuentan con infraestructura de monitoreo de la calidad del aire en operación, incluyendo a Tijuana, Mexicali, Aguascalientes, Manzanillo, Coatzacoalcos, San Luis Potosí, Querétaro, Cananea y Nacozari. Además se presentan los resultados de la campaña realizada por la unidad móvil durante julio de 1997 en Tetela del Volcán, Mor.

La información que se describe en este informe se elaboró a partir de las bases de datos de las redes de monitoreo, proporcionadas al INE por las siguientes Dependencias, Organismos, Instituciones Públicas y Privadas:

- 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.
- Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Aguascalientes.
- Dirección de Ecología del Gobierno del Estado/Delegación SEMARNAP en Querétaro.
- Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos en Coatzacoalcos.
- Comisión Federal de Electricidad, Termoeléctrica de Manzanillo.
- California Air Resources Board y Environmental Protection Agency (redes de Tijuana y Mexicali).
- Subdirección de Ecología e Higiene Industrial de Industrial Minera México, S.A. de C.V., Planta San Luís.
- Superintendencia de Ecología, Mexicana de Cobre, S.A. de C.V., Nacozari.
- Departamento de Ecología, Mexicana de Cananea, S.A. de C.V., Cananea.

Cada una de las redes de monitoreo de las ciudades presentadas en este informe conforman de forma diferente sus bases de datos, por lo que para efectuar el análisis de la información primeramente se tuvieron que estandarizar las bases de datos. La revisión, proceso 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 INE. La elaboración de este informe es parte del desarrollo del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire de México, el cual se consolida día a día y permite de una forma sencilla y ágil tener acceso a datos estadísticos y tendencias sobre la calidad del aire en menor tiempo y con mayor confiabilidad, a través de medios electrónicos y magnéticos, a cualquier persona que así lo requiera. 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

La información es un instrumento esencial de la gestión ambiental que requiere estar a disposición de quienes la necesitan de manera oportuna. Cumpliendo con la tarea encomendada al Instituto Nacional de Ecología, de obtener, reunir y dar a conocer la información del estado que guarda la calidad del aire en la República Mexicana, se presenta este Segundo Informe Sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas, en el que se describe el estado que observan las principales zonas metropolitanas y otras ciudades de México en donde se mide la calidad del aire.

Como se comentó en el Primer Informe, este Segundo Informe forma parte de la serie que el INE elaborará año con año para mantener informada a la sociedad sobre la calidad del aire que prevalece en las diferentes regiones del país.

En este Segundo Informe se presenta en primer término el análisis descriptivo de la calidad del aire que prevalece en las grandes zonas metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey y Toluca, que poseen el mayor número de habitantes, parque vehicular e industria. Posteriormente, se analiza la calidad del aire de tres de las 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. Para complementar el Informe se incluyen otras ciudades como Aguascalientes, Manzanillo, Coatzacoalcos y Querétaro, en donde se ha iniciado la medición de algunos parámetros para conocer el estado que guarda la calidad del aire y así poder diseñar programas de control para prevenir un mayor deterioro. Finalmente se presenta información de las ciudades de Cananea, Nacozari y San Luis Potosí, en donde se encuentran asentadas algunas de las compañías fundidoras más importantes del país y que por la cercanía con los centros de población, se ha considerado conveniente evaluar sus emisiones y el impacto que estas pudieran causar en la salud de la población.

Los datos de este Segundo Informe se analizan con base en el cumplimiento de las Normas de Calidad del Aire para protección de la salud (SSA, 1994), poniendo atención especial a la distribución espacial y temporal de los niveles de contaminación que exceden estas normas. Dado que la calidad del aire muestra una relación directa con el volumen de los contaminantes emitidos a la atmósfera, se presentan también en este informe los inventarios de emisiones que están disponibles a la fecha para las ciudades de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca y Cd. Juárez. Aquí se presenta el nuevo Inventario de Emisiones de la

ZMVM, en el cual se incluyen las partículas PM10, elaborado por los miembros de la Comisión Ambiental Metropolitana.

Los inventarios de emisiones indican consistentemente una contribución mayoritaria de contaminación por el sector transporte y, como resultado de las particularidades de cada ciudad, una participación de la industria y los servicios que varía dependiendo de su consumo de combustibles y la intensidad de sus procesos urbano-industriales. Así mismo y con base en sus inventarios desagregados, es posible aseverar que dentro del sector transporte los vehículos particulares representan la fuente de emisión de contaminantes más importante en estos centros urbanos, reflejando con ello la importancia que tienen para la aplicación de programas para el mejoramiento y ampliación del transporte masivo no contaminante y la necesidad de instrumentar programas de verificación vehicular como un medio para reducir las emisiones. Como se mencionó, estos inventarios han comenzado su segunda etapa de revisión en donde se dará particular atención a las emisiones de partículas finas PM10 provenientes de los vehículos, industrias, comercios y de 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 Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca y Cd. Juárez cuentan desde hace algunos años con sistemas modernos de medición continua que registran parámetros primarios de calidad del aire: ozono (O₃), bióxido de azufre (SO₂), bióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y plomo (Pb); de igual manera Tijuana y Mexicali ya han empezado a generar información continua y validada, para conocer la calidad del aire que prevalece en esas ciudades. Por otra parte, las redes de Aguascalientes, Manzanillo, Querétaro, Coahuila de Zaragoza, Cananea, Nacozari y San Luis Potosí, que aún no se encuentran totalmente conformadas, sólo generan datos sobre mediciones de algunos contaminantes primarios (O₃, SO₂, NO₂, PST y PM10), cuyo análisis permitirá en el futuro determinar el número y ubicación deseable de estaciones de monitoreo adicionales que debieran instalarse.

Las redes de monitoreo son operadas y administradas por los gobiernos local y federal, con excepción de Manzanillo y Coahuila de Zaragoza, cuyas redes son propiedad de la Comisión Federal de Electricidad y de Petróleos Mexicanos, respectivamente, así como las redes de Cananea, Nacozari y San Luis Potosí, que fueron instaladas por compañías fundidoras que tienen plantas en estas ciudades, con objeto de medir el comportamiento del bióxido de azufre proveniente de sus procesos; para las dos primeras su compromiso se encuentra establecido dentro del marco del

Acuerdo Binacional México-Estados Unidos de La Paz de 1983, Anexo IV, y en el caso de San Luis Potosí, corresponde a un requerimiento para vigilar sus emisiones y su impacto en la calidad del aire. Los datos registrados son reportados tanto al gobierno local, como al Instituto Nacional de Ecología; ello permite que se hagan públicos los niveles registrados. En el futuro las autoridades deberán complementar este monitoreo para contar con diagnósticos completos, y presentar programas que permitan prevenir y controlar la contaminación del aire.

Las bases de datos que se utilizaron para elaborar los análisis que se presentan en este informe fueron proporcionados por: los responsables de la operación de las redes de monitoreo. Es conveniente aclarar que las bases de datos generadas en las Zonas Metropolitanas del Valle de México, de Guadalajara, de Monterrey del Valle de Toluca y Ciudad Juárez, son de las más completas con que se cuenta y cumplen con el criterio de contener cuando menos el 75% del total de datos que durante un año se podrían generar, si no existieran interrupciones en el funcionamiento de los equipos; en el caso de las ciudades de Tijuana, Mexicali, Aguascalientes, Cananea, Coatzacoalcos, Manzanillo, Nacozari, Querétaro y San Luis Potosí, no cumplen cabalmente con este criterio, por lo que la información y análisis presentados en este documento únicamente son indicativos del estado que guarda la calidad del aire en estas ciudades.

De acuerdo a los resultados de los análisis realizados, se tiene que la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire en la Ciudad de México en 1997 fue de 92%, muy similar a los valores de los años anteriores, aunque cabe destacar que los eventos de más de 250 puntos IMECA sólo se presentaron en tres ocasiones durante ese año. El ozono sigue siendo el contaminante con los mayores niveles, pues no cumplió la norma en el 88% de los días. Las PM10 fueron el otro contaminante que se presentó en altas concentraciones en la ZMVM, excediendo la norma en 44% de los días.

Durante 1997, en la Zona Metropolitana de Guadalajara se violó alguna de las normas de calidad del aire en el 58% de los días, presentándose algunos episodios de contaminación de más de 200 y 250 puntos IMECA. En Guadalajara, al igual que en la Ciudad de México el ozono fue el contaminante que con mayor frecuencia rebasó la norma de calidad del aire (en el 49% de los días), seguido de las PM10 con un 14% de los días del año.

En Monterrey la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire durante 1997 fue del 12% de los días, presentándose ocasionalmente algún evento de más de 150 puntos IMECA. El incumplimiento de la norma de ozono en esta ciudad fue del 10% de los días mostrando un incremento significativo con respecto a 1996. El problema de las PM10 fue menor a otros años, pues el porcentaje de días con excedencia a la norma fue de sólo 3%, comparado con el 12% del año pasado.

Toluca presentó una frecuencia de excedencias a las normas del orden del 8% de los días sin alcanzar el nivel de los 150 puntos IMECA en 1997 con excepción de un día en mayo en el que hubo un máximo de 169 puntos, siendo las excedencias debidas al ozono y las PST.

En Ciudad Juárez se rebasó alguna de las normas de calidad del aire en el 8% de los días. El monóxido de carbono fue el contaminante con más días por arriba de la norma, con el 7% de los días del año, seguido del ozono con el 2%. Las PM10 rebasaron su norma en el 18% de los muestreos manuales.

En Tijuana se pudo observar que la frecuencia con la que se rebasa alguna de las normas de calidad del aire de los contaminantes gaseosos monitoreados fue del 1% de los días; estas excedencias las presentó el ozono pero sin alcanzar el nivel de los 150 puntos IMECA. Las PM10 tuvieron un porcentaje de muestreos fuera de norma del 4%, alcanzando valores máximos de 112 puntos IMECA.

En Mexicali el porcentaje de días con violaciones a las normas de calidad del aire fue del 27%; el monóxido de carbono violó su norma en el 14% de los días del año y el ozono estuvo fuera de norma en el 8% de los días. Las PM10 rebasaron la norma en el 37% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es más del doble del valor de su norma anual.

En Aguascalientes únicamente existe una estación automática de monitoreo que mide CO, SO₂ y NO₂. En esta ciudad no se presentaron jornadas fuera de norma de calidad del aire. Los valores más elevados los registró el monóxido de carbono, seguido del bióxido de nitrógeno, pero siempre menores a los 80 puntos IMECA.

En Cananea la compañía fundidora Mexicana de Cananea, S.A. de C.V. tiene 6 estaciones de monitoreo que miden SO₂. En 1997, el 29% de los días estuvieron fuera de norma, registrándose la mayor parte de las excedencias en la estación "Las Mexicanas".

En Coatzacoalcos existe una estación automática de monitoreo de PEMEX que mide los parámetros O₃, NO₂ y CO. En 1997 la frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire fue de 3% de los días con base en la información disponible, siendo en todos los casos el ozono el contaminante fuera de norma.

En Manzanillo se encuentran instaladas 3 estaciones de monitoreo que miden SO₂, NO₂, PM10 y PST. Estos contaminantes no registraron ninguna excedencia a las normas de calidad del aire y los valores más elevados correspondieron a las PM10 con 66 puntos IMECA.

En Nacozari la compañía fundidora Mexicana de Cobre, S.A. de C.V. cuenta con 6 estaciones de monitoreo que miden SO_2 . En 1997 no se presentó ninguna violación a la norma de bióxido de azufre y los valores más elevados fueron del orden de los 50 puntos IMECA.

En Querétaro la red de monitoreo está conformada por 6 estaciones de las cuales sólo 5 se encuentran en operación y miden manualmente bióxido de azufre y PST. En 1997 no se presentaron excedencias a las normas de calidad del aire de 24 horas de estos contaminantes y los valores más elevados fueron de 90 puntos IMECA.

En San Luis Potosí la compañía Industrial Minera México, S.A de C.V. cuenta con 11 estaciones que miden SO_2 y PST. Durante 1997 ocurrieron violaciones a la norma de SO_2 en el 1% de los días y las PST presentaron un porcentaje de muestreos manuales fuera de norma de 4%.

La tabla 2.1 resume el comportamiento de los diferentes contaminantes criterio de la calidad del aire en las 14 ciudades que conforman el segundo informe, de manera general y por contaminante.

Campañas de Monitoreo Móvil

En junio de 1997, la unidad móvil del Instituto Nacional de Ecología efectuó una campaña de medición de corta duración en el estado de Morelos (Tetela del Volcán), con objeto de obtener información de la calidad del aire en un periodo en que ocurrieron emisiones contaminantes significativas del volcán Popocatepetl. De la campaña realizada destaca el hecho que los valores máximos medidos fueron para el ozono que registró 77 puntos IMECA y las PM_{10} con 46 puntos. El monóxido de carbono, el bióxido de nitrógeno y el bióxido de azufre presentaron valores inferiores.

Tabla 2.1. Porcentaje y número de días en que se rebasan las normas de calidad del aire en general y por contaminante para 14 ciudades del país durante 1997

Ciudades	General		Ozono			Partículas PM10			NO ₂			SO ₂			CO			PST							
	>=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.	>=100 puntos IMECA		valor máx.	Prom. anual		
	No.	%	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m ³	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m ³	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA
ZMVM	336	92.0	322	88.0	270	160	44.0	189	148	38	10.0	153	3	1.0	109	0.039	1	0.3	155	97	18.1 *	364	179		
ZMG	213	58.0	178	48.8	257	52	14.3	154	107	13	3.6	129	2	0.6	124	0.024	14	3.8	177						
ZMM	43	12.0	36	9.9	163	9	2.8	112	67	0	0.0	98	0	0.0	66	0.021	0	0.0	78						
ZMVT	30	8.2	24	6.6	147					0	0.0	83	0	0.0	46	0.018	0	0.0	71	7	18.9 *	169	168		
Cd. Juárez	31	8.0	7	2.0	132	11	18.0*	188	99								24	7.0	239						
Tijuana	3	1.2	2	0.8	116	3	3.8 *	112	70	0	0.0	83	0	0.0	75	0.010	0	0.0	76						
Mexicali	98	26.8	28	7.7	149	34	37.4 *	189	127	0	0.0	81	0	0.0	27	0.012	51	14.0	190						
Aguascalientes	0	0.0								0	0.0	59	0	0.0	29	0.005	0	0.0	75						
Cananea	44	28.8											44	28.8	194	0.107									
Coatzacoalcos	7	3.2	7	3.2	211					0	0.0	66					0	0.0	24						
Manzanillo	0	0.0				0	0.0 *	66	62	0	0.0	38	0	0.0	35	0.026				0	0.0 *	62	109		
Nacoziari	0	0.0											0	0.0	43	0.008									
Querétaro	0	0.0											0	0.0*	86	0.034				0	0.0 *	86	104		
San Luis Potosí	4	1.1											4	1.1	119	0.053				3	3.5 *	126	171		

* Porciento de muestreos

3. GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

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

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 totales, partículas menores de 10 micrómetros (PM10) y plomo, las cuales se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 3.1. Valores normados para los contaminantes

Contaminante	Valores límite		
	Exposición aguda		Exposición crónica
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	(Para protección de la salud de la población susceptible)
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (1 hora)	1 vez cada 3 años	-
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm (*)
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	-
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas)	1 vez al año	-
Partículas suspendidas totales (PST)	260 µg/m ³ (24 horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (*)
Partículas fracción respirable (PM10)	150 µg/m ³ (24 horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (*)
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m ³ (**)

(*) Promedio aritmético anual

(**) Promedio aritmético de 3 meses

Las normas de calidad del aire establecen los niveles máximos permisibles de concentración de contaminantes que garantizan la protección de la salud de la población en general y también de los grupos más susceptibles, para lo cual se incorpora un margen de seguridad. Las normas son de observancia para las autoridades estatales y municipales que tengan a su cargo el desarrollo y la aplicación de los planes y programas de política ambiental y en particular de calidad del aire. Cabe mencionar que las normas de calidad del aire mexicanas son similares a las de otros países, en particular a las de los Estados Unidos y Canadá.

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.

Tabla 3.2. Puntos de quiebre del IMECA

IMECA	PST µg/m ³ (24hr)	PM10 µg/m ³ (24hr)	SO ₂ ppm (24hr)	NO ₂ ppm (1hr)	CO ppm (8hr)	O ₃ 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

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, Querétaro, Aguascalientes, Tijuana y Ciudad Juárez, que tienen una población de alrededor de un millón de habitantes, y las ciudades de San Luis Potosí, Mexicali, Nacozari, Cananea, Manzanillo y Coahuila con una población de alrededor de medio millón de habitantes, pero que por el tipo de actividades urbanas e industriales que ahí se desarrollan impactan la calidad del aire. Además se incluye la información de las redes de monitoreo de las compañías Mexicana de Cananea, S.A. de C.V., Mexicana de Cobre, S.A. de C.V. e Industrial Minera México, S.A. de C.V., que por el tipo de actividad que realizan, sus emisiones influyen en la calidad del aire de esas regiones.

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 la Tabla 3.4 se muestra un desglose de la composición del parque vehicular en las Zonas Metropolitanas y ciudades consideradas, en ella se aprecia la preponderancia del automóvil particular sobre los otros tipos de vehículos, reflejándose esto en las emisiones contaminantes.

Tabla 3.3. Comparación de la población, parque vehicular, número de industrias y estaciones de monitoreo entre la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez, Qro, S.L.P., Aguascalientes, Tijuana, Mexicali, Nacoziari, Cananea, Manzanillo y Coatzacoalcos

	ZMVM	ZMG	ZMM	ZMVT	ZMCJ	Qro.	S.L.P.	Ags.	Tijuana	Mexicali	Nacoziari	Cananea	Manzanillo	Coatza
Población, millones de habitantes	15.4	3.1	2.6	1.0	1.0	1.2	0.7	0.86	0.95	0.5	0.02	0.03	0.09	0.5
Parque vehicular	2,720,000	638,442	644,819	224,844	366,739	121,032	140,130	150,246	306,657	238,379			15,115	57,620
Industria grande	1,750	240	660	103	135	301	114	71	114	32	1	2	2	17
Industria pequeña y mediana	33,250	8,260	8,840	2,263	243	1,068	1,886	ND	3,714	82	ND	1	9	61
No. de estaciones de monitoreo	32	8	5	7	6	6	11	1	6	6	6	6	3	1

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; Anuario Estadístico del Estado de Querétaro, 1996; Anuario Estadístico del Estado de San Luis Potosí, 1996; Cuaderno Estadístico Municipal Aguascalientes, 1994; Cuaderno Estadístico Municipal Tijuana, 1996; Anuario Estadístico del Estado de Baja California, 1997; Informe de Mexicana de Cobre, S.A. de C.V., de julio de 1998; Anuario Estadístico del Estado de Sonora, 1996; Anuario Estadístico del Estado de Colima, 1996; Anuario Estadístico del Estado de Veracruz, 1997.

ND: No determinado.

Tabla 3.4. Composición del parque vehicular en ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez, Qro, S.L.P.; Aguascalientes, Tijuana, Mexicali, Coatzacoalcos y Manzanillo

	ZMVM	(%)	ZMG	(%)	ZMM	(%)	ZMVT	(%)	ZMCJ	(%)	Qro.	(%)	S.L.P.	(%)	Ags.	(%)	Tijuana	(%)	Mexicali	(%)	Coatza	(%)	Manza	(%)
Autos part.	1,942,400	71.4	443,554	69.5	335,518	52.0	151,211	67.0	348,214	94.9	112,054	92.6	80,460	57.4	85,791	57.1	209,555	68.3	168,160	70.5	32,369	56.2	11,694	77.4
Pick-up	ND	ND	149,260	23.4	263,000	40.8	57,800	26.0	14,386	3.9	ND	ND	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	2,807	2.3	1,278	0.9	2,391	1.6	5,830	1.9	1,105	0.5	2,562	4.4	560	3.7
Pasajeros	51,300	1.9	5,989	0.9	7,819	1.2	3,709	1.6	2,603	0.7	3,397	2.8	827	0.6	1,095	0.7	886	0.3	1,060	0.4	453	0.8	175	1.1
De carga	480,600	17.7	28,433	4.4	21,000	3.3	721	0.3	494	0.1	620	0.5	46,314	33.1	54,974	36.6	89,420	29.2	67,103	28.2	21,276	36.9	28	0.2
Otros	99,900	3.6	ND	ND	ND	ND	1,258	0.6	ND	ND	2,154	1.8	11,251	8.0	5,995	4.0	966	0.3	951	0.4	960	1.7	2,658	17.6
Total	2,720,000	100	638,442	100	644,819	100	224,844	100	366,739	100	121,032	100	140,130	100	150,246	100	306,657	100	238,379	100	57,620	100	15,115	100

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; Anuario Estadístico del Estado de Querétaro, 1996; Anuario Estadístico del Estado de San Luis Potosí, 1996; Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito de Aguascalientes, 1994; Dirección General de Vialidad de Tijuana, 1994; Dirección General de Seguridad Pública y Tránsito de Mexicali, 1996; Anuario Estadístico del Estado de Veracruz; Anuario Estadístico del Estado de Colima, 1996.

ND: No determinado.

A continuación se presenta la información disponible de los inventarios agregados de emisiones para las primeras 5 ciudades de este informe y en el Anexo A se incluyen los inventarios desagregados correspondientes.

Tabla 3.5. Inventario de emisiones de la ZMVM, 1996
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	PM10		SO ₂		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
Total	31,854	100.0	24,414	100.0	2,414,907	100.0	121,459	100.0	579,043	100.0	3,171,677	100.0

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

	Partículas		SO ₂		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	0.01	118	1.5	729	0.1	218	0.5	57,248	39.8	58,353	4
Transporte	5,845	1.9	2,461	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
Total	301,784	100.0	8,085	100.0	898,042	100.0	37,186	100.0	143,835	100.0	1,388,932	100.0

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.

Tabla 3.7. Inventario de emisiones de la ZMM, 1995
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		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
Total	815,628	100.0	30,466	100.0	907,762	100.0	53,275	100.0	125,375	100.0	1,932,506	100.0

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.

Tabla 3.8. Inventario de emisiones de la ZMVT, 1996
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		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	318,531	68
Suelos	119,711	97.0									119,711	25
Total	123,375	100.0	10,522	100.0	268,742	100.0	21,389	100.0	46,481	100.0	470,509	100.0

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 3.9. Inventario de emisiones en Cd. Juárez, 1996
(ton/año y porcentaje en peso por contaminante)

	Partículas		SO ₂		CO		NO _x		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
Total	46,607	100.0	4,146	100.0	452,760	100.0	26,115	100.0	76,132	100.0	605,760	100.0

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.

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 Monterrey con casi 2 millones, Guadalajara con 1.4 millones, Cd. Juárez con un poco más de 600 mil y Toluca con casi medio millón de toneladas anuales. En términos relativos la participación de la industria y los servicios en la ZMVM es de 10% de las emisiones, en Monterrey y Toluca es de 7%, en Guadalajara y Cd. Juárez de 5%. La contribución del sector transporte es en Cd. Juárez de casi el 90%, en la ciudad de México del 85%, en Guadalajara del 75%, en Toluca del 70% y en Monterrey del 50%.

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, dependiendo de sus procesos urbano-industriales. Así mismo, con base en los inventarios detallados de la Ciudad de México, Guadalajara, Monterrey, Toluca y Ciudad Juárez, 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.

Por otro lado, es importante hacer notar la importancia creciente de la producción manufacturera, de electricidad y minera, de las ciudades medias a la productividad del país, ello principalmente por la contribución de industrias intermedias, así como

por el crecimiento de inversiones del sector público en la producción. Esto conlleva a una desigual distribución geográfica de la industria y a la dispar presencia de los tipos de la misma en cada región, por lo cual los efectos ambientales difieren sustancialmente, llevándonos a considerar tanto la producción total de contaminantes así como su intensidad, es decir la proporción que guardan con el valor de la producción y la calidad de vida de la población.

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 ZMVM opera a partir de 1986. Actualmente consta de una red manual y una automática. La red manual está integrada por 19 estaciones para la medición de partículas suspendidas totales (PST) y partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y formaldehído. En los filtros se determina así mismo, nitratos, sulfatos, plomo y otros metales pesados; en este informe sólo se incluyen datos de plomo. Los muestreos se realizan cada 6 días durante un periodo de 24 horas. La Red Automática consta de 32 estaciones de monitoreo atmosférico, 10 estaciones micrometeorológicas, una torre meteorológica, un radar acústico y una ecosonda. En ella se miden los contaminantes criterio de manera continua. Las dos redes son operadas por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación del Gobierno del Distrito Federal.

Figura 4.1. Distribución de la red automática de monitoreo de la ZMVM

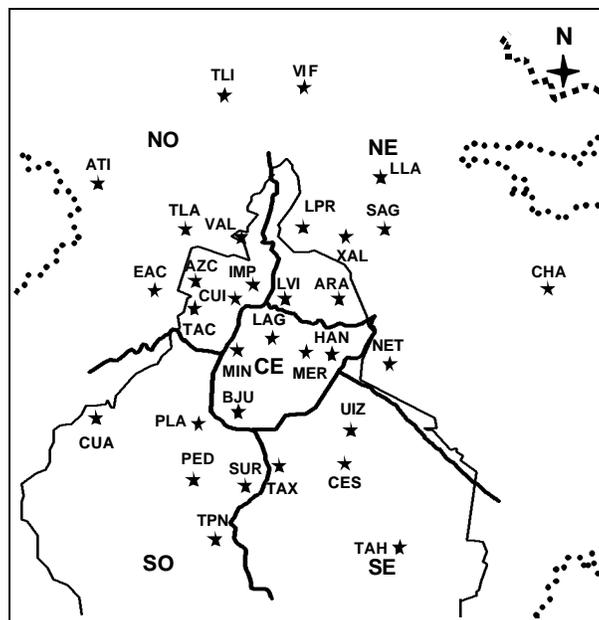


Tabla 4.1. Estaciones de la Red Automática de Monitoreo y parámetros que se miden

Zona	Estación	Clave	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	NOx	PM10
Noroeste	Vallejo	VAL		X	X			
Noroeste	Tacuba	TAC	X	X	X	X	X	
Noroeste	ENEP-Acatlán	EAC	X	X	X	X	X	
Noroeste	Azcapotzalco	AZC	X	X	X	X	X	
Noroeste	Tlalnepantla	TLA	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	
Noreste	Xalostoc	XAL	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
Centro	Hangares	HAN	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
Suroeste	Plateros	PLA	X	X	X	X	X	
Suroeste	Cuajimalpa	CUA	X					
Suroeste	Tlalpan	TPN						
Sureste	C. de la Estrella	CES	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

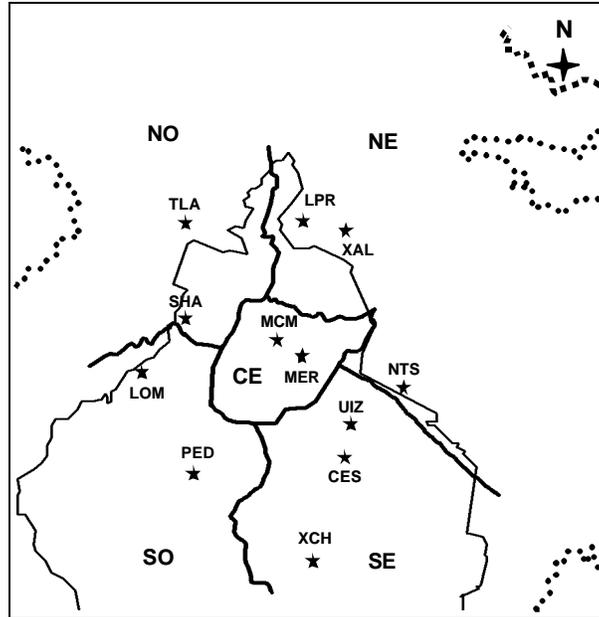
Tabla 4.2. Estaciones de la Red Manual de Monitoreo y parámetros que se miden

Zona	Estación	Clave	PST	PM10	Pb	MP *	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	FOR **
Noroeste	S. Hacienda	SHA	X						
Noroeste	Tlalnepantla	TLA	X	X		X	X	X	X
Noreste	La Presa	LPR	X						
Noreste	Nezahualcoyotl Sur	NTS	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	Felipe Angeles	FAN	X		X				
Suroeste	Lomas	LOM	X						
Suroeste	Pedregal	PED	X	X	X	X	X	X	X
Sureste	Xochimilco	XCH	X						
Sureste	C. de la Estrella	CES	X	X	X				
Sureste	UAM-Iztapalapa	UIZ	X						

* Metales Pesados.

** Formaldehído.

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



Evolución de la calidad del aire

La información generada para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo de la ZMVM se valida cada hora de los 365 días del año por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación, por lo que para la preparación de este informe no se hizo ninguna validación adicional.

El análisis del porcentaje de días en que se rebasaron las normas de calidad del aire para los contaminantes criterio durante 1997 indica que el contaminante que más veces excedió la norma fue el ozono, en al menos el 70% de los días de todos los meses del año, con una mayor frecuencia en marzo, mayo, junio, julio, agosto y noviembre, superior al 90% de los días. Por su parte, las partículas finas también muestran una alta frecuencia de excedencias a la norma, mayor al 50% de los días, en los meses de enero, febrero, marzo, julio, agosto y noviembre; 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 bióxido de nitrógeno, éste rebasó la norma en 8 de los meses del año con cerca del 30% de los días de enero, en tanto que para febrero, agosto, septiembre y diciembre este valor fue menor al 20%. En el caso del monóxido de carbono, únicamente se excedió la norma en el mes de septiembre en un 3% de los días y para el bióxido de azufre se rebasó la norma en el 10% de los días de diciembre (ver Figura 4.3).

Con objeto de observar las tendencias generales de la contaminación atmosférica en la Zona Metropolitana del Valle de México, en la Figura 4.4 se muestra el valor máximo diario del IMECA durante 1997. Cabe mencionar que los picos de 200 puntos IMECA y superiores siguen presentándose de manera frecuente.

Figura 4.3. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma por contaminante y por mes en la ZMVM durante 1997

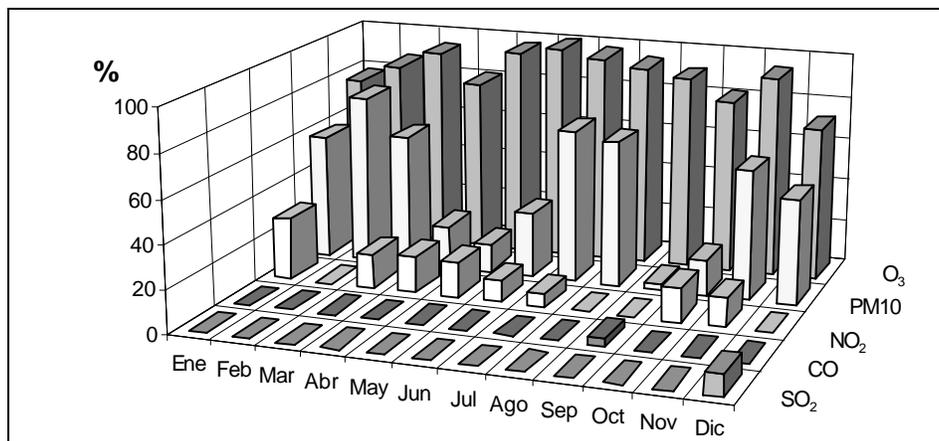
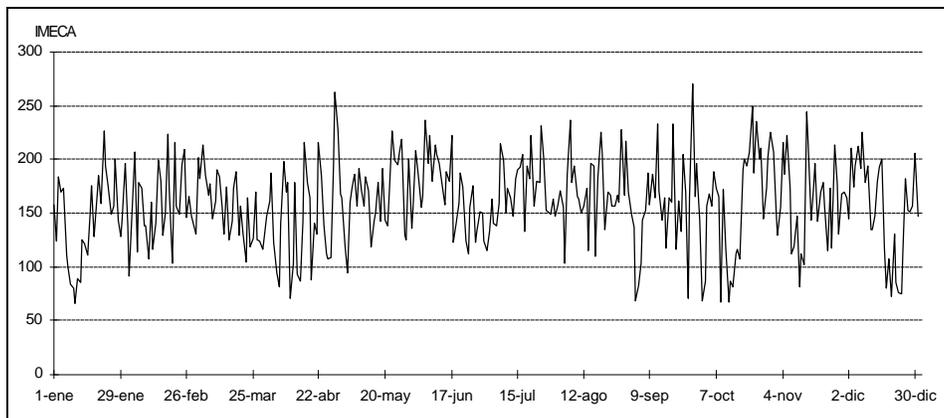


Figura 4.4. IMECA máximo diario en la ZMVM durante enero-diciembre 1997



La Figura 4.5 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 últimos 5 años. En ella se puede apreciar que el problema de contaminación del aire es generalizado para toda la Zona Metropolitana del Valle de México y que no han habido variaciones sensibles en los últimos años en la distribución espacial de la contaminación y en los porcentajes en que es rebasada alguna de las normas de calidad del aire.

Figura 4.5. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire por zona y por año en la ZMVM

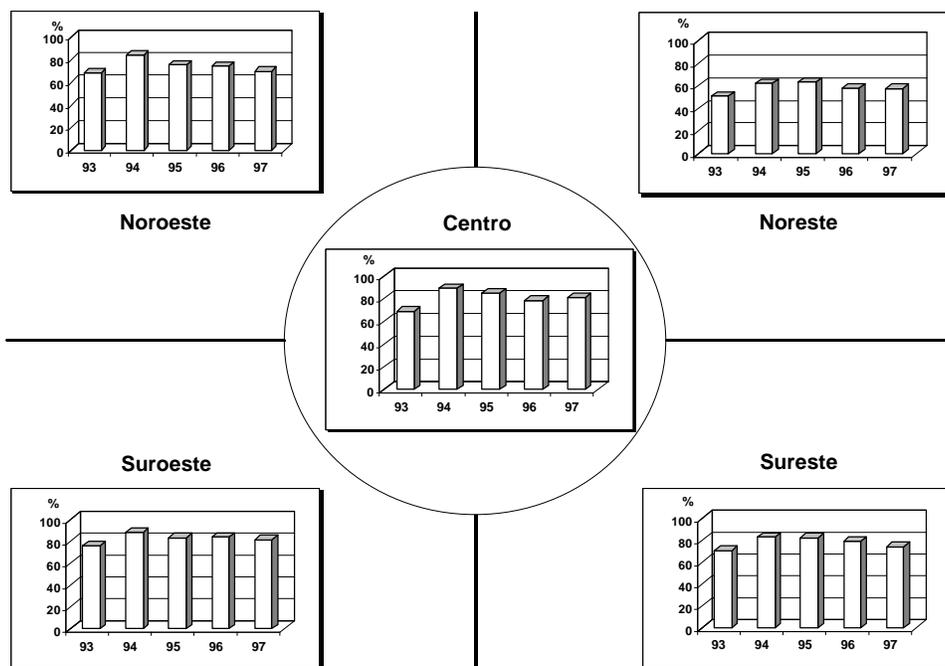


Tabla 4.3. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA en la ZMVM durante 1988-1997

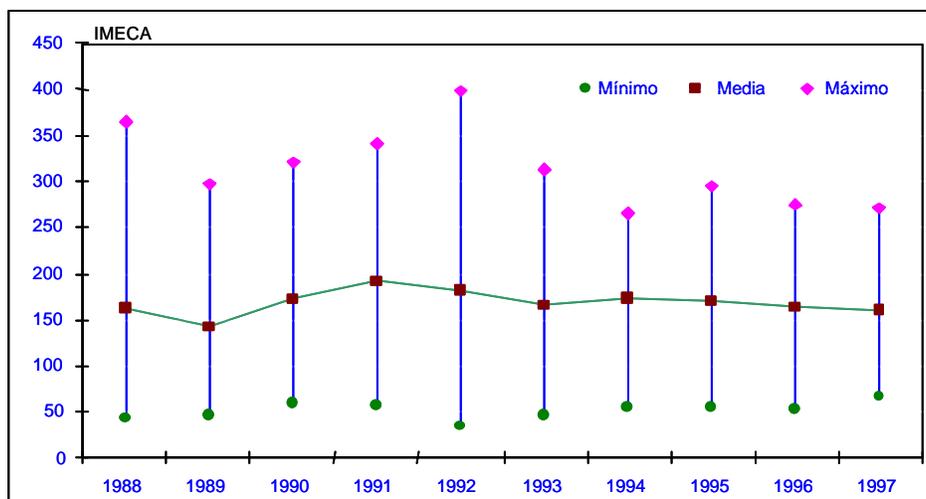
Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300	
	%	No.								
1988	90	330	64	232	19	69	3	11	0.3	1
1989	91	332	37	136	4	15	1	3	0.0	0
1990	93	341	64	235	26	94	8	28	1.1	4
1991	96	351	78	284	44	162	15	56	1.9	7
1992	92	335	72	264	34	125	11	39	3.3	12
1993	89	324	66	240	23	85	4	14	0.3	1
1994	95	346	72	263	28	101	1	4	0	0
1995	89	325	72	263	26	94	2	7	0	0
1996	91	333	65	238	19	71	1	5	0	0
1997	92	336	62	225	15	55	1	3	0	0

Como complemento a la información anterior, en la Tabla 4.3 se muestra el porcentaje y número de días en que se rebasaron diferentes niveles IMECA en la ZMVM. Para 1997 se aprecia un ligero incremento en el número de días en que se rebasó el valor de 100 puntos IMECA con respecto al año pasado, pasando de 333 a 336 días (92% de los días del año); en los niveles de 150 y 200

puntos IMECA se tuvo una disminución para 1997, pasando este último del 19% al 15% de los días; en tanto que el número de días con valores superiores a los 250 puntos IMECA disminuyó de 5 a 3, respecto a 1996. Finalmente destaca el hecho de que por cuarto año consecutivo no se registraron valores iguales o mayores a los 300 puntos IMECA para todos los contaminantes.

En la Figura 4.6 se observa la evolución de la media de la distribución de los máximos diarios del IMECA de 1988 a 1997. Como se aprecia en la curva, a partir de 1994 la media tiende a disminuir, acercándose 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 170 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 no se deba a algún efecto climático sobre la información.

Figura 4.6. Media de los máximos diarios del IMECA en la ZMVM durante 1988-1997



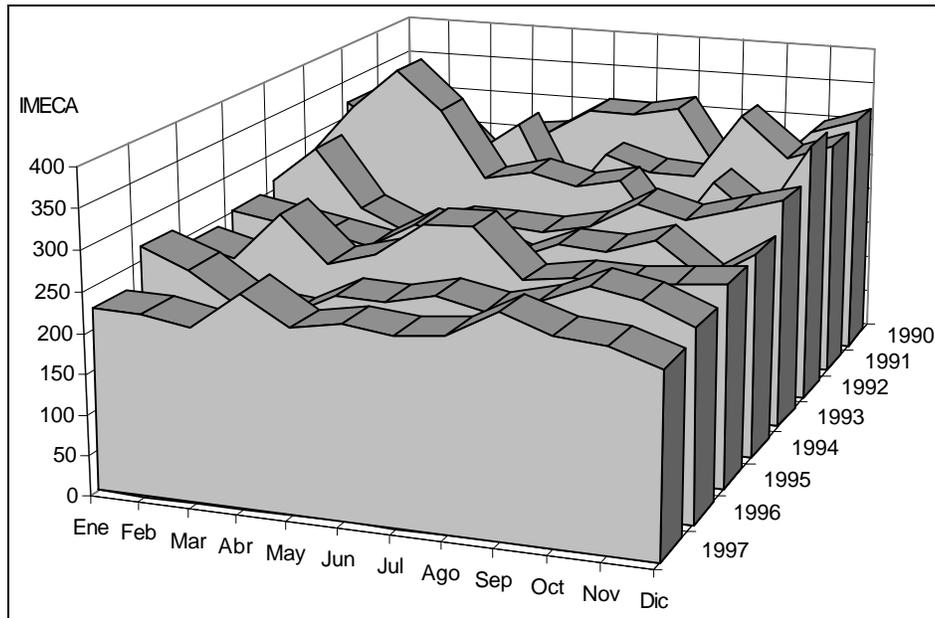
Efectuando el mismo análisis para el ozono, la tabla siguiente muestra que el número de días con IMECA superior a la norma fue prácticamente igual al del año anterior, ya que pasó del 89% (327 días) en 1996 a 88% (322 días) en 1997. Cabe hacer notar que las excedencias a los 200 puntos IMECA fueron de un 15% (55 días), 16 días menos que el año anterior y que el nivel de los 250 puntos IMECA se presentó en 3 días.

Tabla 4.4. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200, 250 y 300 puntos IMECA de ozono en la ZMVM durante 1988-1997

Año	≥100		≥150		≥200		≥250		≥300	
	%	No.								
1988	90	330	64	232	19	69	3	11	0.3	1
1989	91	331	37	136	4	15	1	3	0.0	0
1990	93	338	64	235	26	94	8	28	1.1	4
1991	96	350	78	284	44	162	15	56	1.9	7
1992	90	329	72	264	34	125	11	39	3.3	12
1993	89	324	66	240	23	85	4	14	0.3	1
1994	95	346	72	263	27	100	1	4	0.0	0
1995	89	325	72	263	26	94	2	7	0.0	0
1996	89	327	64	235	19	71	1	5	0.0	0
1997	88	322	60	219	15	55	1	3	0.0	0

Al comparar las tablas 4.3 y 4.4 se observa que es el ozono quien en términos generales condiciona actualmente 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.

Figura 4.7. IMECA máximo mensual de Ozono en la ZMVM



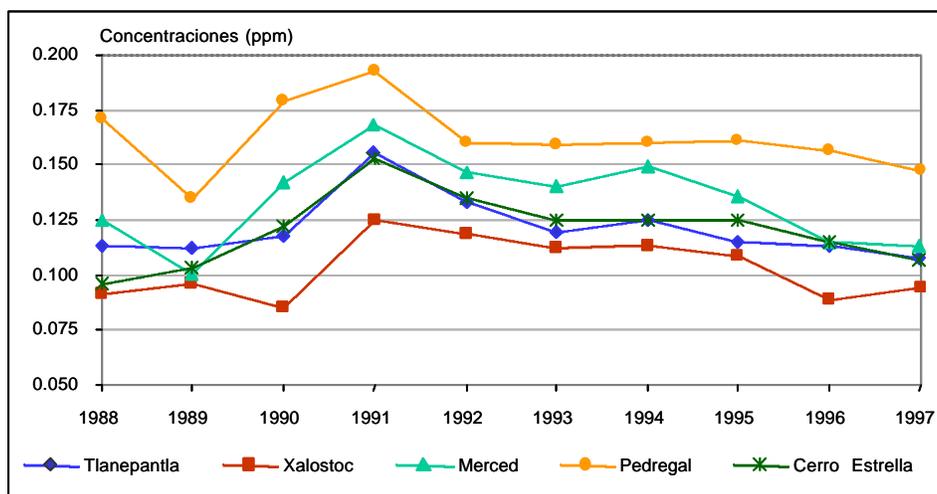
La Figura 4.7 muestra el comportamiento histórico de los valores IMECA máximos mensuales para ozono de enero a diciembre de 1990 a 1997. De manera general se aprecia un comportamiento similar al del año anterior, así como el hecho de que los máximos mensuales siguen estando por encima de los 200 puntos IMECA.

En la Tabla 4.5 y Figura 4.8 se presenta el promedio anual de las concentraciones máximas diarias de ozono en cinco de las estaciones de la red de monitoreo (Tlalnepantla, Merced, Cerro de la Estrella y Xalostoc). Se observa que el valor promedio anual en 1997, es ligeramente menor al reportado en el año anterior en todas las estaciones, excepto en Xalostoc, donde el valor se incrementó pasando de 0.089 a 0.095 ppm. Lo anterior es indicativo de que las acciones emprendidas para el control de los precursores de ozono siguen teniendo un efecto positivo en todo el Valle. 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 en las cinco estaciones se ha mantenido una tendencia decreciente, a partir de 1994.

Tabla 4.5. Promedio anual de máximos diarios de ozono en 5 estaciones de la RAMA (concentración ppm)

	Tlalnepantla	Xalostoc	Merced	Pedregal	C. Estrella
1988	0.113	0.092	0.125	0.171	0.096
1989	0.112	0.096	0.101	0.135	0.103
1990	0.118	0.085	0.142	0.179	0.122
1991	0.156	0.125	0.168	0.193	0.153
1992	0.133	0.119	0.147	0.160	0.135
1993	0.120	0.112	0.140	0.159	0.125
1994	0.125	0.113	0.149	0.160	0.125
1995	0.115	0.109	0.136	0.161	0.125
1996	0.113	0.089	0.115	0.157	0.115
1997	0.108	0.095	0.113	0.148	0.107

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



En la Figura 4.9 se aprecia que durante 1997 el valor máximo mensual del IMECA del monóxido de carbono fue de 155 en el mes de septiembre y en los otros meses fue inferior a los 100 puntos. Este contaminante rebasó la norma de calidad del aire únicamente durante un día en 1997.

Figura 4.9. IMECA máximo mensual de monóxido de carbono en la ZMVM

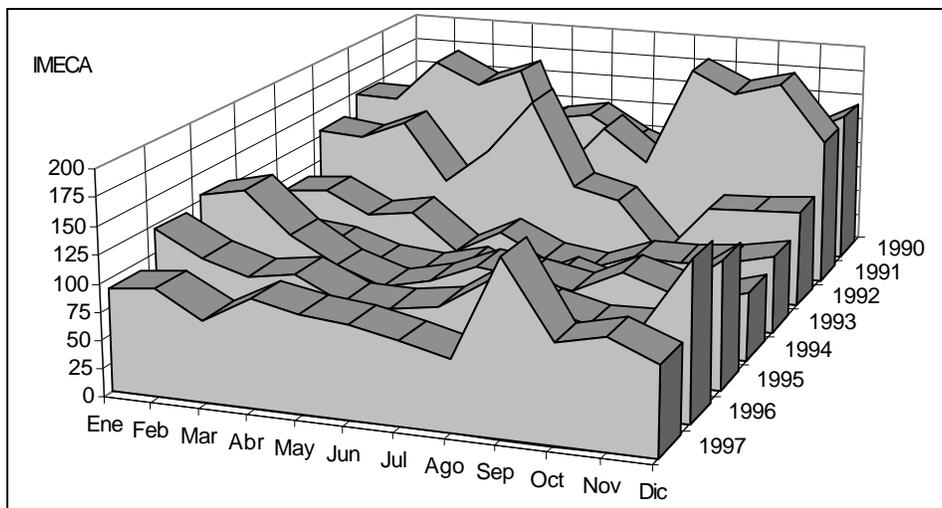
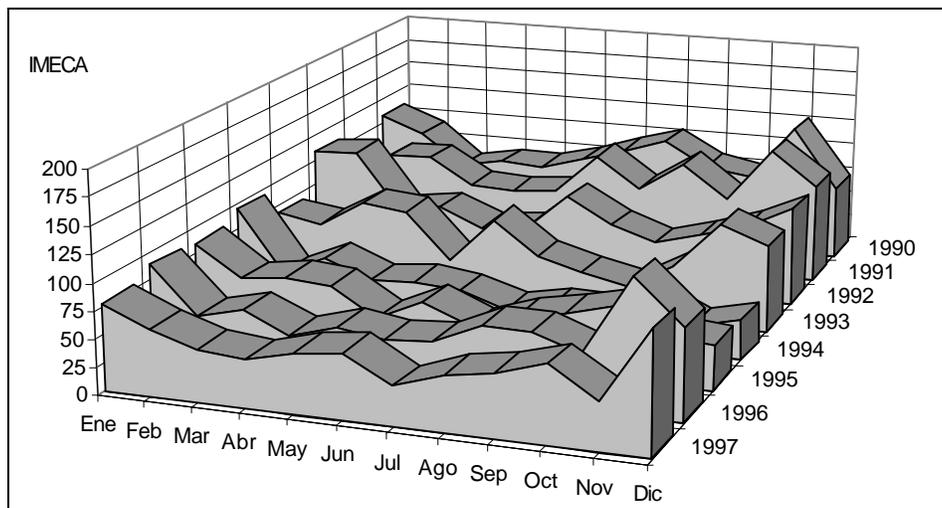


Figura 4.10. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en la ZMVM



En la Figura 4.10 se observa que durante 1997 los máximos mensuales de bióxido de azufre estuvieron por debajo de la norma durante 11 de los 12 meses del año, ya que en diciembre se alcanzaron 109 puntos IMECA. El bióxido de azufre

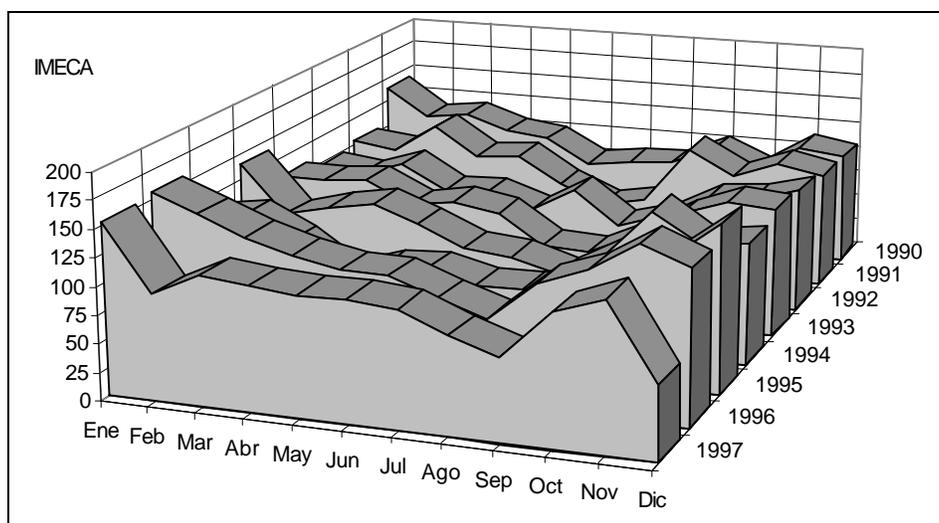
rebasó en 1997 su norma en 3 días. Este contaminante presentó durante este año un ligero comportamiento estacional, registrando los valores más elevados en la época fría del año.

A continuación se observan los promedios anuales de SO₂ en la ZMVM de 1988 a 1997. Se aprecia que el comportamiento anual a través de los años representados es variable, ya que de 1988 a 1991 fue mayor a 0.070 ppm (más de dos veces el valor de la norma anual); entre 1992 y 1994 el promedio disminuyó principalmente, debido 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 2% de azufre, además de la introducción del Diesel Sin, con un contenido máximo de azufre de 0.05%. De 1995 a 1997 se ha mantenido en casi 0.040 ppm, valor superior a la norma anual que es de 0.030 ppm.

Tabla 4.6. Promedio anual de las concentraciones de SO₂ en la ZMVM

Año	SO ₂ (ppm)
1988	0.078
1989	0.071
1990	0.070
1991	0.076
1992	0.062
1993	0.038
1994	0.029
1995	0.039
1996	0.039
1997	0.039

Figura 4.11. IMECA máximo mensual de NO₂ en la ZMVM



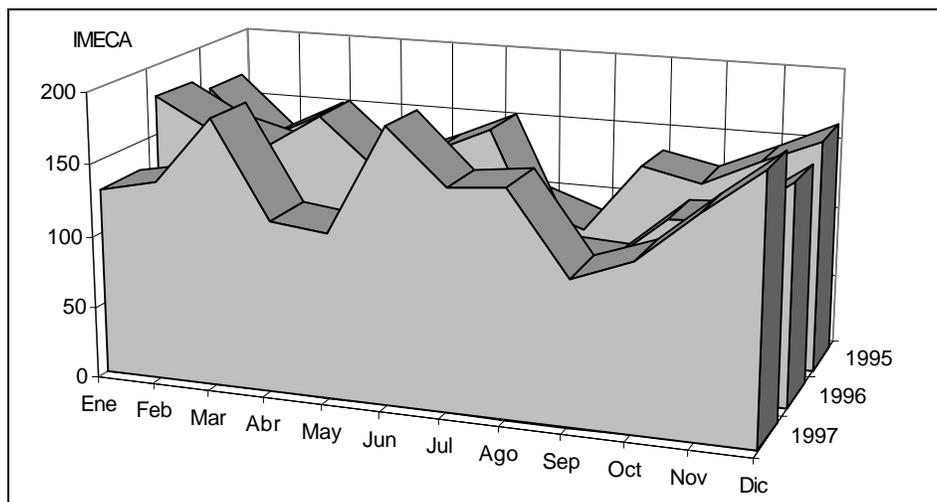
En la Figura 4.11 se puede apreciar que durante 1997 los máximos mensuales de NO₂ estuvieron por arriba de la norma en 8 de los 12 meses, frecuencia inferior a la del año anterior que fue en 10 de los 12 meses. Los registros más elevados son del orden de 120 a 160 puntos IMECA y se presentaron en la época más fría del año, en particular en los meses de enero, octubre y noviembre. En 1997 la norma de este contaminante se rebasó en 38 días (10% de los días del año).

Con el objeto de seguir la tendencia histórica de las PST, la Tabla 4.7 muestra el porcentaje de muestreos fuera de norma obtenidos de la red manual hasta 1997. Aquí se puede observar que hubo un incremento de un 4% en el porcentaje de muestreos fuera de norma con respecto a 1996, porcentaje que se situó en 18% en 1997 y que además ha sido el más alto en los últimos cinco años.

Tabla 4.7. Porcentaje de muestreos fuera de norma para PST en la ZMVM, Red Manual

Año	PST (Porcentaje)
1988	39.8
1989	29.9
1990	45.1
1991	61.5
1992	46.9
1993	16.1
1994	13.2
1995	15.6
1996	14.1
1997	18.1

Figura 4.12. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMVM durante 1995-1997



En la Figura 4.12 se muestra el máximo mensual de los valores IMECA de las partículas menores a 10 micrómetros de 1995 a 1997; durante este último año se

aprecia que este contaminante presenta un comportamiento variable, y no estacional como se pudiera esperar si las partículas provinieran únicamente de los suelos y se les pudiera asociar con períodos secos. Las PM10 registraron durante todos los meses del año valores máximos superiores a los 100 puntos IMECA, y alcanzaron incluso valores cercanos a los 200 puntos IMECA en los meses de marzo, junio y diciembre con 185, 189 y 182 puntos, respectivamente.

Complementando la información anterior, en la tabla siguiente se puede apreciar que durante 1997 el número de excedencias a la norma fue de 160 días (44% de los días del año) y no se presentaron eventos de más de 200 puntos IMECA.

Tabla 4.8. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PM10 en la ZMVM

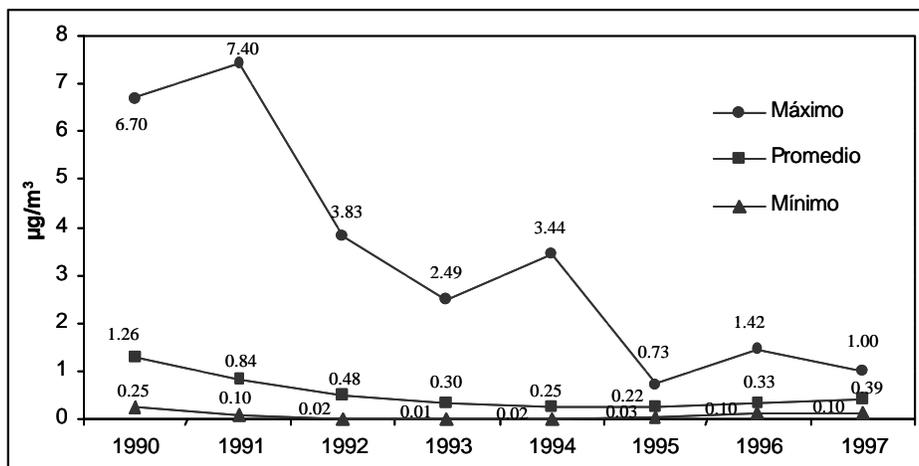
Año	≥100		≥150		≥200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1995	27	100	1	4	0	0
1996	50	182	6	21	0	0
1997	44	160	4	16	0	0

En la tabla siguiente se presentan los promedios anuales de PM10 en la Ciudad de México de 1995 a 1997. Se puede observar que estos rebasan el valor de la norma anual establecida de 50 µg/m³ promedio aritmético, entre 2 y 3 veces.

Tabla 4.9. Promedio anual de concentraciones de PM10

Año	PM10 (µg/m ³)
1995	135
1996	150
1997	148

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



Por último, 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 constantes. Durante 1997 el promedio anual registrado fue de $0.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con valores máximos de hasta $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, inferior al valor normado para este contaminante que es de $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio aritmético en 3 meses.

Conclusiones

- Durante 1997, en la ZMVM se rebasó al menos una de las normas calidad del aire en el 92% de los días (336 días), presentándose 55 eventos (15% de los días del año) de más de 200 puntos IMECA. El valor de 250 (con el cual se decretó la fase I del Plan de Contingencias Ambientales hasta 1997) se alcanzó en tres ocasiones. Por cuarto 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% (322 días del año) y en el 15% de los días los niveles fueron superiores a los 200 puntos IMECA.
- En cuanto a las partículas menores a 10 micrómetros (PM10), durante 1997 el número de excedencias a la norma fue de 160 (44% de los días) y no se presentaron eventos de más de 200 puntos IMECA. El promedio anual para este contaminante fue superior al valor de la norma establecida en casi 3 veces.
- Los registros de excedencias para el bióxido de nitrógeno durante 1997 fueron de 38 días (10% de los días), el valor más elevado fue de 153 puntos IMECA.
- Los registros de bióxido de azufre estuvieron por debajo de los 80 puntos IMECA en todos los meses del año, con excepción del mes de diciembre en el cual durante 3 días se rebasó la norma y se presentó un valor máximo de 109 puntos IMECA. El promedio anual durante 1997 fue de 0.039 ppm, 30 por ciento superior al valor de la norma establecida.
- El monóxido de carbono, rebasó la norma únicamente 1 día al año, con un valor máximo de 155 puntos IMECA.
- El plomo cumple con la norma de calidad del aire desde 1995 y durante este año la concentración promedio fue de $0.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

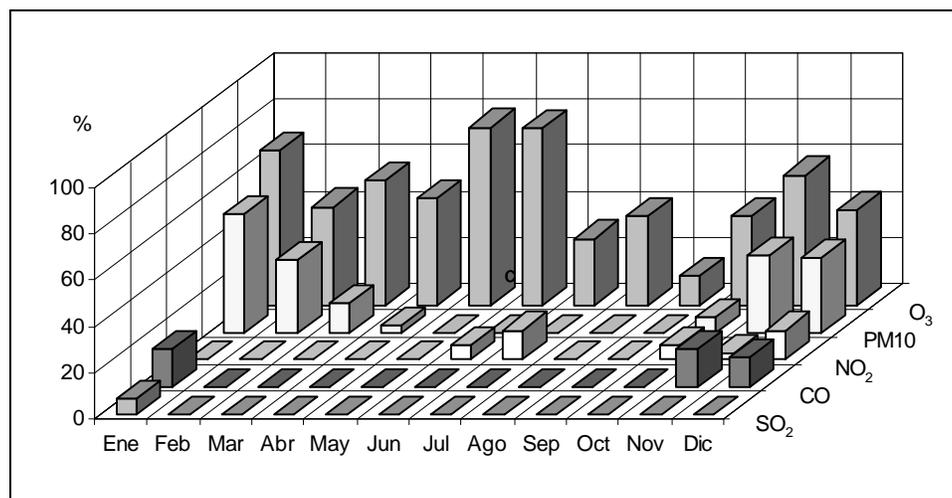
La red tuvo problemas de operación durante algunos meses en 1995 para los cuales no existe suficiente información. A continuación se presentan una serie de gráficas y tablas que nos permiten evaluar el comportamiento de la calidad del aire hasta 1997.

Evolución de la calidad del aire

Los datos de la calidad del aire que a continuación se presentan fueron validados por la Comisión Estatal de Ecología, encargada del monitoreo en la zona, por lo que no se hizo ninguna validación adicional por parte del INE.

La Figura 5.2 muestra el porcentaje de días por mes en que se rebasaron las normas de calidad del aire para los contaminantes criterio medidos durante 1997. Se observa que el contaminante que más veces excedió la norma fue el ozono, alcanzando valores ligeramente superiores al 75% de los días en los meses de mayo y junio, en tanto que en el resto del año las frecuencias de excedencia fueron menores a este valor. Las partículas suspendidas PM10 presentaron excedencias a la norma de casi el 35% de los días en 3 de los meses y en enero registraron excedencias en un 52% de los días. La norma para bióxido de nitrógeno se rebasó en 5 meses, en todos ellos con una frecuencia menor al 15% de los días. El monóxido de carbono rebasó la norma en los meses invernales (enero, noviembre y diciembre), con una frecuencia inferior al 20% de los días. Finalmente, el bióxido de azufre excedió la norma el 6% de los días de enero.

Figura 5.2. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma por contaminante y por mes durante 1997 en la ZMG



La Figura 5.3 muestra las tendencias generales de la contaminación del aire en la ZMG en 1997. En general se puede decir que los máximos diarios mayores a los

150 puntos IMECA se presentaron de manera frecuente durante el último año, y en menor medida los valores superiores a los 200 puntos.

Figura 5.3. IMECA máximo diario en la ZMG durante 1997

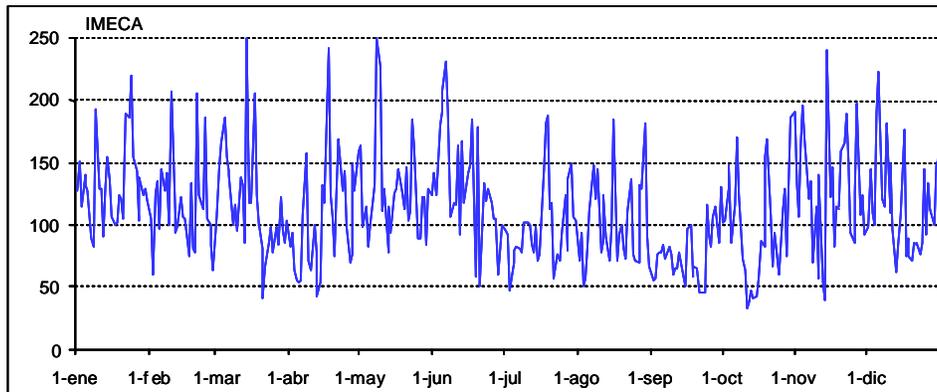
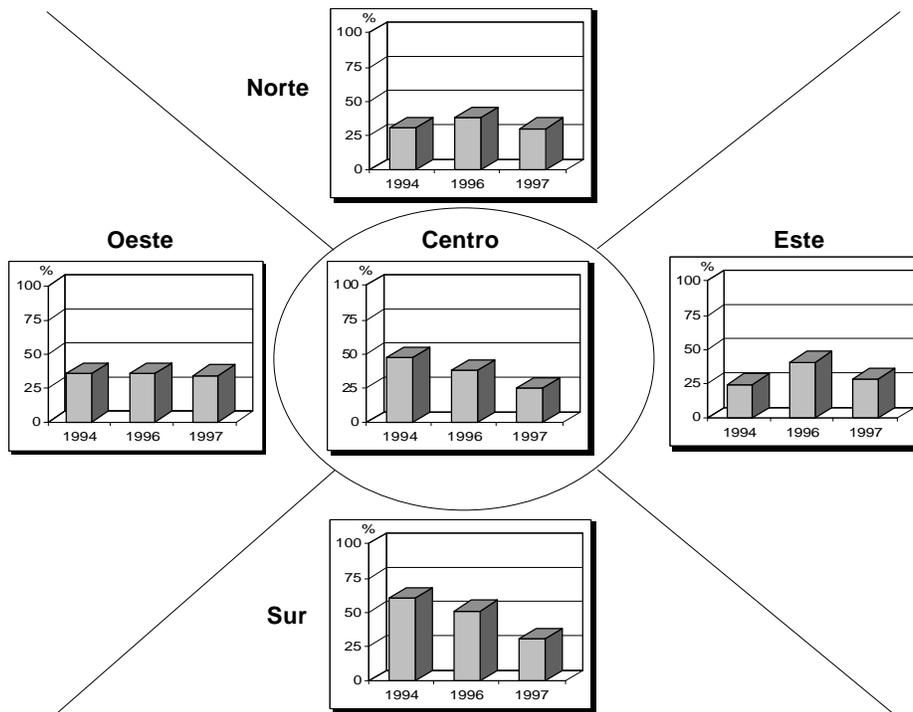


Figura 5.4. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire por zona y por año en la ZMG



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 Guadalajara, durante el periodo 1994 a 1997. Durante este último año se puede observar que en todas las zonas se presentó un comportamiento similar de días fuera de norma del 25 al 35%.

En la Tabla 5.2 se muestra el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en la ZMG, durante los años 1994, 1996 y 1997. Se puede apreciar una disminución en la frecuencia con que fueron rebasados los diferentes intervalos del IMECA en 1997 en comparación con el año anterior, presentándose 12 días con niveles superiores a los 200 puntos y dos días por arriba de los 250 puntos IMECA; el número de días por arriba de la norma fue de 213 (58% de los días).

Tabla 5.2. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en la ZMG durante 1994-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250	
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.
1994	75	270	38	135	3%	9	0	0
1996	70	256	26	94	6%	23	0.8	3
1997	58	213	16	57	3%	12	0.5	2

Con la aplicación 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 las normas en 1996 a un 30% en el año 2001. Como se mencionó, en 1997 la frecuencia fue del 58%, acercándose a la meta prevista, sin embargo esta tendencia será verificada en los próximos años para descartar algún efecto climático anual en la información.

Para el ozono se hizo un análisis similar y los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla. En ella se puede apreciar que durante 1997 se presentaron 178 días por arriba de los 100 puntos IMECA, que equivale a un 49% de los días del año, frecuencia menor a la registrada en años anteriores. En el caso de los 200 puntos IMECA se registraron 12 días por arriba de este nivel y para los 250 puntos IMECA, 2 días.

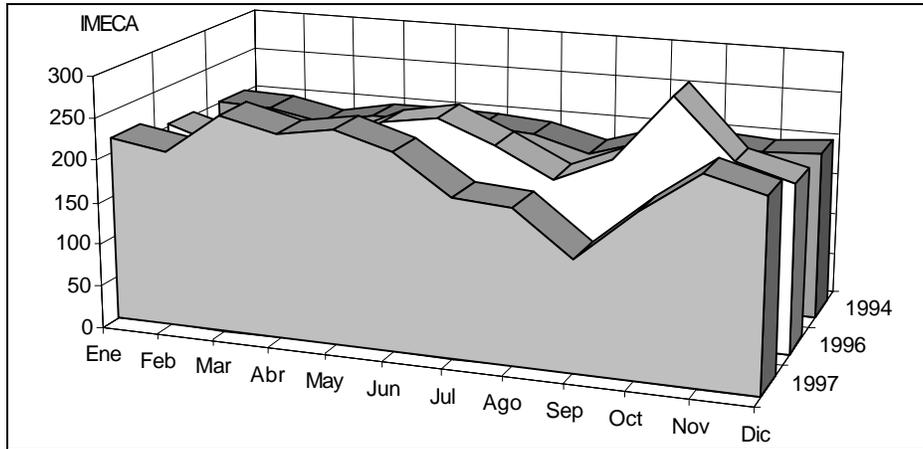
Tabla 5.3. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA para ozono en la ZMG durante 1994-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250	
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.
1994	64	230	29	103	3	9	0	0
1996	58	212	24	88	6	23	0.8	3
1997	49	178	15	53	3	12	0.5	2

En la Figura 5.5 se representa el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono de enero a diciembre de 1994, 1996 y 1997, apreciándose

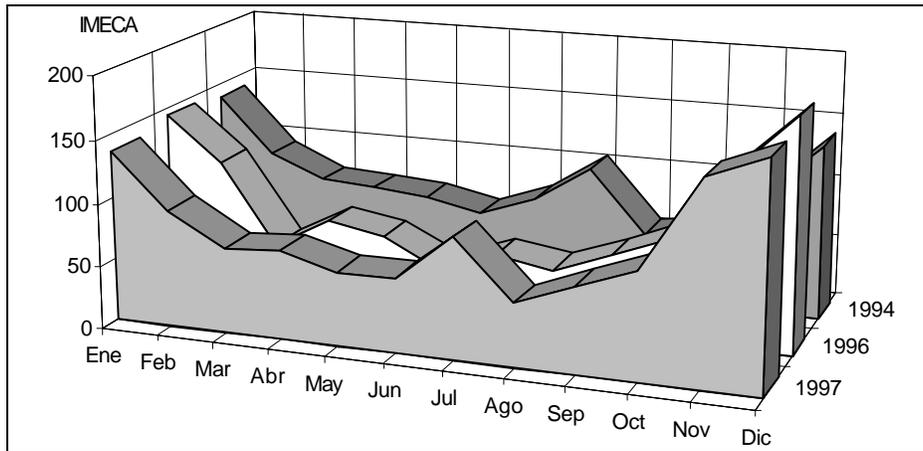
que en este último siguen siendo elevados, tal como lo muestra el hecho de que en 8 meses del año se alcanzaron registros superiores a los 200 IMECA, ocurriendo el valor mensual más elevado en el mes de marzo con 257 puntos.

Figura 5.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMG durante 1994-1997



La Figura 5.6 muestra el comportamiento del monóxido de carbono para el periodo 1994-1997. En ella se aprecia que en 1997 los valores máximos mensuales más elevados de este contaminante se presentaron, al igual que en los años anteriores, en los meses invernales. Su norma se rebasó en 14 días (4%) durante 1997.

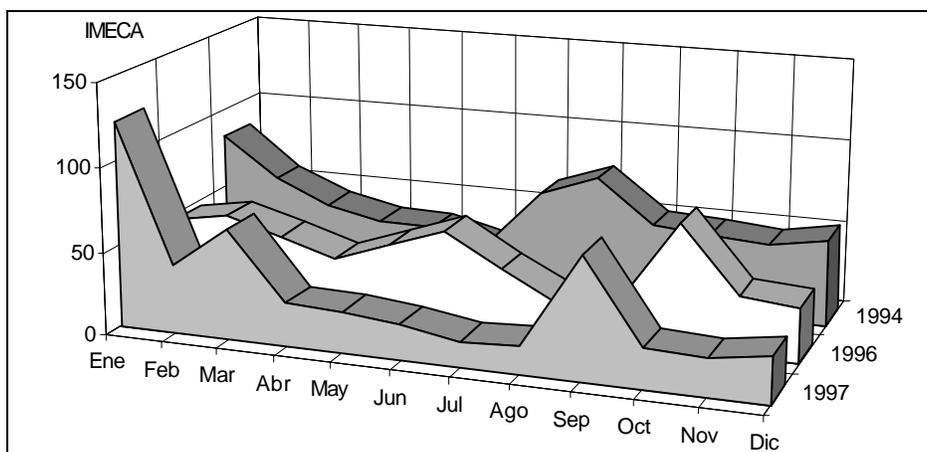
Figura 5.6. IMECA máximo mensual de CO en la ZMG durante 1994-1997



En la Figura 5.7 se ilustra el comportamiento de los valores máximos mensuales de bióxido de azufre durante los años 1994, 1996 y 1997. Destaca el hecho de que aunque no se aprecia un patrón definido de comportamiento, los valores registrados siempre son inferiores a la norma, excepto en enero de 1997, donde

se puede apreciar que el máximo alcanzó los 124 puntos IMECA; en los demás meses del año, por lo general se registraron valores inferiores a los 50 puntos IMECA. En 1997 la norma de bióxido de azufre se rebasó en 2 días.

Figura 5.7. IMECA máximo mensual de SO₂ en la ZMG durante 1994-1997



A continuación se presentan los promedios anuales de SO₂ en la ZMG, en el periodo 1994-1997. Se aprecia que estos valores han venido disminuyendo a través del tiempo, ya que durante 1997 el valor fue de 0.024 ppm, que comparado con la norma anual de 0.030 ppm promedio aritmético, es menor.

Tabla 5.4. Promedio anual de SO₂ en la ZMG durante 1994, 1996 y 1997

Año	SO ₂ (ppm)
1994	0.039
1996	0.027
1997	0.024

Como se puede apreciar en la Figura 5.8 el comportamiento del bióxido de nitrógeno no varió significativamente en 1997, respecto a los años anteriores. Los máximos mensuales excedieron la norma en los meses de junio, julio, octubre, noviembre y diciembre, registrando el valor máximo en octubre con 129 puntos. En 1997 la norma de este contaminante se rebasó en 13 días (4% de los días del año).

Los valores máximos mensuales de las partículas suspendidas PM10 (Figura 5.9) presentaron un comportamiento estacional en 1997, con niveles máximos mensuales cercanos a los 155 puntos IMECA en enero, marzo y diciembre. En el resto del año las concentraciones máximas oscilaron entre 70 y 130 puntos IMECA, siendo los registros más bajos los de julio, agosto y septiembre, coincidiendo ello con la época de lluvias.

Figura 5.8. IMECA máximo mensual de NO₂ en la ZMG durante 1994-1997

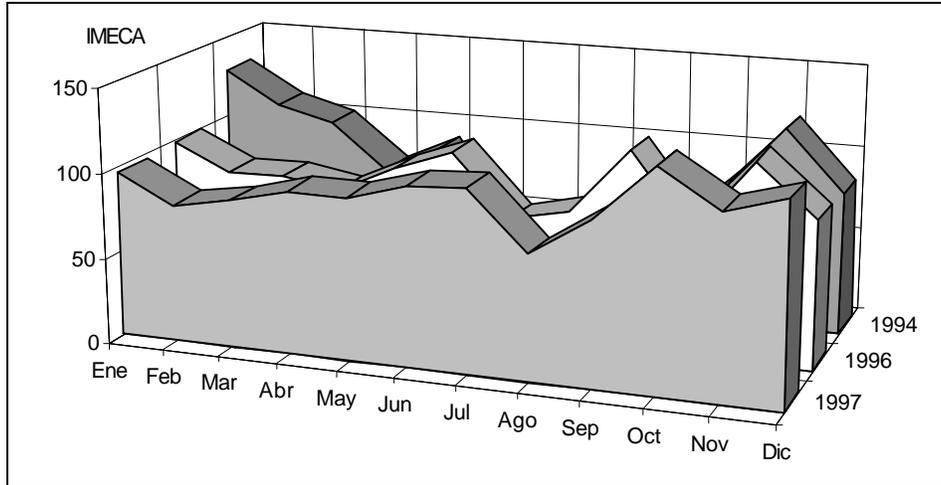
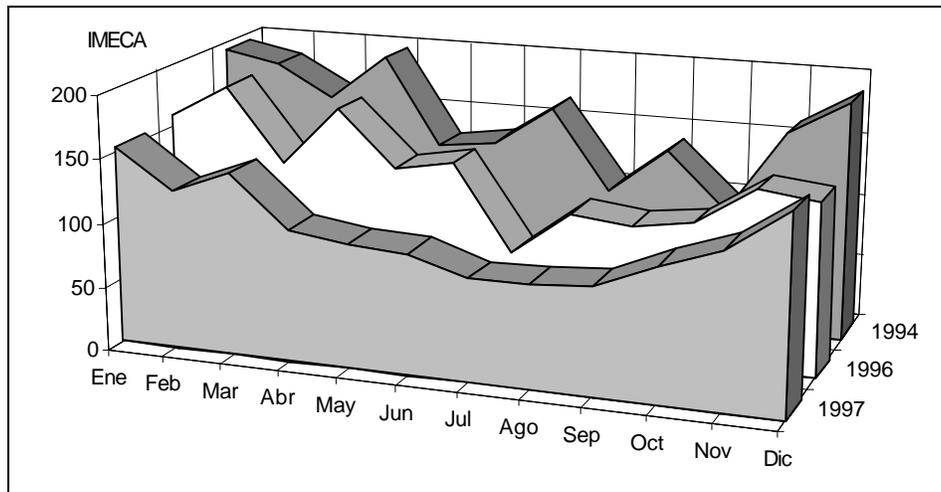


Figura 5.9. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMG durante 1994-1997



En la tabla siguiente se presenta el porcentaje y número de días en que se rebasaron los diferentes niveles del IMECA para las partículas menores a 10 micrómetros. Se observa que en 1997 se rebasó la norma de PM10 en 52 días (14% de los días), valor menor que el registrado durante 1996, que fue de 33% (120 días), también se puede apreciar que una vez más este contaminante no excedió los 200 puntos IMECA.

Tabla 5.5. Porcentaje y número de días por encima de los 100,150 y 200 puntos IMECA de PM10 en la ZMG durante 1994, 1996 y 1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1994	48	172	13	47	0	0
1996	33	120	2	6	0	0
1997	14	52	0.5	2	0	0

El promedio anual de PM10 en Guadalajara de 1994 a la fecha, presenta una tendencia a disminuir. Sin embargo las concentraciones promedio rebasan la norma anual establecida para este contaminante ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio aritmético anual) en más del doble.

Tabla 5.6. Promedio anual de PM10 para la ZMG durante 1994-997

Año	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1994	156
1996	127
1997	107

Conclusiones:

- Durante 1997, la frecuencia en el número de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire en la ZMG fue de 58% (213 días), menor a la registrada durante 1996, que fue de 70%. En tanto que el nivel de los 200 puntos IMECA se excedió en 3% (12 días), no alcanzándose los 300 puntos.
- La frecuencia de excedencias a la norma de ozono fue de 49% (178 días) y el nivel de 250 puntos IMECA se rebasó en 2 días.
- El número de violaciones a la norma de PM10 para 1997 fue de 14% (52 días) y no se tuvieron valores superiores a los 160 puntos IMECA. El promedio anual de las PM10 fue de $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superior en un poco más del doble del valor de su norma anual.
- El monóxido de carbono excedió su norma de calidad del aire en 14 días, el valor más elevado fue de 177 puntos IMECA.
- El bióxido de nitrógeno presentó 13 días con valores superiores a su norma de calidad del aire, algunas veces con valores cercanos a los 130 puntos IMECA
- El bióxido de azufre ocasionalmente presentó violaciones a la norma de calidad del aire, 2 días durante 1997, en tanto que para el resto del año los valores máximos registrados se situaron por debajo de los 75 puntos IMECA. El promedio anual fue de 0.024 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 el año de 1993 se inició la operación de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, la cual está integrada por cinco estaciones distribuidas en las 5 zonas de la ciudad que miden los contaminantes criterio para evaluar la calidad del aire; así mismo, se cuenta con un equipo sodar y una unidad móvil de monitoreo. La 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. Ubicación de la red de monitoreo de la calidad del aire en la ZMM

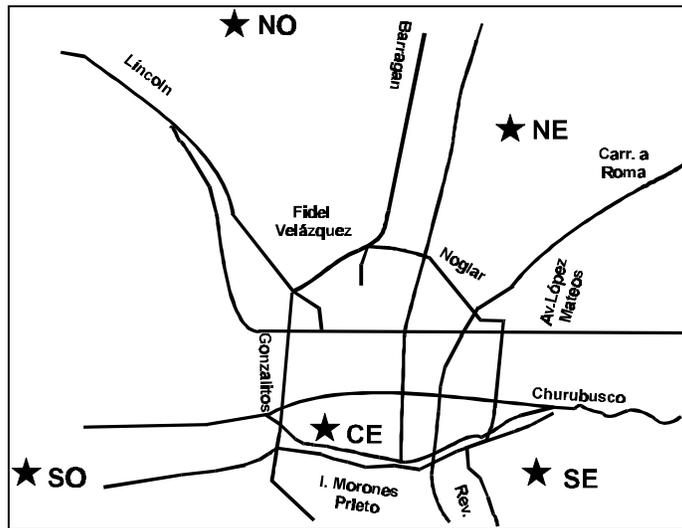


Tabla 6.1. Estaciones de la red de monitoreo de la ZMM y parámetros que se miden

Nº	ZONA	ESTACION	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	PM10
1	Sureste	La Pastora	X	X	X	X	X
2	Noreste	San Nicolás	X	X	X	X	X
3	Centro	Obispado	X	X	X	X	X
4	Noroeste	Metro	X	X	X	X	X
5	Suroeste	Santa Catarina	X	X	X	X	X

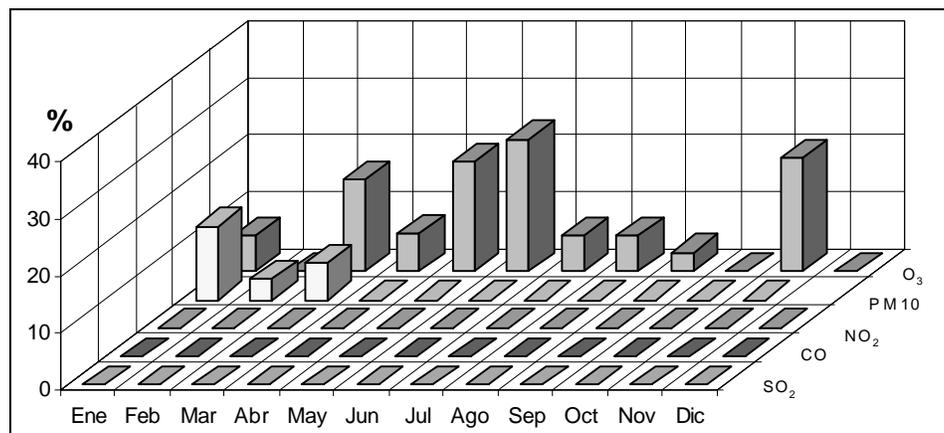
Evolución de la calidad del aire

Los datos de la calidad del aire que a continuación se presentan fueron validados por la Subsecretaría de Ecología de la Secretaría de Desarrollo Urbano y

Obras Públicas del Gobierno de Nuevo León, por lo que el INE no hizo ninguna validación adicional.

En la Figura 6.2 se muestra el comportamiento de la calidad del aire por mes y por contaminante en la ZMM durante 1997. De acuerdo al análisis del porcentaje de días en que se excedieron las normas de calidad del aire de los contaminantes criterio en la ZMM, se observa que los contaminantes que rebasaron las normas fueron el ozono y las partículas PM10. El ozono lo hizo en alrededor del 20% de los días en los meses de mayo, junio y noviembre. Las PM10 rebasaron su norma en los 3 primeros meses del año con valores que no excedieron al 13% de los días del mes; cabe aclarar que en diciembre no se registraron mediciones de este contaminante, debido a la falta de filtros.

Figura 6.2. Porcentaje de días con excedencias en las normas por contaminante y por mes en la ZMM durante 1997



Para observar el comportamiento general de la calidad del aire en la ZMM en la Figura 6.3 se presentan los picos diarios del IMECA de enero a diciembre de 1997. Es importante resaltar que en el caso de esta zona metropolitana los valores del IMECA que se presentan por lo general son inferiores a los 150 puntos, a excepción del mes de junio en el que se registró un valor de 163 puntos.

En la Figura 6.4 se 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 el período 1993-1997. Se observa que durante 1997 hubo una disminución en el número de excedencias en todas las zonas a excepción de la suroeste que tuvo un ligero incremento. Por otro lado destaca el hecho de que en 1997, las violaciones a las normas se presentaron con una frecuencia por debajo del 10% de los días del año en todas las zonas y que en el sector suroeste el problema de la contaminación es mayor que en el resto de la Zona Metropolitana.

Figura 6.3. IMECA máximo diario en la ZMM durante 1997

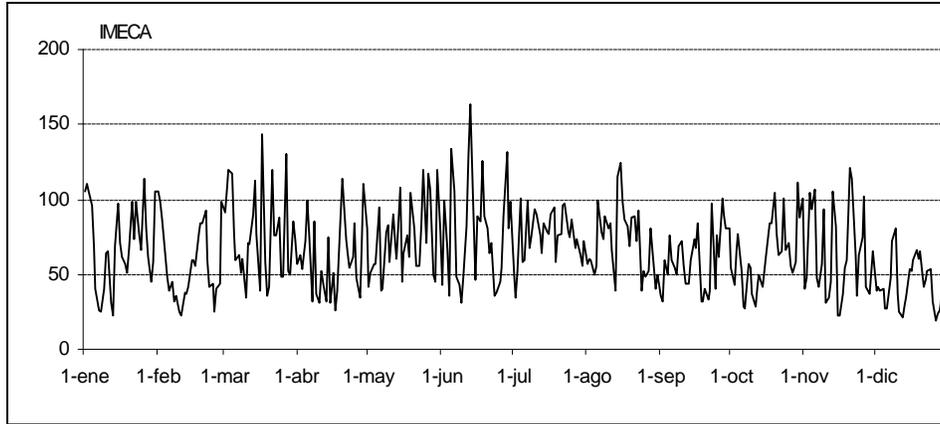
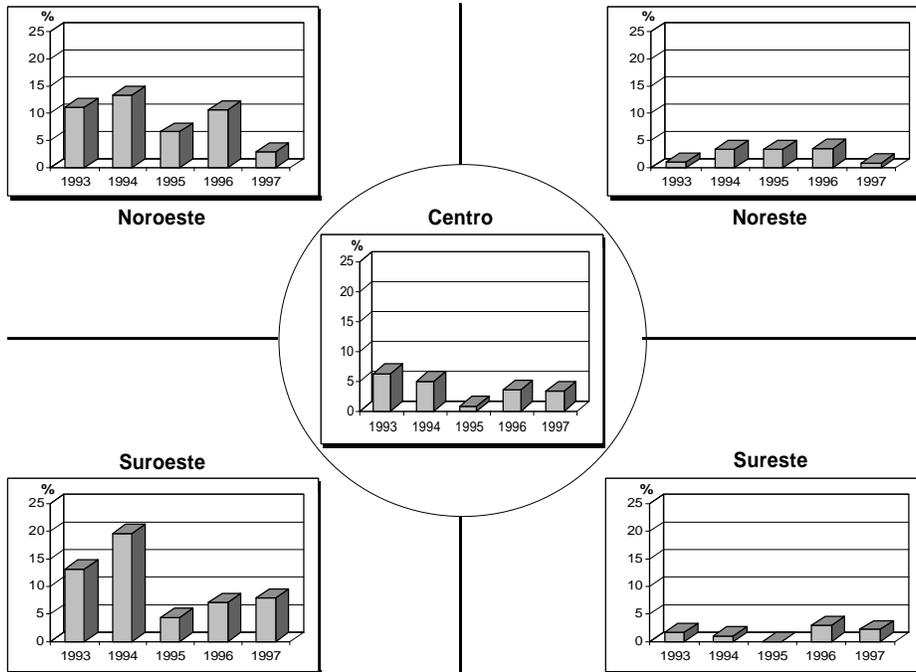


Figura 6.4. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire por zona durante los años 1993-1997 en la ZMM



En la Tabla 6.2 se muestra el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMM, de 1993 a 1997. Se puede observar la disminución en el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 IMECA en 1997, en comparación con 1996, pasando de un 18% a un 12%. De igual mane-

ra se aprecia la disminución en el número de lecturas superiores a los 150 puntos IMECA. Los 200 puntos no se presentaron en este año.

Tabla 6.2. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMM durante 1994-1997

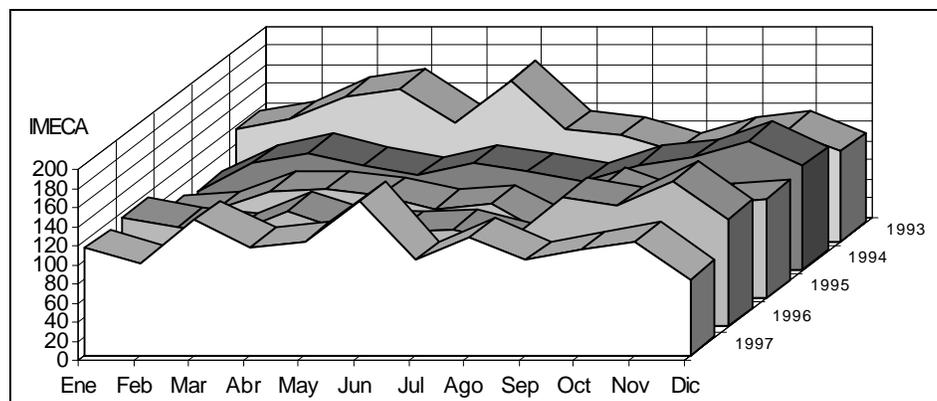
Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1993	23	83	2.5	9	0	0
1994	29	106	10	37	0.3	1
1995	9	33	1.4	5	0	0
1996	18	65	1.6	6	0.3	1
1997	12	43	0.3	1	0	0

En la Tabla 6.3 se pueden ver los valores en porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono en la ZMM. Se aprecia que en 1997 no se rebasaron los 200 puntos IMECA, pero la frecuencia de excedencias a la norma de calidad del aire fue del 10% de los días, 3% más que durante 1996.

Tabla 6.3. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA para ozono en la ZMM durante 1994-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1993	10	37	0.8	3	0	0
1994	6	20	0	0	0	0
1995	2	6	0	0	0	0
1996	7	25	0.3	1	0	0
1997	10	36	0.3	1	0	0

Figura 6.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMM durante 1993-1997



La Figura 6.5 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales del ozono de enero a diciembre de 1993 a 1997, observándose que para este último año, los valores máximos fueron mayores a la norma de calidad del

aire durante ocho meses, alcanzándose valores superiores a los 110 puntos IMECA. Cabe destacar que junio fue el único mes en que se rebasaron los 150 puntos para este contaminante.

La Figura 6.6 muestra el comportamiento de los máximos mensuales del monóxido de carbono para el período 1993-1997. Se aprecia que durante 1997 presentó un comportamiento estacional, con un aumento en los niveles en el período invernal, aunque los valores máximos no rebasan los 100 puntos IMECA, siendo el valor más elevado de 78 puntos en enero.

Figura 6.6. IMECA máximo mensual de monóxido de carbono en la ZMM

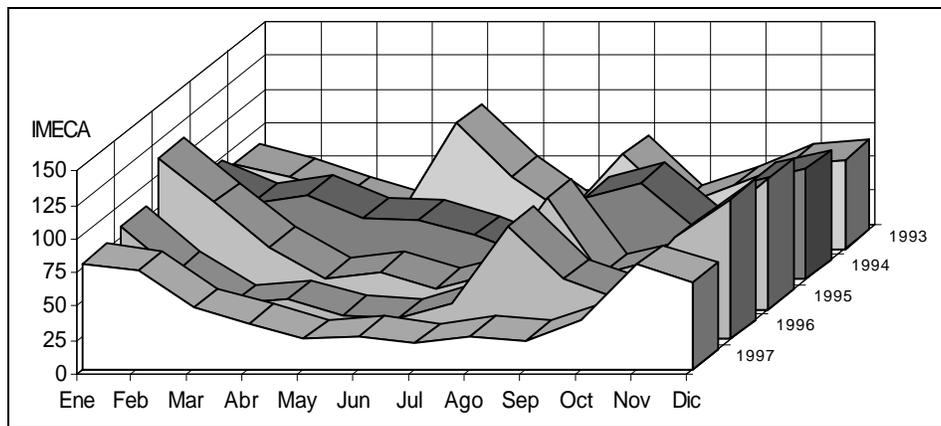
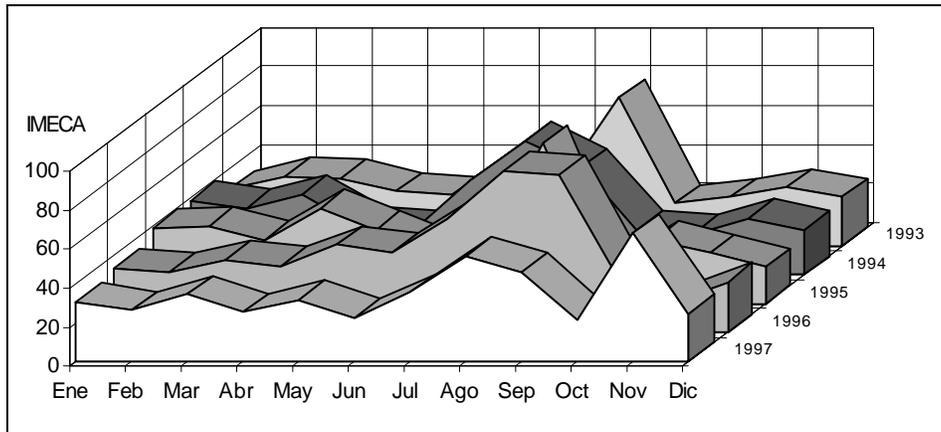


Figura 6.7 IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en la ZMM



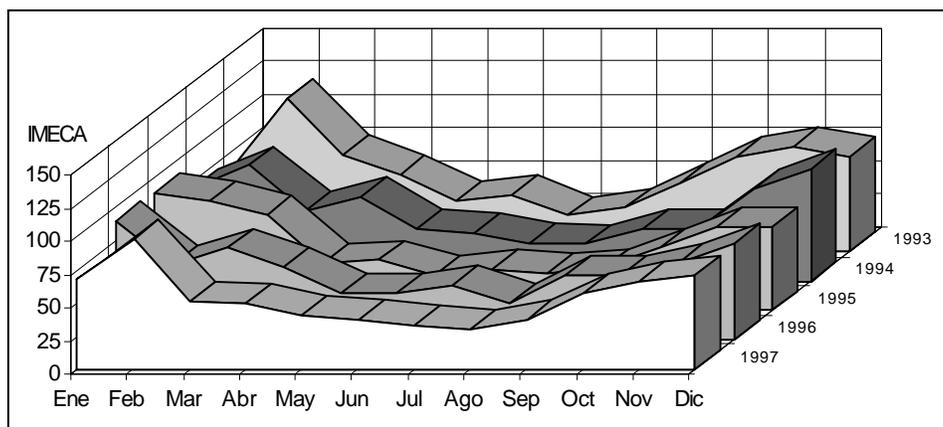
A continuación se presentan los promedios anuales de SO₂ en la ZMM durante 1993-1997. Se puede ver que no han variado substantivamente a través del tiempo y siempre han sido menores al valor de la norma anual de este contaminante (0.030 ppm, promedio aritmético).

Tabla 6.4. Promedio anual de concentraciones de SO₂

Año	SO ₂ (ppm)
1993	0.022
1994	0.023
1995	0.020
1996	0.026
1997	0.021

El comportamiento del bióxido de nitrógeno en la ZMM no varió significativamente durante 1997, respecto al de los años anteriores, y continúa mostrando un comportamiento estacional, con mayores concentraciones en la época fría que en el resto del año. Cabe aclarar que durante todo el año no se rebasaron los 100 puntos IMECA, ya que el valor más alto se registró en febrero con 98 puntos (Figura 6.8).

Figura 6.8. IMECA máximo mensual de bióxido de nitrógeno en la ZMM



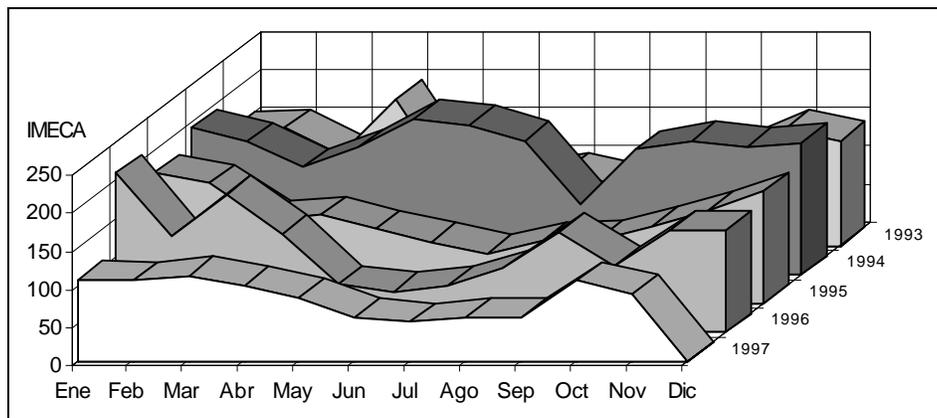
En la Tabla 6.5 se presenta el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA para las partículas PM₁₀ de 1993 a 1997. Durante el último año se rebasó la norma en 3% de los días del año (9 días), 9% menos que durante 1996, y no se alcanzó el nivel de los 150 puntos.

Tabla 6.5. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA para PM₁₀ en la ZMM durante 1993-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1993	13	47	1.6	6	0	0
1994	26	93	10.1	37	0.3	1
1995	8	28	1.4	5	0	0
1996	12	45	1.4	5	0.3	1
1997	3	9	0	0	0	0

Las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros, presentaron en general durante 1997 concentraciones máximas mensuales inferiores a las de los años anteriores, aunque aún rebasaron la norma de calidad del aire en los meses de enero, febrero, marzo y octubre con valores de 107, 105, 112 y 106 puntos IMECA, respectivamente. Se aprecia un comportamiento estacional con menores niveles en la época de lluvias, (Figura 6.9). Para el resto del año las concentraciones máximas oscilaron entre los 50 y 100 puntos IMECA; cabe aclarar nuevamente que no se tuvieron registros en diciembre.

Figura 6.9. IMECA máximo mensual de PM10 en la ZMM



El promedio anual de las partículas PM10 (Tabla 6.6), durante el período 1993-1997 muestra valores variables. Se puede observar que en todos estos años se rebasa la norma anual de este contaminante ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio aritmético).

Tabla 6.6. Promedio anual de concentraciones de PM10 en la ZMM durante 1993-1997

Año	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1993	103
1994	121
1995	88
1996	91
1997	67

Conclusiones

- Durante 1997, la frecuencia en el número de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire en la ZMM fue del 12% (43 días del año). En tanto que el nivel de los 150 puntos IMECA sólo se excedió 1 día y el de 200 no se alcanzó.
- La frecuencia de excedencias a la norma de las partículas PM10 para 1997, fue de 3% (9 días al año) y no se registraron valores mayores o iguales a los

150 puntos IMECA. El promedio anual para 1997 fue de $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mayor a la norma establecida de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio aritmético.

- El ozono constituye junto con las partículas suspendidas el mayor problema de contaminación del aire en la ZMM; durante 1997 su norma se rebasó en un 10% de tiempo (36 días al año), incrementándose casi al doble con respecto al año anterior, los valores más elevados registrados fueron cercanos a los 165 puntos IMECA.
- El monóxido de carbono tiende a mantener el comportamiento estacional que había venido presentando en años anteriores. Los valores máximos para 1997 no excedieron los 80 puntos IMECA.
- El bióxido de nitrógeno al igual que el CO, presentó un comportamiento estacional, con mayores concentraciones durante la época fría del año y valores inferiores a los 100 puntos.
- Finalmente, el bióxido de azufre presentó valores inferiores a los 70 puntos IMECA y su promedio anual (0.021 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, con equipo manual para muestreo de partículas suspendidas y algunos contaminantes gaseosos. 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 y por una unidad móvil de monitoreo. Cada estación cuenta con equipo para realizar el monitoreo de los parámetros que definen la calidad del aire. La red es administrada y operada por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México.

Figura 7.1. Localización de la red de monitoreo de la calidad del aire de la ZMVT

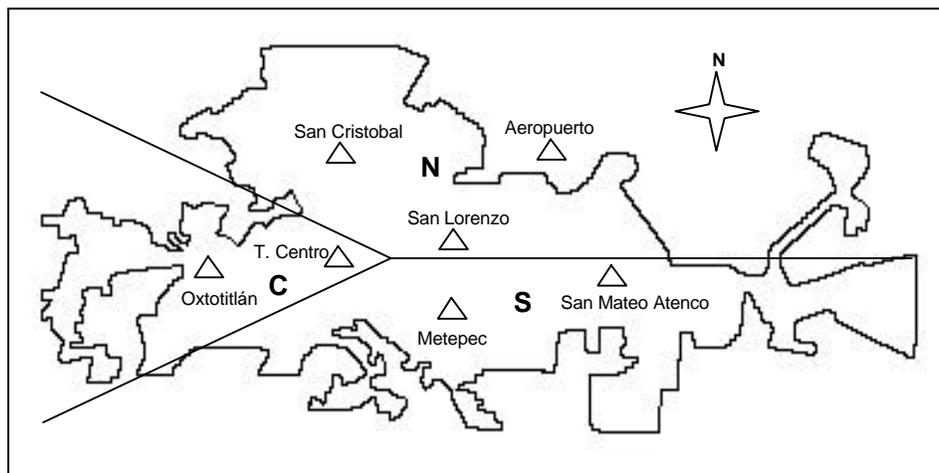


Tabla 7.1 Estaciones de la red de monitoreo de la ZMVT y parámetros que mide

N°	ZONA	ESTACION	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	HC	PST*
1	Centro	Oxtotitlán		X	X	X		X
2	Centro	Toluca-Centro	X	X	X	X	X	X
3	Sur	Metepec	X	X	X	X		X
4	Sur	San Mateo Atenco			X	X		X
5	Norte	S.L. Tepatitlán	X	X	X	X	X	X
6	Norte	Aeropuerto	X		X	X		X
7	Norte	San Cristóbal			X	X		X

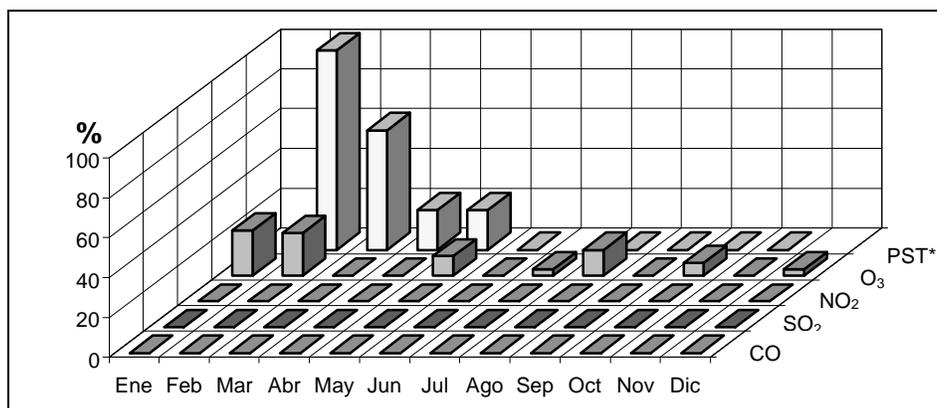
* Muestreos manuales

Evolución de la calidad del aire

La información generada para cada uno de los contaminantes en las estaciones de monitoreo en la ZMVT, se validó por la Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, por lo que el INE no hizo validación alguna de forma adicional. Es importante aclarar que de las bases de datos analizadas, únicamente para el ozono y las PST, se contó con al menos el 75% del total de datos que durante un año se podrían generar, si no existieran interrupciones en el funcionamiento de los equipos; para los demás contaminantes el porcentaje fue inferior, por lo que los análisis presentados en este informe sólo son indicativos de su comportamiento. A continuación se presenta una serie de gráficas y tablas que permiten evaluar la calidad del aire durante 1997.

La Figura 7.2 muestra el porcentaje de días con violaciones a las normas de calidad del aire por mes para los contaminantes criterio. Se puede notar que para 1997, la norma de ozono se excedió en 7 de los 12 meses del año, alcanzando en enero un 23% de días. En el caso de las partículas suspendidas, éstas registraron violaciones en cuatro de los meses muestreados, presentándose en febrero el valor más elevado con el 100% de los muestreos manuales fuera de norma, seguido por marzo con 60%, y abril y mayo con 20% cada uno. Para los demás contaminantes gaseosos no se presentó excedencia alguna.

Figura 7.2. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en la ZMVT durante 1997



* 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 1997, la gráfica siguiente 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 y solamente se presentó un pico superior a los 150 puntos IMECA pero que no alcanzó los 200 puntos.

Figura 7.3. IMECA máximo diario en la ZMVT durante 1997

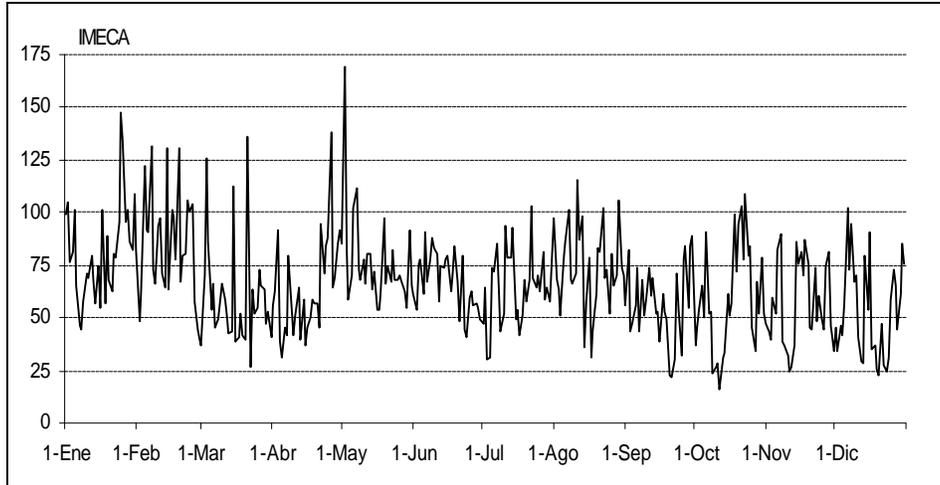
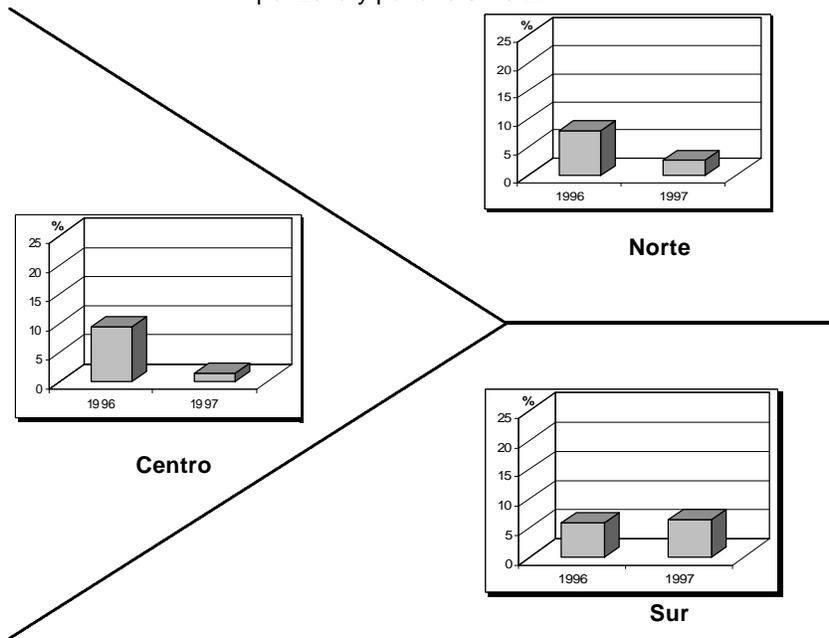


Figura 7.4. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire por zona y por año en la ZMVT



La Figura 7.4 muestra el porcentaje de días en que se rebasaron las normas de calidad del aire en cada una de las zonas monitoreadas del Valle de Toluca durante 1996 y 1997. Se puede observar que en 1997 el porcentaje de días en que se rebasó alguna norma fue del 6% en la zona sur, porcentaje similar al presentado durante 1996 en la misma zona. En el caso de las zonas norte y

centro, el porcentaje fue inferior al 3% de los días, que comparado con el porcentaje alcanzado durante 1996, fue menor.

En la siguiente tabla se observa el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMVT para 1996 y 1997. En 1997 se redujo significativamente el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire, pues en este año sólo se registraron valores mayores a 100 IMECA en el 8% de los días y únicamente hubo un día con IMECA mayor a 150 puntos.

Tabla 7.2. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en la ZMVT durante 1996 y 1997

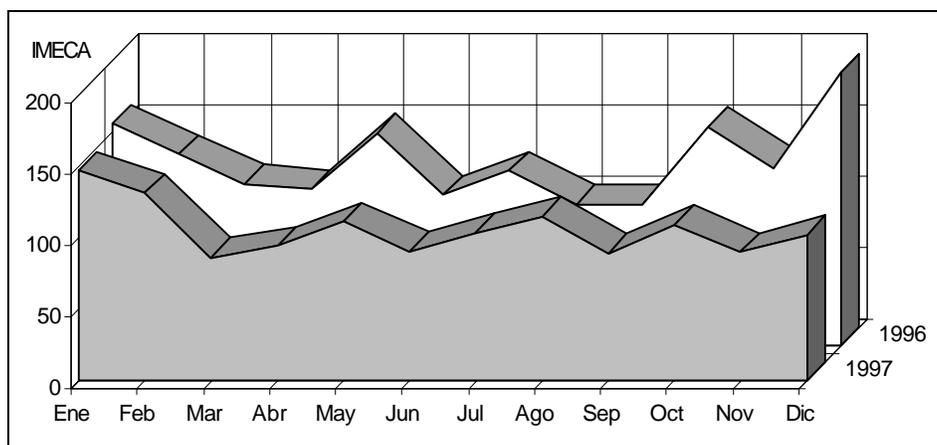
Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	17	60	1.4	5	0	0
1997	8	30	0.3	1	0	0

En el caso del ozono, en la tabla siguiente se puede apreciar que el número de días en que rebasó la norma en 1997 fue de 7% (24 días), un valor de casi la mitad a lo observado el año anterior; en este año no alcanzó el nivel de los 150 puntos IMECA.

Tabla 7.3. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono en la ZMVT durante 1996 y 1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	15	53	1.4	5	0	0
1997	7	24	0	0	0	0

Figura 7.5. IMECA máximo mensual de ozono en la ZMVT



La Figura 7.5 muestra el comportamiento de los IMECA máximos mensuales de ozono en 1996 y 1997. En ella se aprecia que en 1997 hubo un decremento gene-

ral en la intensidad de los máximos mensuales registrados pues, si bien es cierto que en este año también se presentaron registros máximos que rebasan la norma en 7 meses, dichos registros son inferiores a los del año anterior. El valor máximo medido fue de 147 puntos IMECA y correspondió al mes de enero.

En la Figura 7.6 se puede apreciar que para 1997 los máximos mensuales de monóxido de carbono estuvieron por debajo de la norma de calidad del aire y únicamente se observaron valores por arriba de los 50 puntos IMECA durante los primeros meses del año (enero-abril) y en los meses de octubre, noviembre y diciembre; el valor máximo registrado fue de 71 puntos en el mes de febrero. 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 monóxido de carbono en la ZMVT

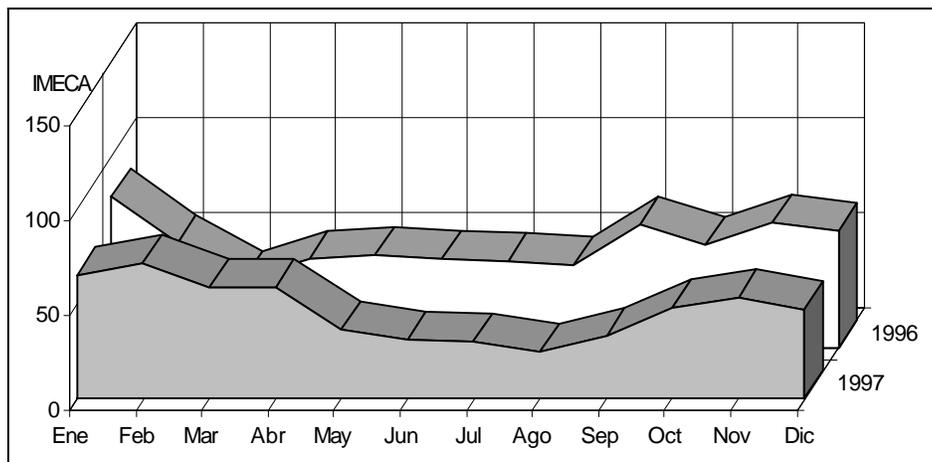
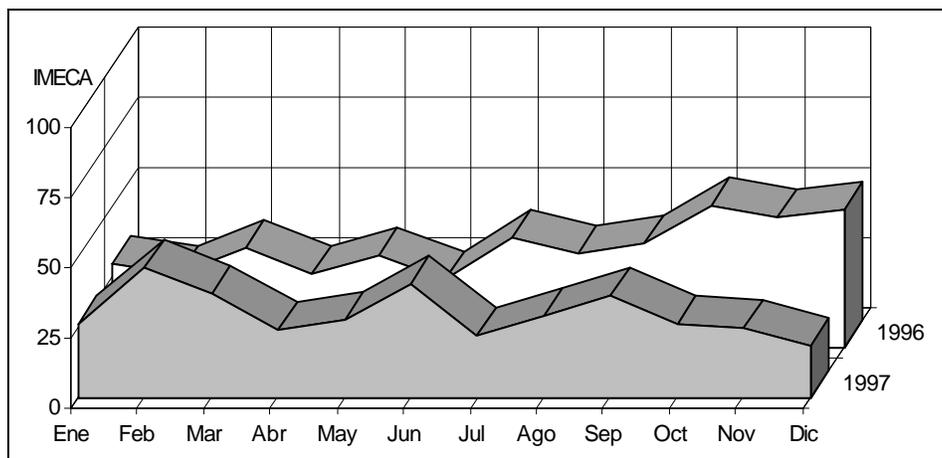


Figura 7.7. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en la ZMVT



La siguiente gráfica muestra el comportamiento del bióxido de azufre para el periodo 1996-1997; en ambos años los niveles registrados fueron inferiores a los 50 puntos IMECA. Para 1997 se observa que los valores más elevados se produjeron en los meses de febrero, marzo y junio con 46, 37 y 40 puntos IMECA, respectivamente.

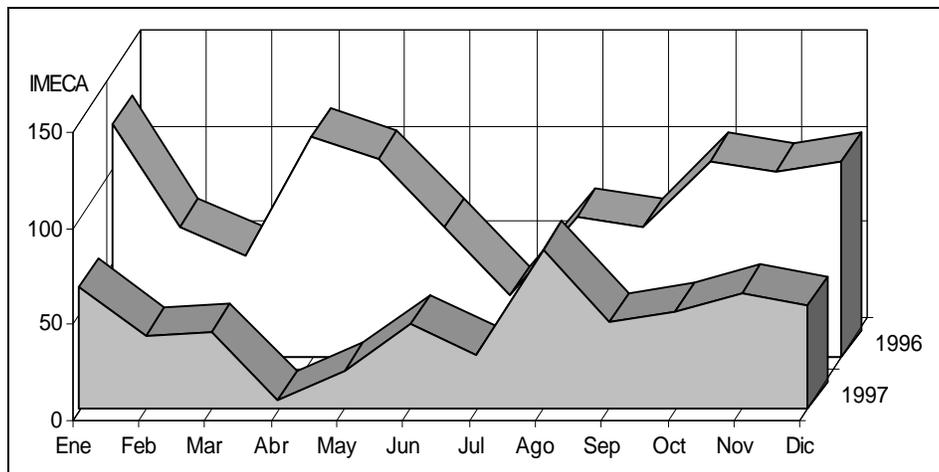
A continuación se presenta el promedio anual de SO₂ en la ZMVT en 1996 y 1997. Se aprecia que en 1997 fue ligeramente menor con respecto al año anterior, con un valor de 0.018 ppm que comparado con la norma anual de 0.030 ppm promedio aritmético, es menor.

Tabla 7.4. Promedio anual de SO₂ en la ZMVT durante 1996-1997

Año	SO ₂ (ppm)
1996	0.024
1997	0.018

Con relación a los valores máximos mensuales de bióxido de nitrógeno presentes en la ZMVT, en la siguiente gráfica se aprecia una disminución sustancial respecto a 1996. Los valores máximos mensuales registrados en 1997 para este contaminante estuvieron por debajo de los 85 puntos IMECA durante todo el año. El valor más elevado correspondió al mes de agosto con 83 puntos IMECA.

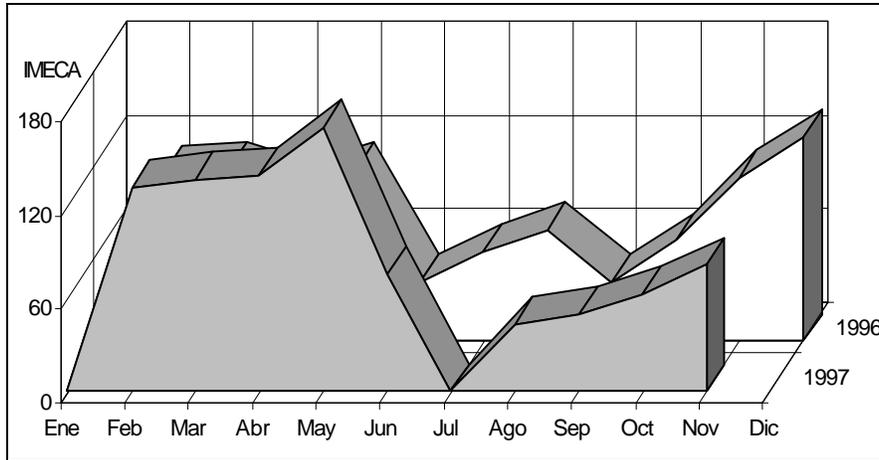
Figura 7.8. IMECA máximo mensual de bióxido de nitrógeno en la ZMVT



Las partículas suspendidas totales se ubicaron por encima del valor de la norma de calidad del aire respectiva, presentando valores máximos mensuales de 169 puntos IMECA en los muestreos de mayo, seguidos por febrero, marzo y abril con 131,136 y 138 puntos IMECA, respectivamente; en los demás meses los valores fueron inferiores a los 90 puntos (Figura 7.9). Cabe aclarar que en los

meses de julio y diciembre de 1997 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 1997, son ligeramente superiores a los del año anterior.

Figura 7.9. IMECA máximo mensual de partículas suspendidas totales 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 Partículas Suspendidas Totales. Se observa que durante 1997 se rebasó la norma de PST en el 19% de los muestreos, valor igual al registrado durante 1996; también se puede apreciar que el nivel de los 150 puntos IMECA sólo se rebasó en una ocasión.

Tabla 7.5. Porcentaje y número de muestreos por encima de los 100 y 150 puntos IMECA de PST durante 1996 y 1997

Año	≥ 100		≥ 150	
	%	No.	%	No.
1996	19	10	0	0
1997	19	7	2.7	1

El promedio anual de las PST fue de 168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1997, valor superior a la norma establecida de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en más de dos veces, y muy similar al valor de 1996.

Tabla 7.6. Promedio anual de PST en la ZMVT durante 1996-1997

Año	PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1996	162
1997	168

Conclusiones:

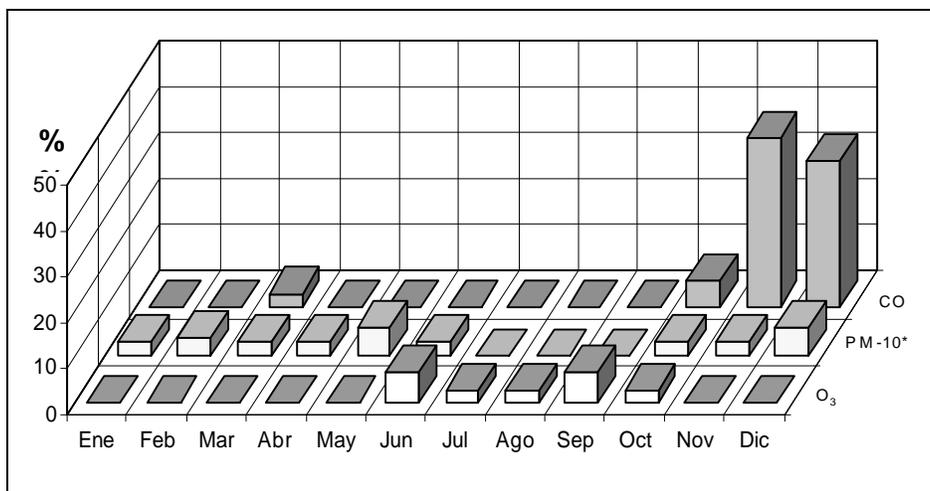
- Durante 1997, el número de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire en la ZMVT fue de 30 días (8%). El nivel de los 150 puntos IMECA únicamente se alcanzó en un día.
- El ozono rebasó su norma en el 7% de los días (24 días), sin alcanzar los 150 puntos IMECA.
- El bióxido de nitrógeno no rebasó su norma de calidad del aire durante 1997 y el valor máximo registrado fue de 83 puntos IMECA.
- Las partículas suspendidas totales rebasaron su norma de calidad del aire en el 19% de los muestreos realizados y el máximo registrado fue de 169 puntos IMECA. El promedio anual fue ligeramente mayor en 1997 en comparación con 1996; situándose en más del doble del valor de su norma anual.
- El monóxido de carbono no rebasó la norma de calidad del aire y el valor máximo fue de 71 puntos IMECA.
- El bióxido de azufre no rebasó su norma de calidad del aire y sus valores máximos se encuentran por debajo de los 50 puntos IMECA. El promedio anual de 1997 (0.018 ppm) se ubicó por debajo de la norma establecida.

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, así como por la Dirección General de Gestión e Información Ambiental del INE, de acuerdo a la metodología establecida a nivel internacional por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América. 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 1997.

En la Figura 8.2 se muestra el porcentaje mensual de días en que ocurrieron violaciones a las normas de calidad del aire para los contaminantes criterio monitoreados durante 1997. Destaca el comportamiento del monóxido de carbono que excedió la norma en los meses de noviembre y diciembre en el 37 y 32% de sus días, respectivamente. En el caso de las PM₁₀, la norma se rebasó en 9 de los meses del año, exceptuando el verano (julio, agosto y septiembre), con una frecuencia inferior al 10% del total de muestreos realizados en cada mes. En cuanto al ozono las excedencias a la norma se presentaron en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y octubre, también con una frecuencia mensual inferior al 10%.

Figura 8.2. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en Cd. Juárez durante 1997



* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM-10.

A fin de mostrar las tendencias generales de la contaminación del aire para el periodo de enero a diciembre de 1997, la Figura 8.3 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 noviembre con 239 puntos IMECA.

Figura 8.3. IMECA máximo diario en Cd. Juárez durante 1997

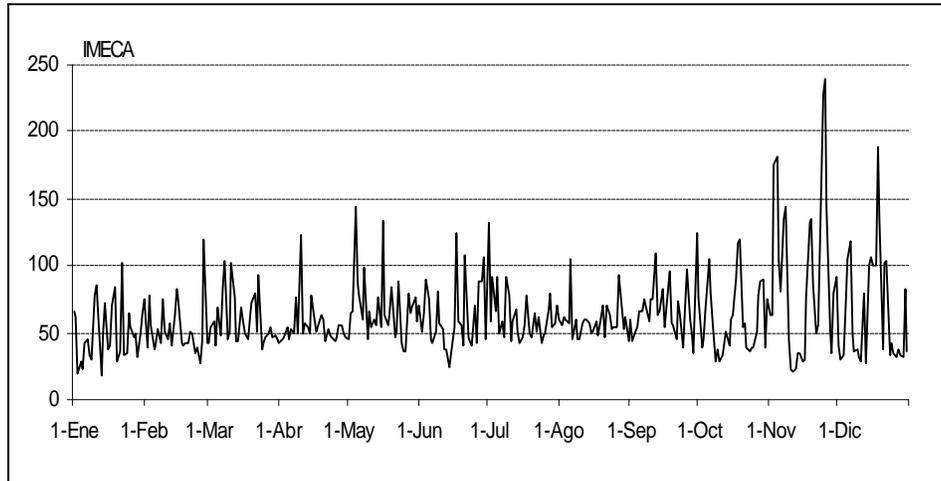
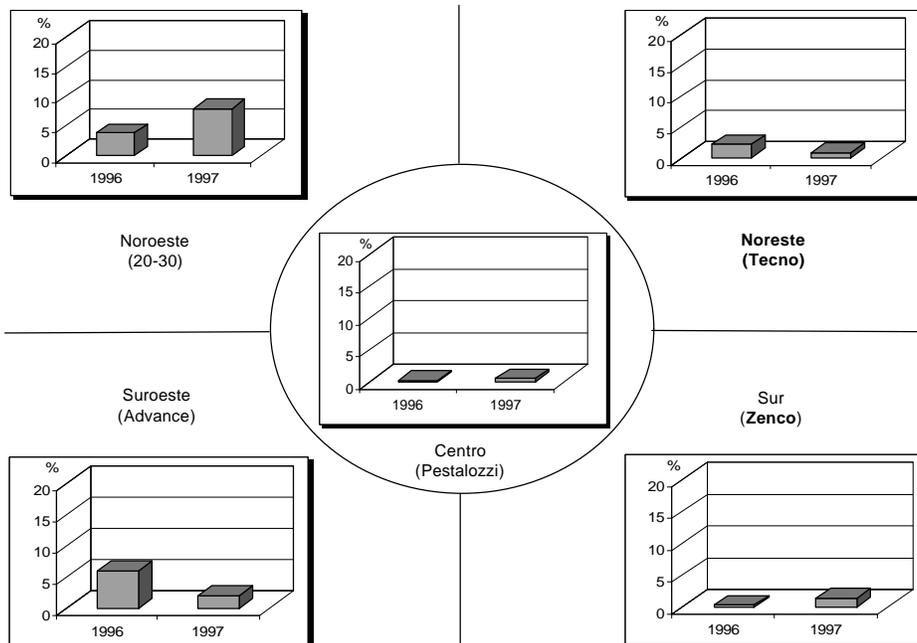


Figura 8.4. Porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire por zona durante los años 1996 y 1997 en Cd. Juárez.



En la Figura 8.4 se muestra el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire de los 3 contaminantes medidos, en cada una de las 5 zonas monitoreadas durante 1996 y 1997. En el diagrama se puede apreciar que en 1997 en todas las zonas se rebasaron las normas para estos contaminantes, con frecuencias no mayores al 10% de los días del año. Las excedencias disminuyeron de 1996 a 1997 en las zonas suroeste y noreste, no así en las 3 restantes, en donde se incrementó su valor. Al observar esta gráfica no hay que olvidar que en las zonas sur y centro sólo se muestrearon las PM10.

La Tabla 8.2 muestra el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Ciudad Juárez, durante el periodo enero-diciembre para los años 1996 y 1997, con base en los picos diarios para cualquiera de los contaminantes. Se puede apreciar un ligero aumento en el porcentaje de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA en 1997, en comparación con 1996, pasando de un 7% (25 días al año) a un 8% (31 días) de excedencias. El número de días con lecturas superiores a los 150 y 200 puntos IMECA fue igual en los dos años y durante 1997 no se alcanzaron los 250 puntos IMECA.

Tabla 8.2. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Cd. Juárez durante 1996-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250	
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.
1996	7	25	1	4	1	2	0.3	1
1997	8	31	1	4	1	2	0	0

Efectuando el mismo análisis para el ozono, la Tabla 8.3 muestra el porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA. Se puede apreciar que en 1997 el número de días en que se rebasaron los 100 puntos IMECA fue menor que en el año anterior, pues esto sólo sucedió en siete días (2%) del año. Niveles iguales o superiores a los 150 puntos IMECA no se presentaron.

Tabla 8.3. Porcentaje (y número de días) por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de ozono en Cd. Juárez durante 1996-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	4	14	0.3	1	0	0
1997	2	7	0	0	0	0

La Figura 8.5 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono para el periodo enero-diciembre de 1996 y 1997, se observa que durante 1996 los valores en la mayoría de los meses fueron más elevados

que para 1997, alcanzándose 165 puntos IMECA. Destaca el hecho de que aunque no se aprecia un patrón definido de comportamiento en ninguno de los 2 años, para 1997 los valores registrados siempre se ubican por debajo de los 132 puntos IMECA.

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

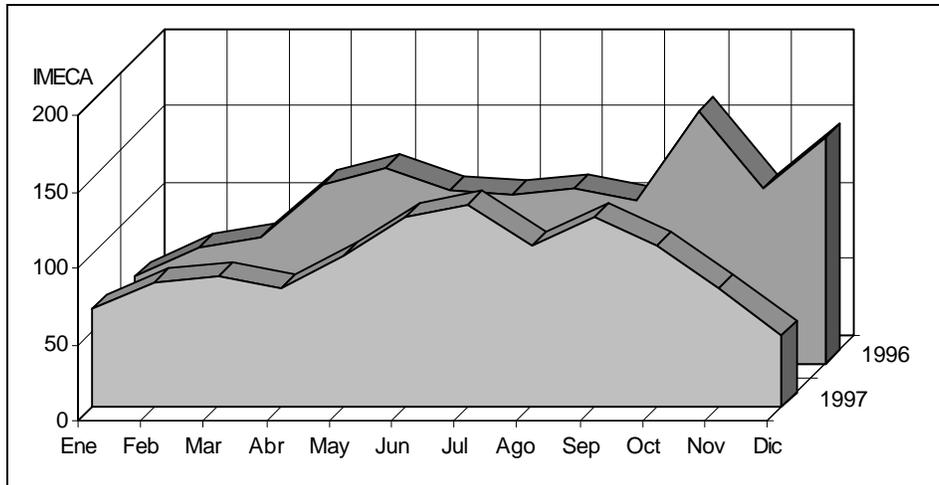
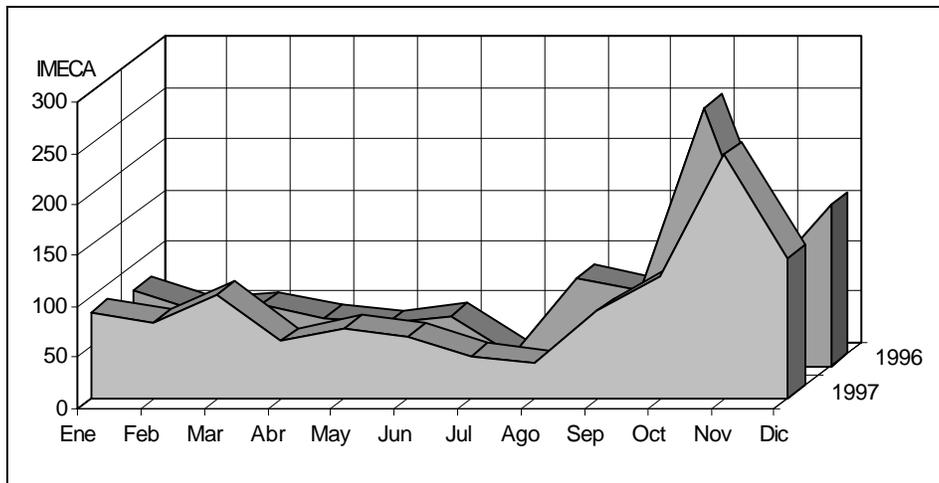


Figura 8.6. IMECA máximo mensual de monóxido de carbono en Cd. Juárez



Por otra parte, como lo muestra la Figura 8.6, el monóxido de carbono presenta sus valores máximos mensuales a finales de año (de octubre a diciembre), donde incluso se registran valores superiores a los 200 puntos IMECA y se puede apreciar que existe un comportamiento estacional. Los 250 puntos IMECA sólo se alcanzaron en 1996, en tanto que en 1997 el valor más alto registra-

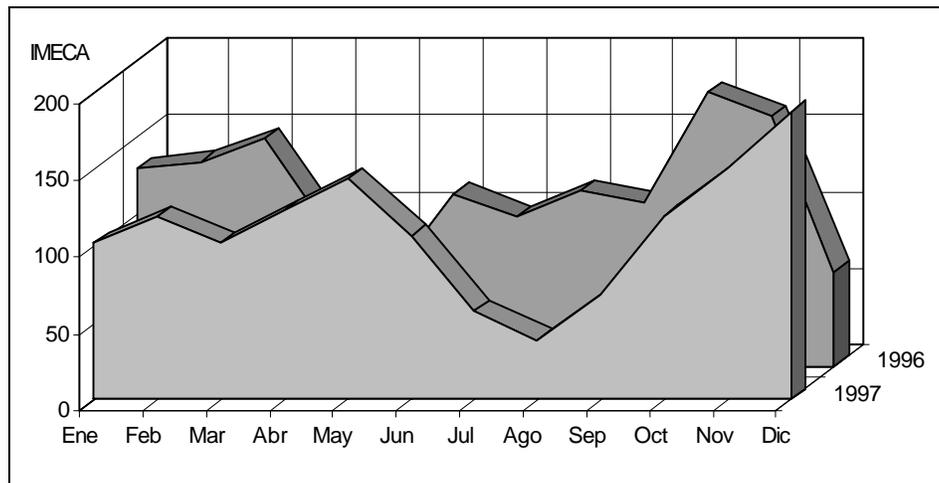
do fue de 239 puntos y correspondió al mes de octubre. De manera general, también es importante destacar que el número de días con violaciones a la norma de este contaminante se incrementó de 12 a 24 de 1996 a 1997. Este notable incremento es preocupante pues podría significar que el programa de verificación vehicular perdió eficiencia durante 1997.

En la Tabla 8.4 se muestra el porcentaje y número de días con muestreos por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PM10 durante 1996 y 1997. Se tiene que durante 1996 se presentaron 14 muestreos por arriba de la norma y para 1997 disminuyeron a 11. En términos del número de eventos las excedencias a la norma de PM10 son similares a las del ozono pero cuando se compara el porcentaje que representan resulta mucho más elevado para las partículas finas. Por ello, será muy importante en el futuro incorporar equipo continuo de PM10 en la red de monitoreo, ya que este contaminante puede ser el de mayor relevancia en Cd. Juárez.

Tabla 8.4. Porcentaje y número de muestreos por arriba de los 100, 150 y 200 puntos IMECA de PM10 en Cd. Juárez durante 1996-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	23	14	5	3	0	0
1997	18	11	3	2	0	0

Figura 8.7. IMECA máximo mensual de muestreos de partículas menores a 10 micrómetros en Cd. Juárez durante 1996-1997



La Figura 8.7 indica que las PM10 alcanzan en ocasiones valores mensuales cercanos a los 190 puntos IMECA, presentando sus valores más elevados en la

época de invierno (octubre, noviembre y diciembre), así como en abril y mayo. En 1997, a excepción de julio, agosto y septiembre, los valores máximos mensuales fueron superiores a los 100 puntos IMECA.

A continuación se observan los promedios anuales de PM10 en Ciudad Juárez durante 1996-1997. Se aprecia que en ambos años excedieron la norma anual de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en alrededor de dos veces su valor.

Tabla 8.5. Promedio anual de PM10 en Cd. Juárez durante 1996-1997

Año	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1996	108
1997	99

Conclusiones

- El porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire en Cd. Juárez en 1997 fue del 8% (31 días). El nivel de los 200 puntos IMECA se alcanzó en 2 de los días del año y no se tuvieron valores iguales o superiores a los 250 puntos.
- La norma de ozono se rebasó durante 1997 en el 2% de los días del año (7 días). Las excedencias se presentaron principalmente en el verano y en ninguna ocasión se alcanzaron niveles iguales o superiores a los 150 puntos IMECA.
- Durante 1997 se rebasó la norma de calidad del aire para monóxido de carbono en un 7% de los días del año (24 días). Dichas excedencias se presentaron en los meses más fríos y se alcanzaron niveles de más de 200 puntos IMECA en dos ocasiones, en tanto que niveles de 250 puntos no fueron registrados. Es importante resaltar el notable incremento en el número de violaciones de 1996 a 1997 (de 12 a 24) y por lo tanto, la preocupación de que tal vez el programa de verificación vehicular perdió eficiencia durante 1997.
- Las partículas finas PM10 excedieron su norma en el 18% de los muestreos realizados, lo cual resulta preocupante y hace urgente el que se instalen monitores continuos para este contaminante. Adicionalmente, las concentraciones máximas registradas son cercanas a los 190 puntos IMECA. El promedio anual de las PM10 durante 1997 fue de $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor superior en casi el doble del valor de su norma anual.

9. CALIDAD DEL AIRE EN TIJUANA

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

La Red de Monitoreo de Tijuana, B.C. empezó a operar de manera permanente en el segundo semestre de 1996, dentro del marco del Programa Frontera XXI con recursos de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) y la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB); cuenta con 6 estaciones de monitoreo; en 4 de ellas se miden automáticamente ozono, bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, bióxido de azufre y parámetros meteorológicos, como temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, y se muestrean manualmente las PM10; en las dos restantes únicamente se miden estas últimas. Dichas estaciones son: 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 a través de un contratista, con el apoyo de los centros de enseñanza superior de la zona.

Figura 9.1. Localización de la red de monitoreo de la calidad del aire de Tijuana

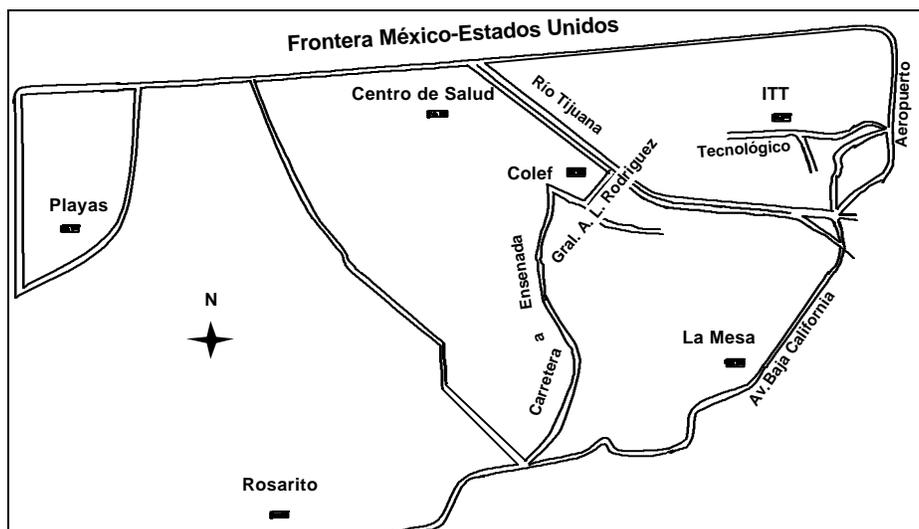


Tabla 9.1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Tijuana y parámetros que mide.

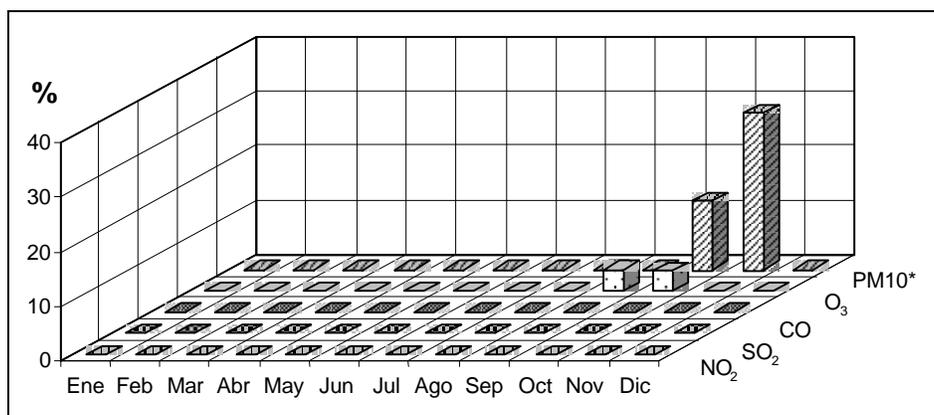
N°	Zona	Estación	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	PM10	Met.
1	Noreste	ITT	X	X	X	X	X	X
2	Suroeste	Rosarito	X	X	X	X	X	X
3	Sureste	La Mesa	X	X	X	X	X	X
4	Noroeste	Playas	X	X	X	X	X	X
5	Noroeste	Centro de Salud					X	
6	Centro	COLEF					X	

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 y validada en la Dirección de Análisis de Datos del INE. De acuerdo a lo que se observa en las tablas resúmenes de datos del Anexo D, la mayoría de las estaciones de la red generaron un porcentaje menor al 75% del total de datos que durante un año se podrían generar, si no existieran interrupciones en el funcionamiento de los equipos, por lo que los análisis que aquí se presentan deben considerarse únicamente indicativos del comportamiento de los contaminantes en la ciudad.

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 1997, se aprecia que los contaminantes que más rebasaron las normas de calidad del aire fueron el ozono en 4% de los días de septiembre y las PM10 con 29% de los muestreos fuera de norma en noviembre. Los bióxidos de nitrógeno y de azufre y el monóxido de carbono no rebasaron sus normas de calidad del aire.

Figura 9.2. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en Tijuana durante 1997

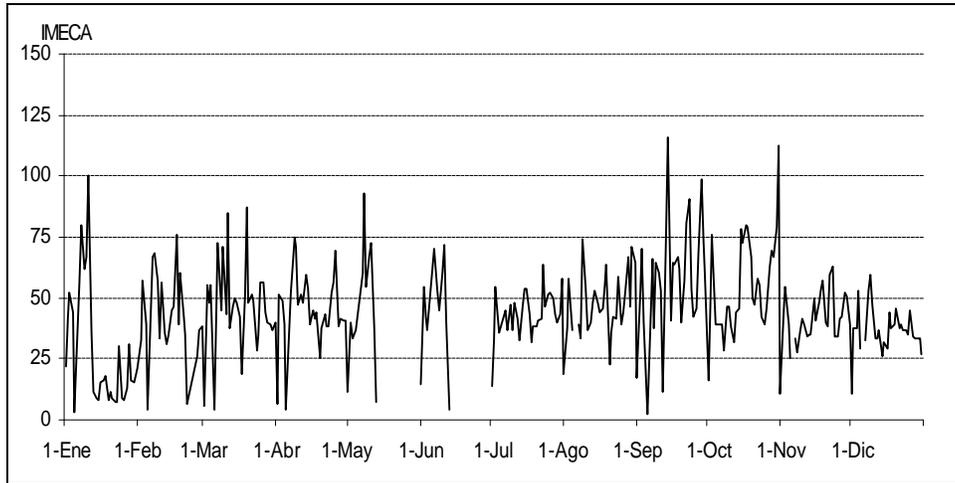


* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM10.

Para observar el comportamiento general de la calidad del aire en Tijuana, a continuación se presentan los picos diarios del IMECA de enero a diciembre de 1997. Es importante resaltar que en términos generales son inferiores a los 100 puntos, a excepción de algunos días de septiembre y noviembre en los que se registraron valores superiores a los 110 puntos IMECA. Cabe mencionar que en mayo, junio y julio no se tuvo información en algunos días, debido a que el equipo estuvo fuera de servicio.

En Tijuana se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire de los contaminantes criterio en el 1% de los días, presentándose 3 eventos de más de 100 puntos IMECA y no se alcanzaron los 150 puntos en ninguno de los meses del año.

Figura 9.3. IMECA máximo diario en Tijuana durante 1997



En Tijuana durante 1997 el ozono rebasó la norma de calidad del aire en 1% de los días (2 días al año). A continuación se muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono durante 1997. Se observa que los valores máximos de este contaminante rebasaron la norma de calidad del aire durante septiembre y octubre con 116 y 112 puntos IMECA respectivamente, en el resto de los meses, se ubicaron por debajo de estos valores (Figura 9.4).

Figura 9.4. IMECA máximo mensual de ozono en Tijuana durante 1997

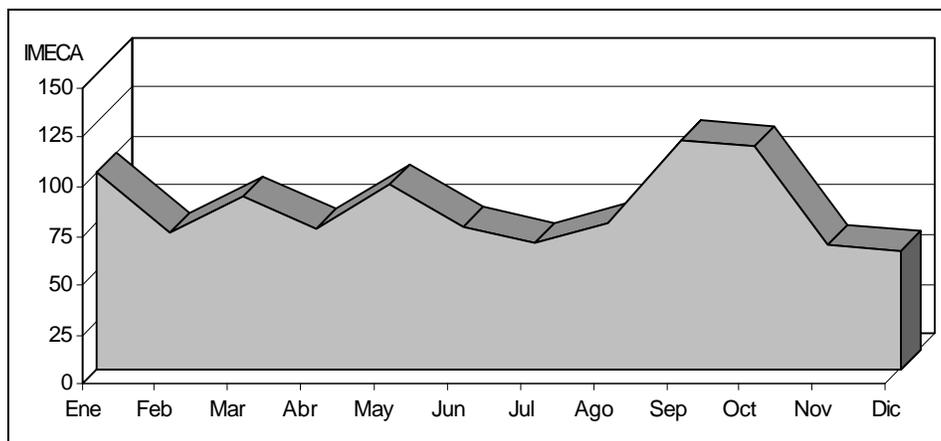
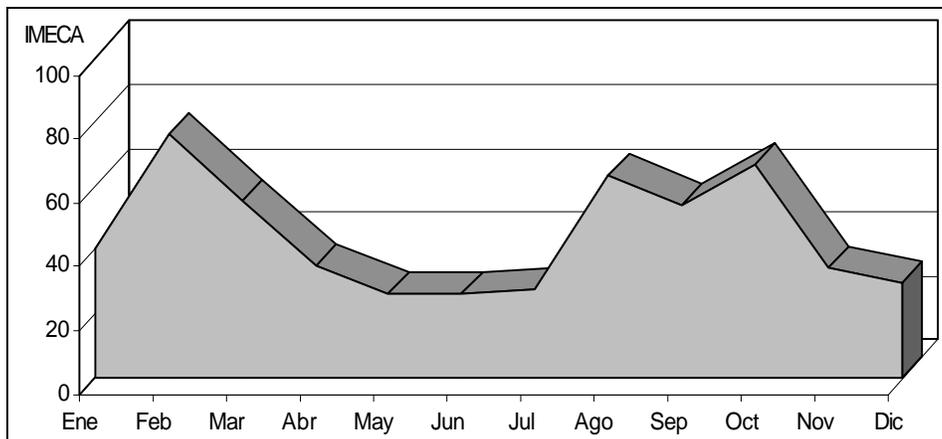


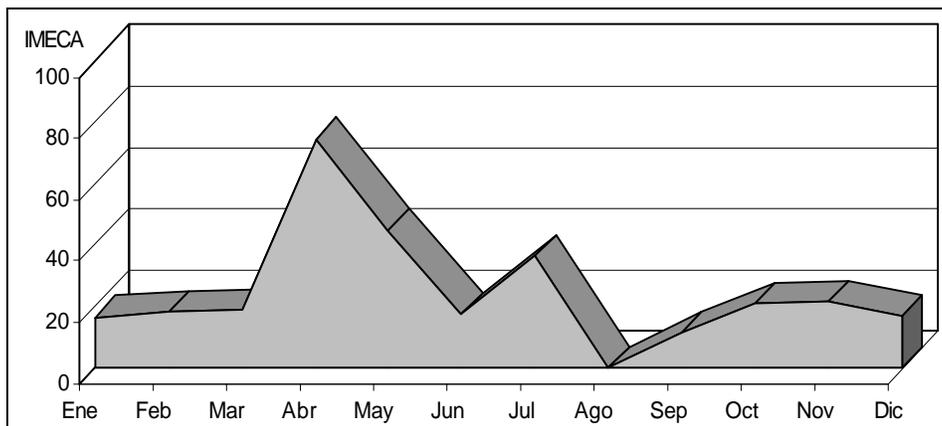
Figura 9.5. IMECA máximo mensual de CO en Tijuana durante 1997



Con relación al monóxido de carbono, para 1997 se aprecia que los valores máximos mensuales de este contaminante fueron por lo general bajos, ya que durante todos los meses del año no se presentaron excedencias a la norma de calidad del aire. El valor mensual más elevado se produjo en febrero, con 76 puntos IMECA, seguido de octubre con 67 puntos (Ver Figura 9.5).

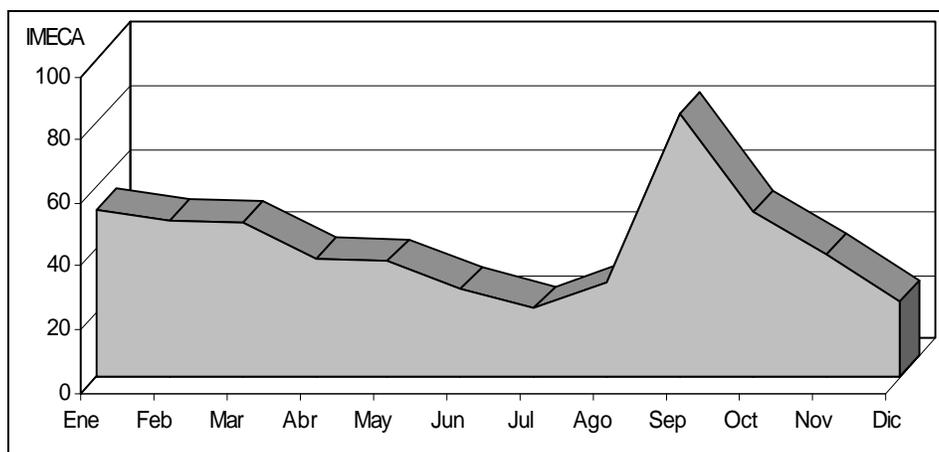
Para el bióxido de azufre los valores máximos mensuales se encontraron por debajo de los 50 puntos IMECA durante todos los meses del año, a excepción de abril que registró 75 puntos; cabe mencionar que no se contó con información para el mes de agosto (Figura 9.6). El promedio anual de SO_2 durante 1997 para Tijuana fue de 0.010 ppm, que comparado con la norma anual de este contaminante, es 3 veces menor.

Figura 9.6. IMECA máximo mensual de SO_2 en Tijuana durante 1997



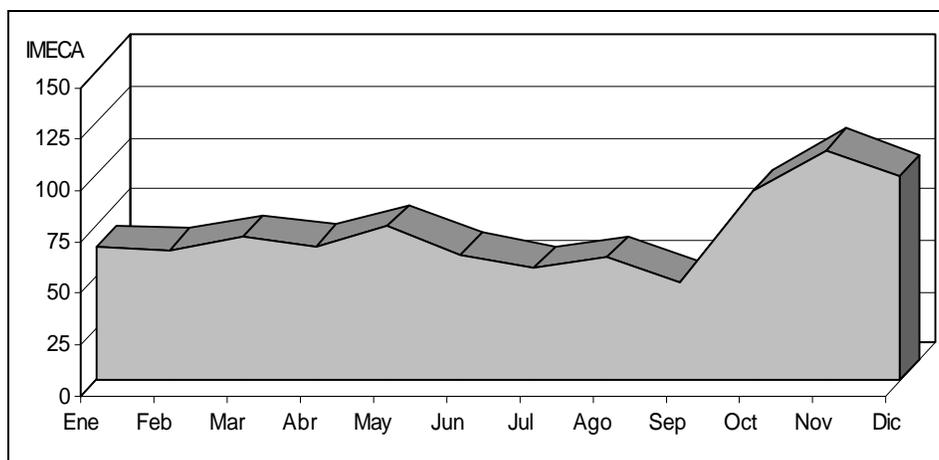
En la Figura 9.7 se observa que los máximos mensuales del bióxido de nitrógeno son en general inferiores a los 90 puntos. El valor mensual más elevado fue de 83 puntos IMECA y se produjo en septiembre.

Figura 9.7. IMECA máximo mensual de NO₂ en Tijuana durante 1997



Las PM₁₀ rebasaron la norma de calidad del aire en el 4% de los muestreos durante 1997. Presentaron un valor máximo mensual de 112 puntos IMECA en noviembre, y para los demás meses los valores fueron menores a los 100 puntos IMECA (Figura 9.8). El promedio anual de las PM₁₀ fue de 70 µg/m³, superior al valor de la norma anual de 50 µg/m³.

Figura 9.8. IMECA máximo mensual de PM₁₀ en Tijuana durante 1997



Conclusiones

- En Tijuana se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire en el 1% de los días, presentándose 3 eventos de más de 100 puntos IMECA y no se alcanzaron los 150 puntos en ninguno de los meses del año.
- El ozono rebasó la norma de calidad del aire en el 1% de los días del año (2 días).
- Las PM 10 presentaron un 4% de los muestreos fuera de norma con un máximo de 112 puntos IMECA. El promedio anual de las PM10 fue de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mayor al valor de la norma anual establecida para este contaminante.
- El bióxido de nitrógeno no rebasó la norma de calidad del aire durante todo el año, los valores máximos mensuales registrados se ubicaron por debajo de los 90 puntos IMECA.
- El bióxido de azufre, al igual que el de nitrógeno, tampoco rebasó su norma de calidad del aire respectiva, dado que los valores máximos mensuales se encontraron por debajo de los 75 puntos IMECA. El promedio anual del bióxido de azufre fue menor que el valor de la norma establecida para este contaminante en una tercera parte.
- En el caso del monóxido de carbono, durante todos los meses analizados no se rebasó la norma de calidad del aire y el valor máximo mensual del IMECA fue cercano a los 80 puntos.

10. CALIDAD DEL AIRE EN MEXICALI

Red de monitoreo de la calidad del aire

La Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ciudad de Mexicali empezó a operar a partir de enero de 1997, dentro del marco del Programa Frontera XXI con recursos de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA) y la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB). Está conformada por 6 estaciones de monitoreo de las cuales 4 son automáticas y registran ozono, bióxido de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono y algunos parámetros meteorológicos como temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, además de muestrearse manualmente las partículas PM10. En las 2 estaciones restantes únicamente se muestrean las PM10. Dichas estaciones son: 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, a través de un contratista.

Figura 10.1. Localización de la red de monitoreo de la calidad del aire en Mexicali

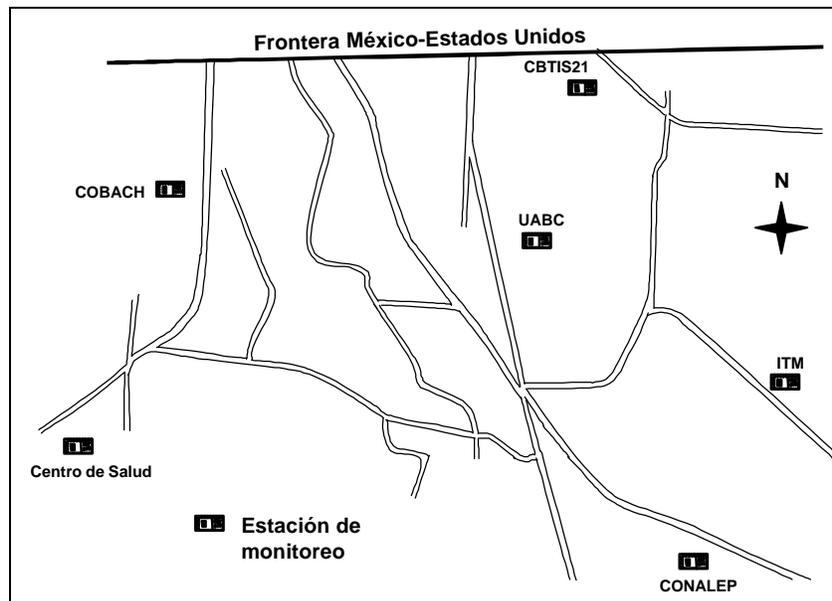


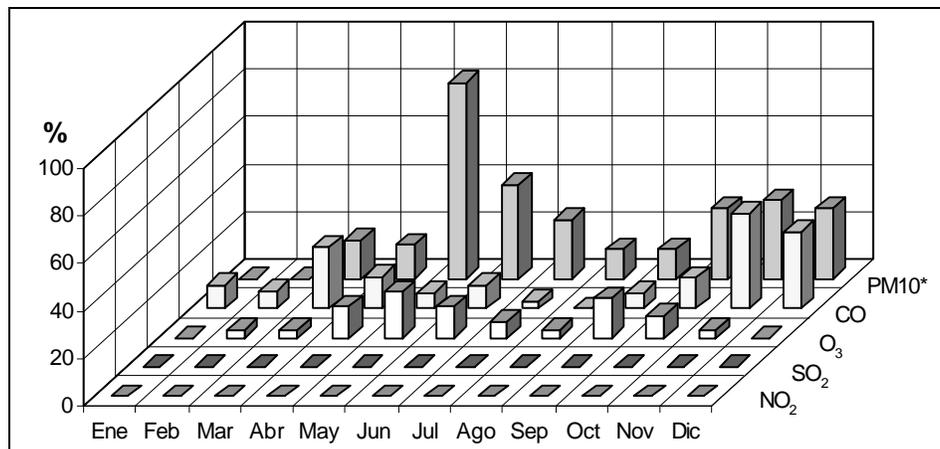
Tabla 10.1. Estaciones de la red de monitoreo de Mexicali y parámetros que mide

N°	Zona	Estación	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	PM10
1	Norte	CBATIS21	X	X	X	X	X
2	Sur	UABC	X	X	X	X	X
3	Suroeste	ITM	X	X	X	X	X
4	Oeste	COBACH	X	X	X	X	X
5	Oeste	Centro de Salud					X
6	Sureste	CONALEP					X

Evolución de la Calidad del Aire

La información generada para cada uno de los contaminantes por las estaciones de monitoreo en la ciudad de Mexicali fue enviada por la Agencia de Recursos del Aire de California y validada en la Dirección de Análisis de Datos del INE. Como se muestra en la información presentada en los resúmenes del Anexo D, en dos de las estaciones no se contó con al menos el 75% del total de datos que durante un año se podrían generar, si no existieran interrupciones en el funcionamiento de los equipos, por lo que los análisis que se presentan permiten contar con un diagnóstico de lo que sucede en cuanto al comportamiento de los contaminantes en la ciudad, sin ser estos totalmente representativos.

Figura 10.2. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en Mexicali durante 1997



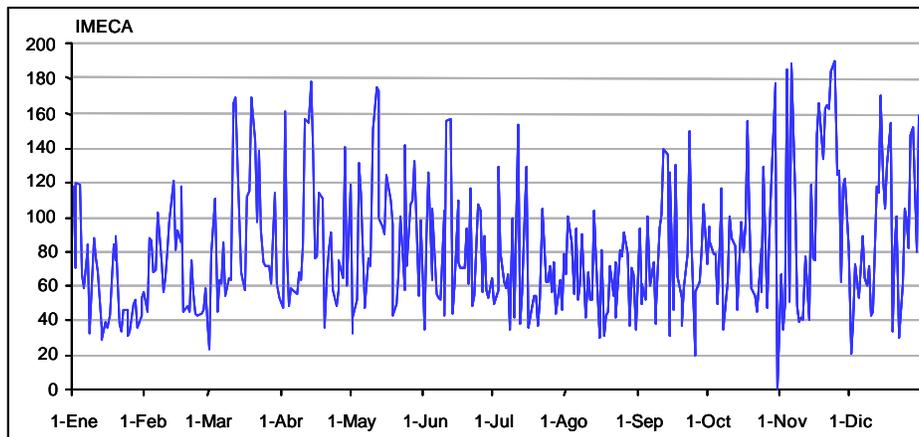
* Porcentaje de muestreos con violación a la norma de PM10.

En la Figura 10.2 se observa el porcentaje de días en que se rebasó alguna de las normas de calidad del aire por contaminante y por mes durante 1997. El contaminante que más veces excedió la norma fue el monóxido de carbono, excediendo la norma en 11 de los meses del año y alcanzando el valor de 40% de los días en el mes de noviembre. El ozono es el siguiente contaminante en

importancia, dado que la frecuencia mensual de excedencias a la norma fue cercana al 19% de los días en mayo; para el resto de los meses el porcentaje de días con violaciones a la norma de este contaminante fue menor al 14%. El bióxido de nitrógeno y de azufre no presentaron violaciones en ninguno de los meses del año. En el caso de las partículas PM10, éstas rebasaron la norma hasta en un 83% de los muestreos en mayo y en los demás meses lo hicieron por debajo del 40% de los muestreos realizados.

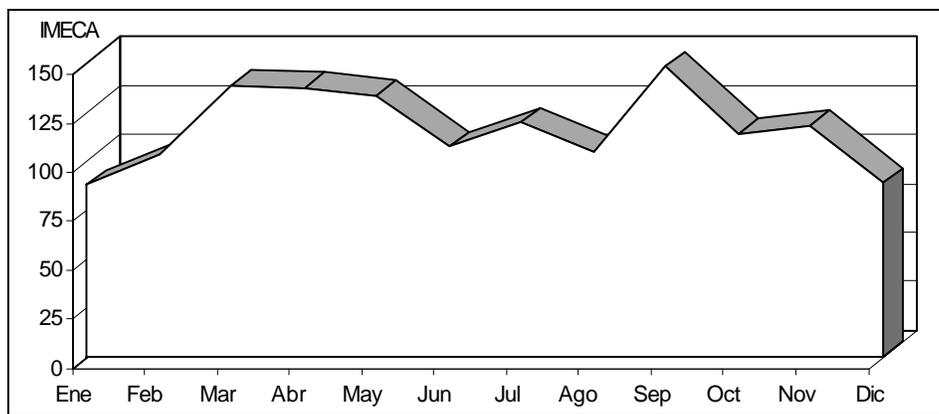
Con objeto de mostrar el comportamiento general de la contaminación del aire en la ciudad, la gráfica siguiente presenta el valor máximo diario del IMECA, para los 12 meses de 1997. Se observa que durante todos los meses del año se presentaron excedencias a las normas de calidad del aire, aunque únicamente en noviembre se alcanzaron los 190 puntos IMECA. En Mexicali en 1997 se rebasó al menos alguna de las normas de calidad del aire en el 27% de los días, siendo un 7% de ellos mayores a los 150 puntos IMECA. El nivel de los 200 puntos no se alcanzó.

Figura 10.3. IMECA máximo diario en Mexicali durante 1997



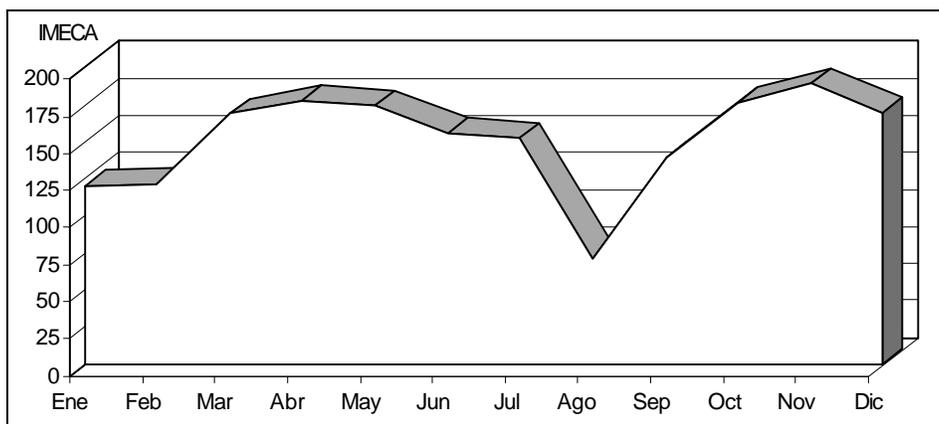
En la Figura 10.4 se muestra el IMECA máximo mensual de ozono durante 1997, apreciándose que los valores máximos de este contaminante exceden la norma de calidad del aire en 10 de los 12 meses del año; el valor mensual más elevado correspondió a septiembre con 149 puntos IMECA. Así mismo, durante 1997 se rebasó la norma de este contaminante en el 8% de los días.

Figura 10.4. IMECA máximo mensual de ozono en Mexicali durante 1997



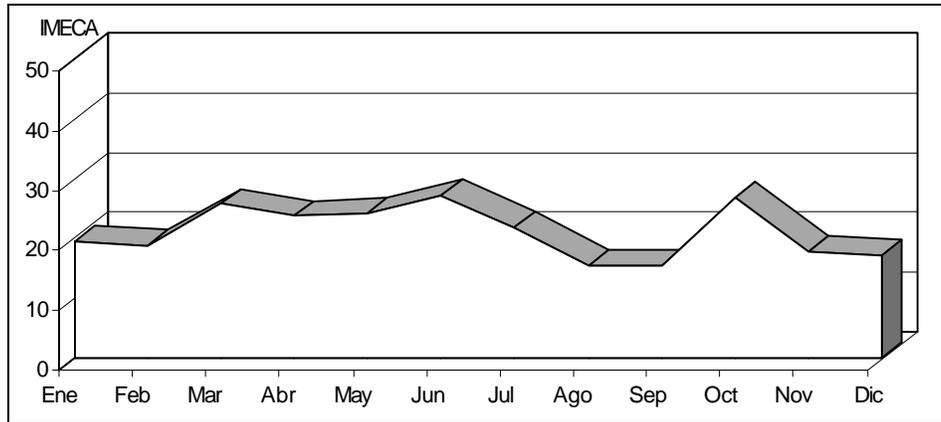
En la Figura 10.5 se observa que durante 1997 los máximos mensuales de monóxido de carbono estuvieron por encima de la norma en 11 de los meses del año, registrando el valor más elevado en noviembre con 190 puntos IMECA. Durante este año se tuvo un 14% (51 días) de violaciones a la norma. Esta alta frecuencia de violaciones a la norma de CO indica la urgente necesidad de regular los procesos de combustión estacionaria y de iniciar un programa de verificación en la ciudad para mitigar las emisiones vehiculares de este contaminante.

Figura 10.5. IMECA máximo mensual de monóxido de carbono en Mexicali durante 1997



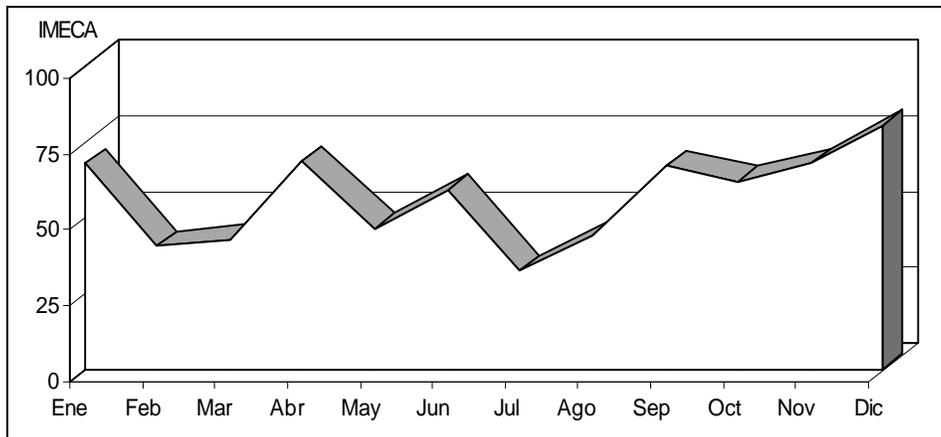
La Figura 10.6 ilustra el comportamiento de los valores máximos mensuales de bióxido de azufre durante 1997, observándose que se encuentran muy por debajo de la norma, ya que los valores máximos mensuales se ubican por debajo de los 30 puntos IMECA. El promedio anual de SO₂ en Mexicali durante 1997 fue de 0.012 ppm que es de casi una tercera parte del establecido en su norma anual.

Figura 10.6. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en Mexicali durante 1997



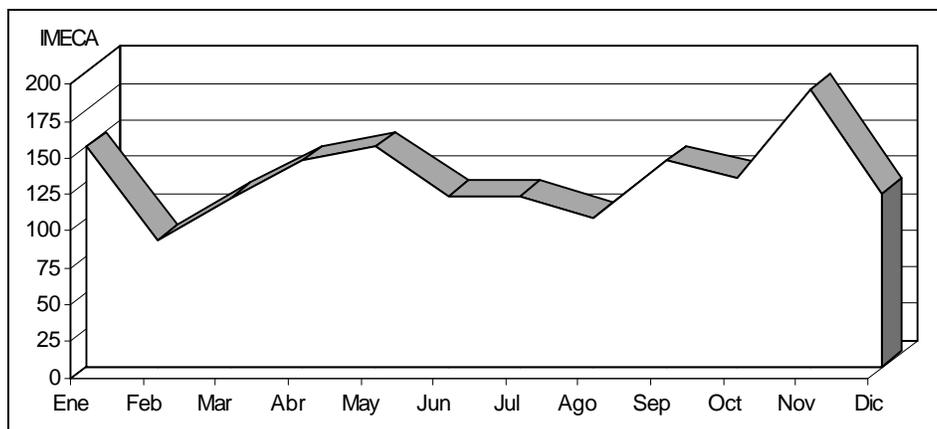
La Figura 10.7 muestra los valores máximos mensuales de bióxido de nitrógeno registrados para 1997. Se observa que este contaminante cumple con la norma de calidad del aire respectiva, ya que los máximos mensuales se ubicaron por debajo de los 80 puntos IMECA.

Figura 10.7. IMECA máximo mensual de bióxido de nitrógeno en Mexicali durante 1997



Las partículas PM10 en Mexicali presentaron valores por arriba de la norma en 10 de los meses del año, alcanzando el valor máximo mensual de 189 puntos IMECA en noviembre de 1997. Este contaminante rebasó su norma en el 37% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, un poco más de dos veces el valor establecido en su norma anual.

Figura 10.8. IMECA máximo mensual de PM10 en Mexicali durante 1997



Conclusiones

- El porcentaje de días en que se rebasó alguna norma de calidad del aire en Mexicali fue de 27% (98 días al año) y el nivel de los 150 puntos IMECA se rebasó en el 7% de los días, sin alcanzarse los 200 puntos.
- El monóxido de carbono fue el contaminante que más veces rebasó la norma de calidad del aire con 51 días (14%), presentando un valor máximo de 190 puntos IMECA.
- La frecuencia de excedencias a la norma de ozono fue de 8% (28 días). El registro máximo fue de 149 puntos.
- El bióxido de nitrógeno no presentó excedencias al valor de su norma para ninguno de los meses del año y los máximos valores se presentaron por debajo de los 85 puntos IMECA.
- El bióxido de azufre presentó valores por debajo de los 30 puntos IMECA. El promedio anual fue de 0.012 ppm para 1997 que es menor en casi una tercera parte del valor de su norma anual.
- Las PM10 presentaron un valor máximo de 189 puntos IMECA, rebasando su norma en el 37% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, más del doble al establecido en su norma anual.

11. CALIDAD DEL AIRE EN OTRAS CIUDADES

A continuación se presenta la información disponible de siete ciudades que, si bien a la fecha no cuentan con redes de monitoreo de gran dimensión, en ellas se monitorean algunos parámetros de la calidad del aire. Asimismo, se describe la campaña de monitoreo efectuada en 1997 con la unidad móvil del INE.

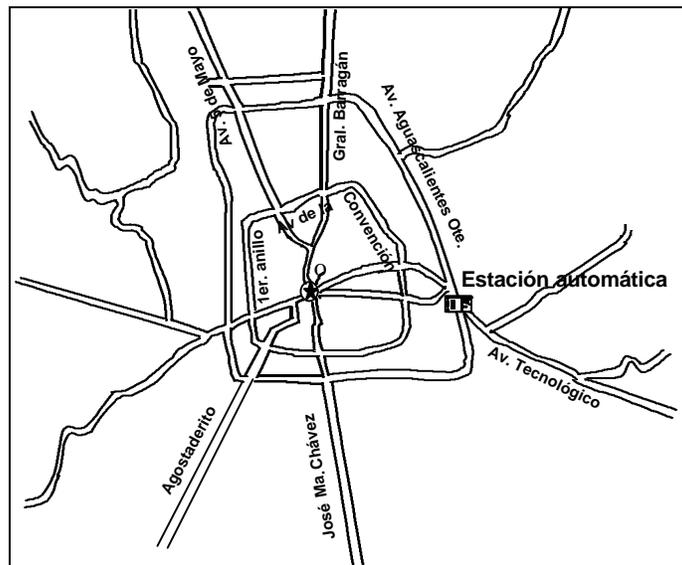
11.1. Calidad del Aire en Aguascalientes

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

La red de monitoreo de la calidad del aire en la ciudad de Aguascalientes, Ags. cuenta con una estación automática para medir los contaminantes primarios, y se localiza en la zona centro de la ciudad. La estación contiene equipo para realizar el monitoreo de bióxido de nitrógeno, bióxido de azufre y monóxido de carbono, y entró en operación en febrero de 1997, con apoyo del Instituto Nacional de Ecología que calibró los equipos y capacitó al personal para su operación. Esta red es administrada por la Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Aguascalientes.

A continuación se muestra la localización de la estación.

Figura 11.1. Localización de la Estación de Monitoreo de Aguascalientes



Evolución de la Calidad del Aire

La información de la estación de monitoreo fue proporcionada al INE por la Subsecretaría de Ecología del Gobierno del Estado de Aguascalientes, en donde fue validada por la Dirección de Análisis de Datos Ambientales.

A fin de mostrar el comportamiento general de la calidad del aire en la ciudad de Aguascalientes, a continuación se presentan los valores IMECA máximos diarios medidos durante 1997. Como se puede observar en este año no se registraron violaciones a las normas de calidad del aire, para ninguno de los contaminantes, ya que los valores más elevados fueron menores a los 80 puntos IMECA.

Figura 11.2. IMECA máximo diario en Aguascalientes durante febrero-diciembre, 1997

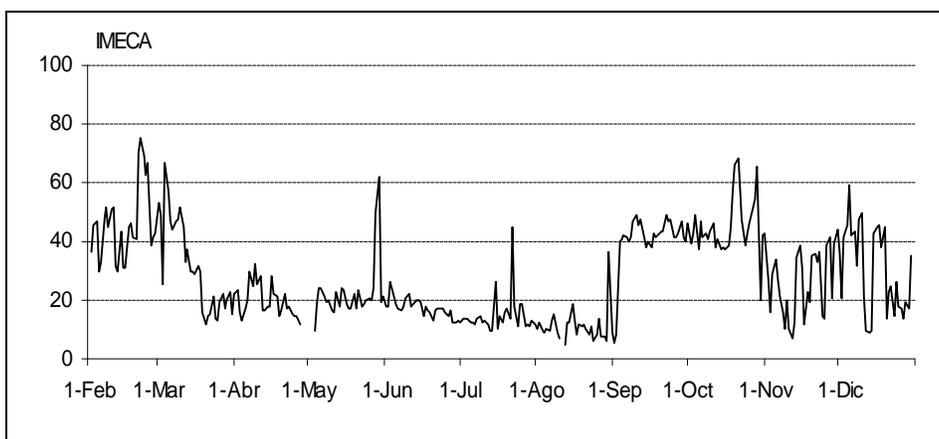
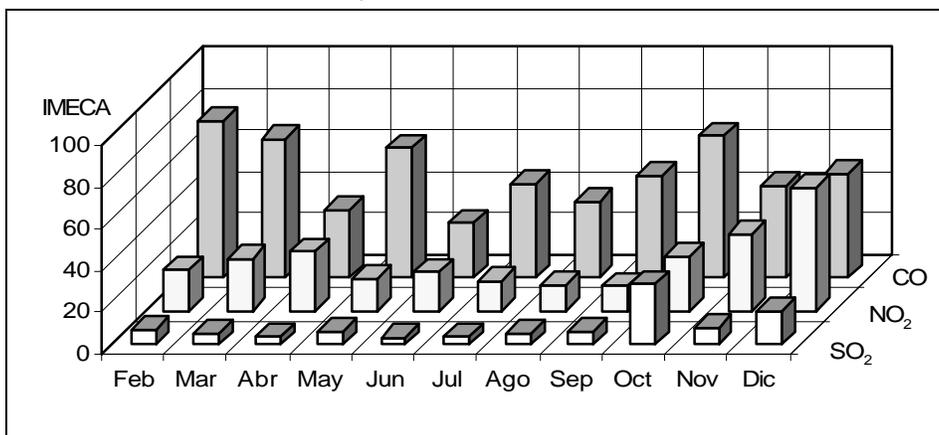


Figura 11.3. IMECA máximo mensual por contaminante (CO, SO₂, NO₂) en Aguascalientes durante 1997



La Figura 11.3 presenta el valor máximo mensual del IMECA, para once meses de 1997. Como se mencionó, en general los valores más elevados se encontraron por debajo de los 80 puntos IMECA y el contaminante que presentó los niveles más elevados fue el monóxido de carbono, sobre todo en los meses de febrero, marzo, mayo y octubre. El bióxido de nitrógeno mostró un comportamiento estacional, ya que en la época fría del año registró los valores más elevados, que fueron del orden de los 60 puntos IMECA. El bióxido de azufre es un contaminante que en general no presenta valores superiores a los 20 puntos, por lo que no representa un problema en la actualidad para la calidad del aire de la ciudad.

El promedio anual de los niveles máximos diarios de bióxido de azufre registrados en la red de monitoreo de Aguascalientes durante 1997 fue de 0.005 ppm, que comparado con el valor de la norma establecida para este contaminante es 6 veces menor.

Conclusiones

- Durante 1997 en la ciudad de Aguascalientes no se rebasaron las normas de calidad del aire del monóxido de carbono, del bióxido de azufre y del bióxido de nitrógeno.
- El bióxido de nitrógeno presentó un comportamiento estacional, con las mayores concentraciones en el invierno y del orden de 60 puntos IMECA.
- El bióxido de azufre mostró valores bajos durante todos los meses del año, inferiores a los 30 puntos IMECA. El promedio anual fue seis veces menor al valor establecido en la norma anual de este contaminante.
- El monóxido de carbono presentó valores inferiores a los 80 puntos IMECA durante todo el año.

11.2. Calidad del Aire en Cananea

Red de monitoreo de la calidad del aire

La empresa fundidora Mexicana de Cananea, S.A. de C.V., establecida en Cananea, Son., cuenta con una red automática de monitoreo con 5 estaciones, que empezó a operar a partir de 1993 y mide con instrumentos continuos las concentraciones de bióxido de azufre debido, entre otras razones, al compromiso que como fundidora tiene dentro del marco del Acuerdo de la Paz de México con los Estados Unidos de América. Las estaciones de la red se ubican en el entorno de la fundidora y distribuidas como se muestra en la siguiente figura.

Figura 11.4. Localización de la Red de Monitoreo en Cananea

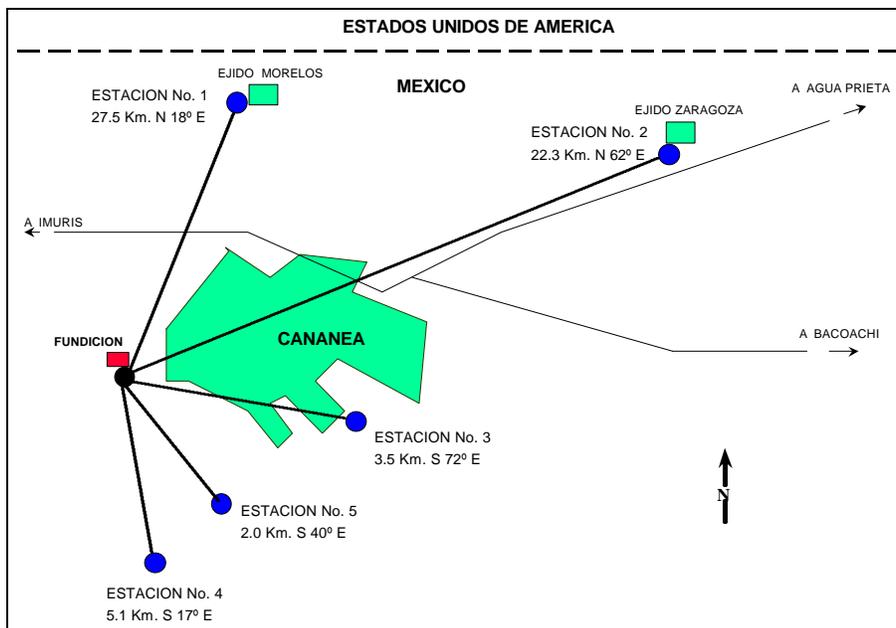


Tabla 11.1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Cananea y parámetros que mide

Est.	Ubicación	SO ₂	Met.
1	Ejido J. Ma. Morelos	X	
2	Ejido I. Zaragoza	X	
3	Club Campestre	X	
4	Las Mexicanas	X	
5	Servicios	X	X

Evolución de la calidad del aire

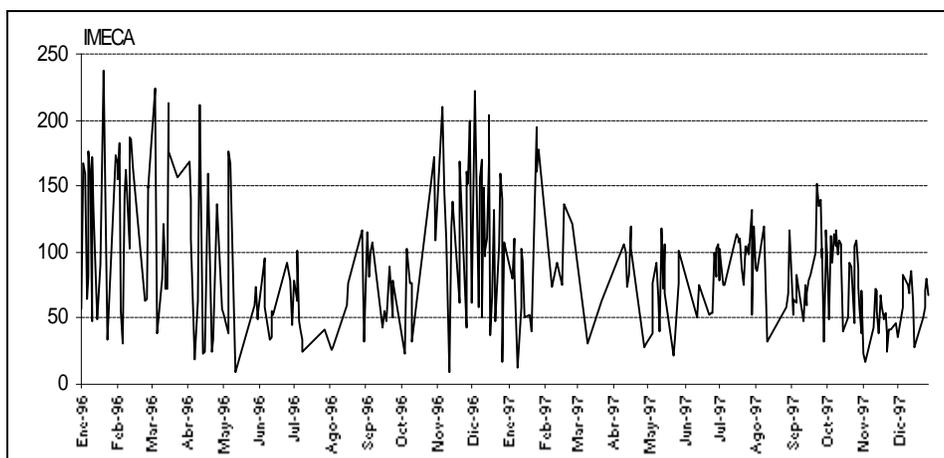
Las bases de datos de SO₂ fueron proporcionadas al INE por el Departamento de Ecología de Mexicana de Cananea, S.A. de C.V., en donde la información fue validada por la Dirección de Análisis de Datos Ambientales.

A continuación se presentan una serie de gráficas que permiten evaluar el comportamiento de la calidad del aire durante el periodo 1996-1997; es necesario mencionar que el número de datos durante este tiempo fue relativamente pequeño, por lo que las conclusiones que del análisis se deriven, deben considerarse a título indicativo únicamente y no representativo.

A fin de mostrar las tendencias generales de contaminación por SO₂, la figura siguiente presenta el valor máximo diario del IMECA para 1996 y 1997. Se puede observar que se presentan 2 periodos en donde los picos diarios alcanzaron más de 150 puntos IMECA, e incluso en algunas ocasiones se rebasaron los

200 puntos; el primer periodo ocurrió de enero a mayo de 1996 y el segundo de octubre de 1996 a febrero de 1997; para el resto de los meses de 1997 sólo se registra un valor por arriba de los 150 puntos IMECA.

Figura 11.5. IMECA máximo diario de bióxido de azufre en Cananea



En la Tabla 11.2, se observa que en 1997 se rebasó el valor de la norma de SO_2 en un 29% del tiempo (44 días), valor que es de más de la mitad del registrado durante 1996 que fue de 46% (63 días). Es importante hacer notar que el nivel de los 200 puntos IMECA no se alcanzó durante 1997 y que en 1996 se rebasó en 8 días.

Tabla 11.2. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en Cananea durante 1996-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	46	63	29	39	6	8
1997	29	44	3	4	0	0

En la Figura 11.6 se muestra el porcentaje de días en que se rebasó la norma de calidad del aire del bióxido de azufre, de enero de 1996 a diciembre de 1997, en las cinco estaciones de monitoreo que conforman la red. Se puede apreciar que en la Estación 4 (Las Mexicanas), es donde más frecuentemente se rebasa la norma de SO_2 con valores del 100% de los días en 6 de los meses monitoreados, seguida de la Estación 5 (Servicios) con 70% en 2 de los meses monitoreados. En la estación 1 (Ejido J. M. Morelos) sólo hubo datos para 3 meses, noviembre de 1996, y enero y noviembre de 1997, y no se rebasó la norma. En la estación 2 (I. Zaragoza) sólo existen datos para mayo de 1996, y agosto y septiembre de 1997, en estos dos últimos se presentaron valores por encima de la norma en el 60% y 100% de sus días, respectivamente. Finalmente en la estación 3 (Club Campestre) se rebasó la norma en junio de 1997 en el 70% de sus días.

Figura 11.6. Porcentaje de días por mes con excedencias de SO₂ en Cananea

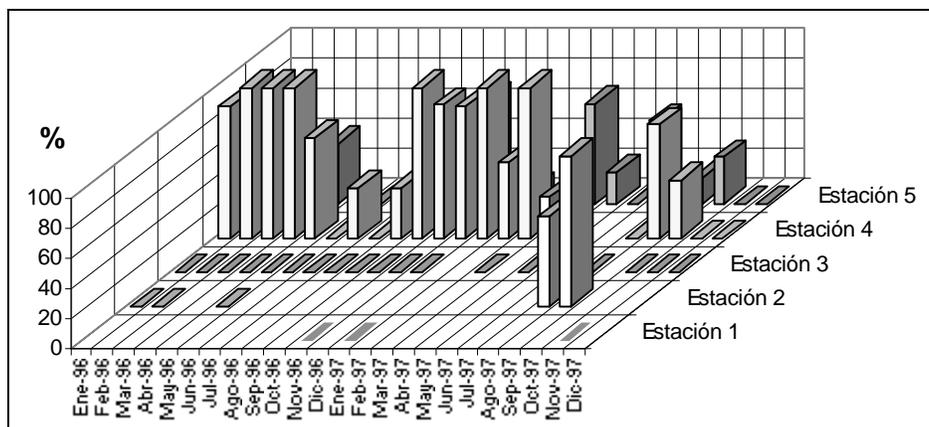
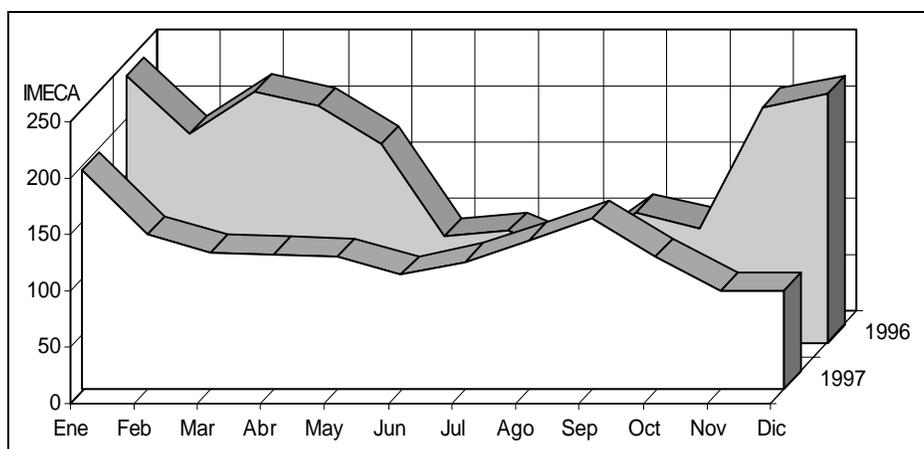


Figura 11.7. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en Cananea



La Figura 11.7 muestra el comportamiento de los valores máximos mensuales de bióxido de azufre en Cananea durante 1996-1997. Se puede observar que durante 1996 se presentaron un mayor número de meses con violaciones a la norma, con valores incluso por arriba de los 200 puntos IMECA en enero, marzo, abril, noviembre y diciembre. Para 1997, los valores fueron menores, ya que solamente se rebasaron los 150 puntos IMECA en 2 de los meses del año (enero y septiembre).

A continuación se presentan los promedios anuales de SO₂ en Cananea durante 1996 y 1997. Se puede apreciar que en ambos años el promedio de las concentraciones de bióxido de azufre rebasó el valor de la norma anual establecida para este contaminante en hasta 5 y 3 veces su valor, respectivamente.

Tabla 11.3. Promedio anual de SO₂ en Cananea durante 1996-1997

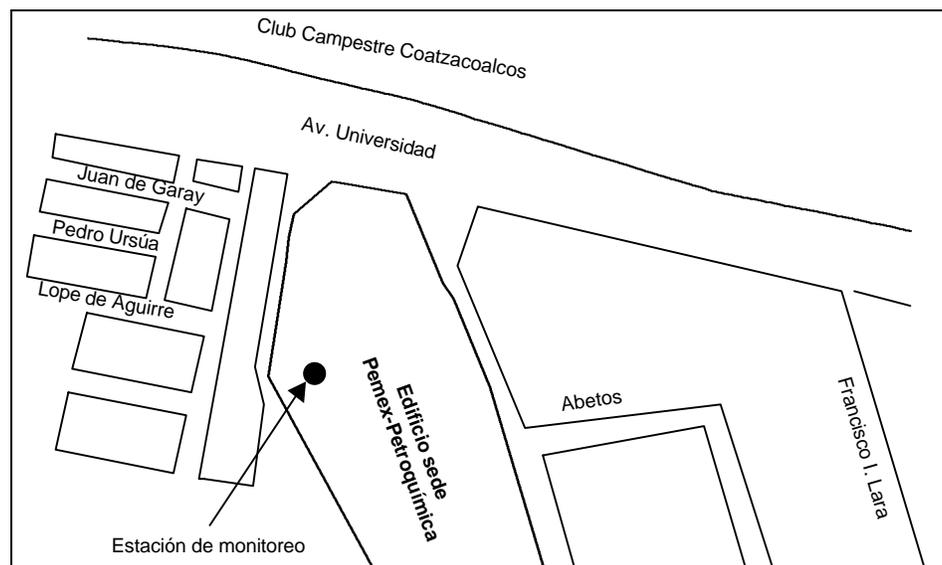
Año	Promedio anual (ppm)
1996	0.156
1997	0.107

Conclusiones.

- Durante 1997, en Cananea se presentaron 44 días (29% de los días del año) por arriba de la norma de SO₂ y se rebasaron los 150 puntos IMECA en 4 días. El nivel de los 200 puntos no se alcanzó.
- La estación "Las Mexicanas", localizada al sur de la ciudad, registró el mayor número de violaciones a la norma de SO₂.
- EL promedio anual de SO₂ en Cananea para 1997 fue de 0.107 ppm, superior en más de 3 veces el valor de la norma anual para este contaminante que es de 0.030 ppm.

11.3. Calidad del aire en Coatzacoalcos

Figura 11.8. Localización de la Estación de Monitoreo en Coatzacoalcos



Evolución de la calidad del aire

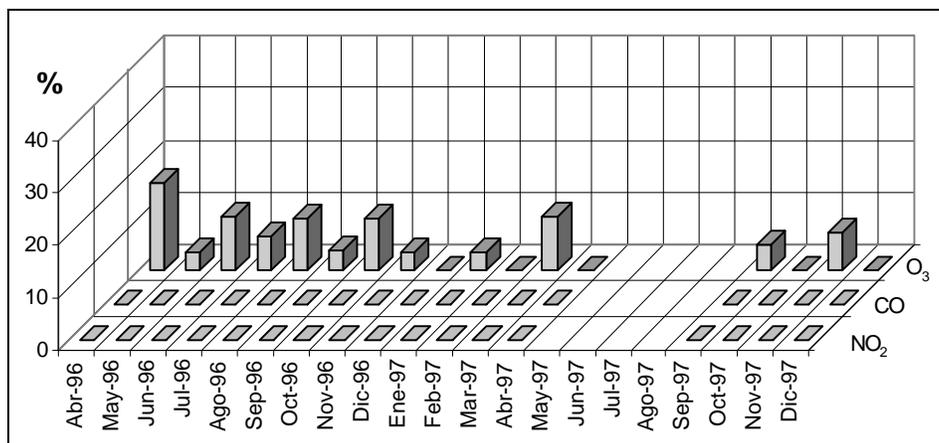
La información presentada en este informe fue proporcionada por la Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental de Petróleos Mexicanos y la Dirección de Análisis de Datos Ambientales del INE la validó conforme a los métodos esta-

blecidos por la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos de América para estos contaminantes. Es importante aclarar que no se generó información para tres meses de 1996 y cuatro meses de 1997, por lo que el análisis tomó en consideración únicamente 17 de los meses de los dos años representados.

A continuación se presentan una serie de gráficas y tablas que permiten evaluar el comportamiento de la calidad del aire de abril de 1996 a diciembre de 1997.

La Figura 11.9 muestra el porcentaje de días por mes con excedencias a las normas de calidad del aire para el ozono, el monóxido de carbono y el bióxido de nitrógeno. Se puede apreciar que el único contaminante que rebasó la norma de calidad del aire fue el ozono, alcanzando un 17% de violaciones en el mes de abril de 1996. El bióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono no rebasaron sus normas de calidad del aire.

Figura 11.9. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en Coatzacoalcos durante abril 1996-diciembre 1997



La Figura 11.10 presenta el valor máximo diario del IMECA de abril de 1996 a diciembre de 1997. Se observa que en el periodo de análisis en dos ocasiones se rebasaron los 200 puntos IMECA (abril de 1996 y noviembre de 1997), así como el nivel de los 150 puntos IMECA (abril y agosto de 1996). En el resto de los días monitoreados se presentaron valores máximos diarios inferiores a este nivel. Como se mencionó la estación estuvo fuera de operación de mayo a agosto de 1997.

Con objeto de completar la información anterior, la Tabla 11.4 muestra el porcentaje y número de días en que se rebasaron los diferentes niveles IMECA en 1996 y 1997. En 1996 se rebasó la norma en el 7% de los días.

Figura 11.10. IMECA máximo diario en Coatzacoalcos durante abril 1996-diciembre 1997

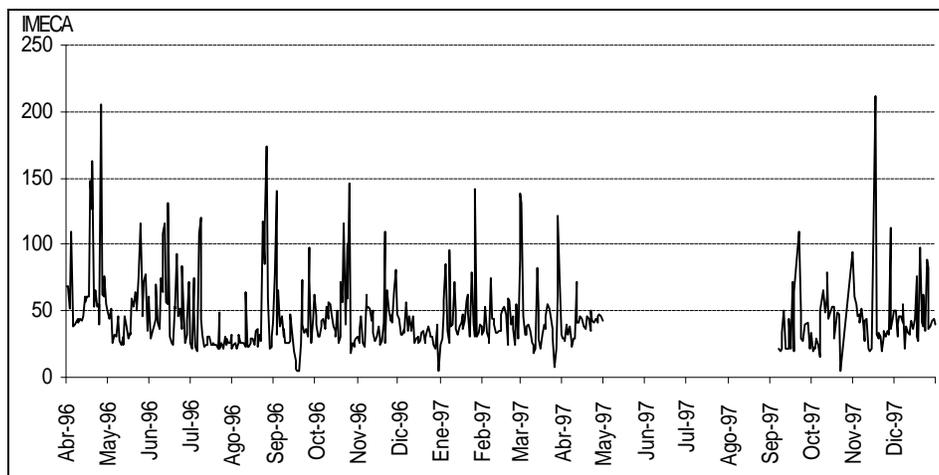


Tabla 11.4. Porcentaje y número de días por encima de los 100, 150 y 200 puntos IMECA en Coatzacoalcos, 1996-1997

Año	≥ 100		≥ 150		≥ 200	
	%	No.	%	No.	%	No.
1996	7	19	1	3	0.4	1
1997	3	7	0.5	1	0.5	1

Es conveniente mencionar que en 1997 la información presentada no es suficiente para obtener cifras anuales representativas puesto que sólo se midió en 8 de los 12 meses del año, y el número de días con información no alcanza el 75% del total que se podrían generar en un año; sin embargo, el porcentaje de datos disponibles fue cercano al 60%, lo cual permite contar con una buena idea de la situación actual. Con la información disponible se tiene que en 1997 en Coatzacoalcos se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire en 3% de los días monitoreados (7días) y sólo se presentó un valor superior a los 150 puntos IMECA que fue de 211 puntos en noviembre; como se mencionó anteriormente, todas las excedencias fueron por ozono.

La Figura 11.11 muestra el comportamiento de los valores IMECA máximos mensuales de ozono durante 1996 y 1997, se observa que el valor máximo en el último año se dio en noviembre con 211 puntos IMECA.

En la Figura 11.12, se observa que los máximos mensuales de monóxido de carbono durante el periodo monitoreado, se presentaron en mayo y agosto de 1996 y septiembre de 1997, aunque estos no rebasaron la norma de calidad del aire, ya que siempre se ubicaron por debajo de los 40 puntos IMECA. También se aprecia que este contaminante no tiene un patrón de comportamiento definido.

Figura 11.11. Máximo mensual de ozono en Coatzacoalcos durante abril 1996-diciembre 1997

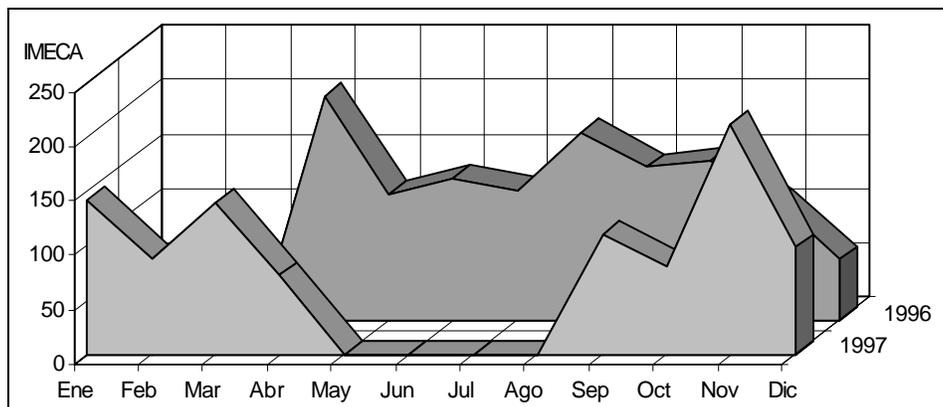
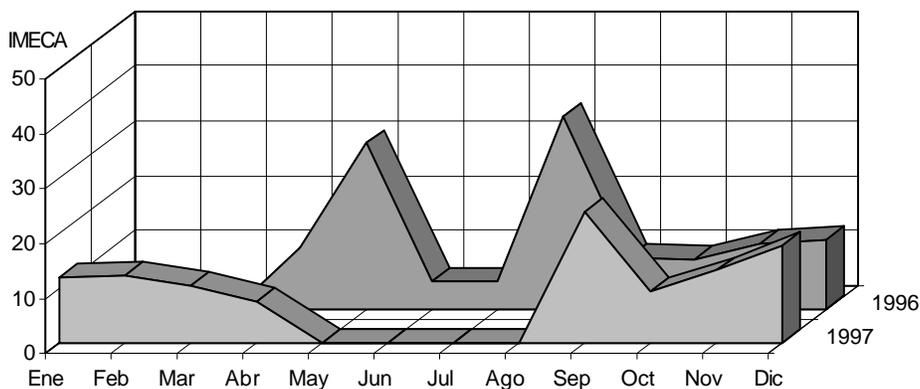


Figura 11.12. IMECA máximo mensual de CO en Coatzacoalcos durante abril 1996-diciembre 1997



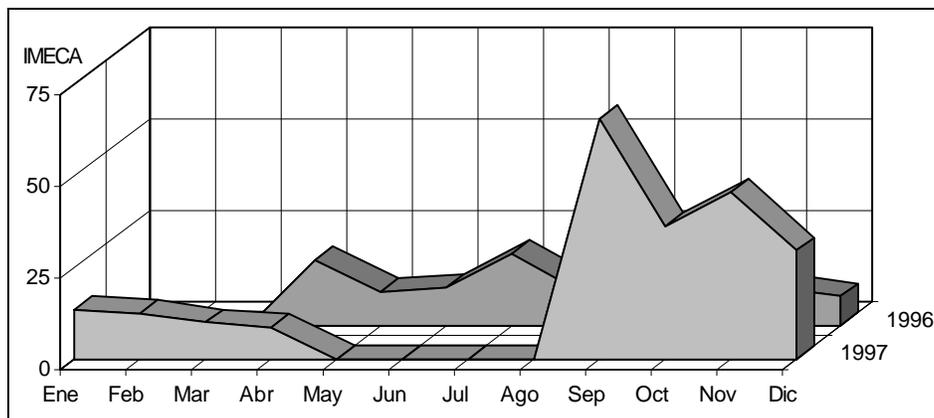
En la Figura 11.13, se presentan los valores máximos mensuales de bióxido de nitrógeno. El máximo valor alcanzado por este contaminante fue de 66 puntos IMECA en septiembre de 1997; comparando los valores máximos mensuales presentes en 1996 y 1997, se ve que durante este último año se registraron valores más elevados.

Conclusiones

- En 1997, en Coatzacoalcos se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire en el 3% de los días monitoreados (7 días) y sólo se presentó un valor superior a los 150 puntos IMECA que fue de 211 puntos en el mes de noviembre; todas las excedencias fueron por ozono.

- El bióxido de nitrógeno no rebasó la norma de calidad del aire, ubicándose siempre por debajo de los 70 puntos IMECA.
- El monóxido de carbono registró valores bajos durante los dos años monitoreados y los valores siempre se encontraron por debajo de los 30 puntos IMECA.

Figura 11.13. Máximo mensual de NO₂ en Coatzacoalcos durante abril 1996-diciembre 1997



11.4. Calidad del aire en Manzanillo

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

En 1996 la CFE puso en operación una red de monitoreo de la calidad del aire en el puerto de Manzanillo, Col. La red cuenta con 3 estaciones de monitoreo ambiental. La estación EMA1 está ubicada en el centro de la ciudad de Manzanillo, la estación EMA2 se encuentra en el desarrollo turístico Las Hadas y la estación EMA3 se ubica en el edificio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Colima. En estas estaciones se miden contaminantes como el SO₂, NO₂, PST, PM10 y parámetros meteorológicos, como la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento. En la Figura 11.14 se muestra la localización de las estaciones de monitoreo en la zona.

Evolución de la Calidad del Aire.

Los resúmenes mensuales de SO₂, NO₂, PST y PM10 fueron validados y enviados al INE por la Comisión Federal de Electricidad (Termoeléctrica Manzanillo).

En el puerto de Manzanillo no se rebasaron las normas de calidad del aire de bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales y partículas menores a 10 micrómetros durante 1996 y 1997.

Figura 11.14. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Manzanillo

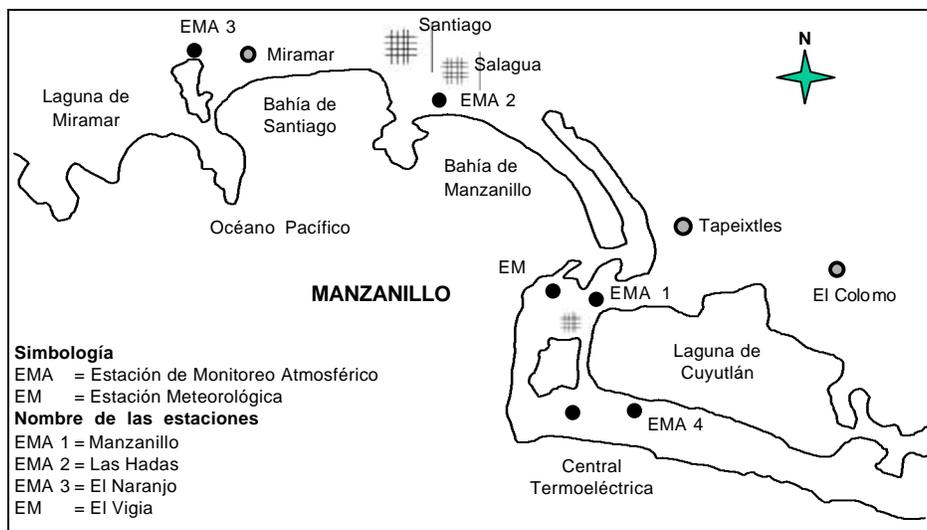
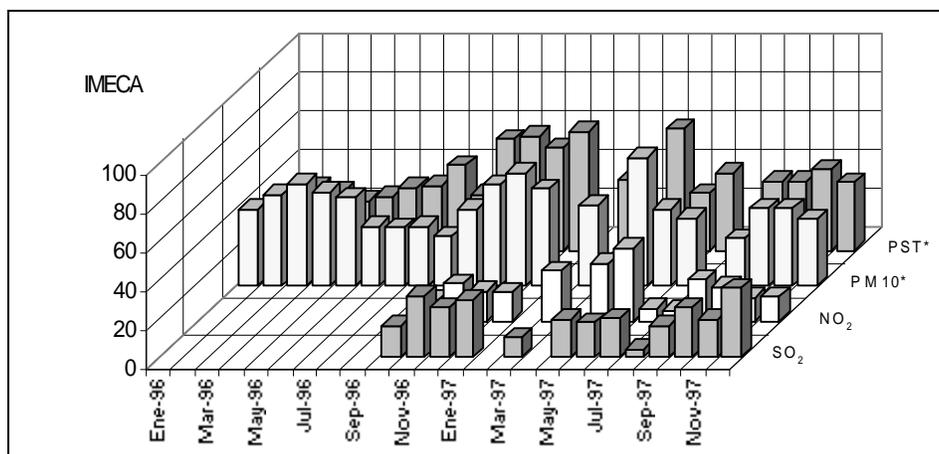


Tabla 11.5. Estaciones de la Red de Monitoreo de Manzanillo y parámetros que mide

Nº	ESTACION	SO ₂	NO ₂	PST	PM10
1	Manzanillo	X	X	X	X
2	Las Hadas	X	X	X	X
3	El Naranjo	X	X	X	X

Figura 11.15. IMECA Máximo mensual por contaminante durante 1996-1997 CFE Termoeléctrica de Manzanillo



* Valores máximos mensuales de los muestreos de PST y PM10.

En la Figura 11.15 se puede apreciar el comportamiento de los IMECA máximos mensuales de los contaminantes medidos durante el período 1996-1997. Las partículas PM10 presentaron los valores más elevados durante todo el periodo considerado, alcanzando valores de 58 puntos IMECA para diciembre de 1996 y de 66 puntos IMECA para mayo de 1997, con un promedio anual aritmético en 1997 de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superior al valor de su norma anual.

En el caso de las partículas suspendidas totales (PST) el valor máximo de los muestreos se alcanzó en noviembre de 1996 con 59 puntos y para 1997 el valor máximo fue de 62 puntos IMECA durante el mes de mayo, el promedio anual en 1997 fue de $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor superior a su norma anual.

Para el bióxido de azufre, en 1996 únicamente se cuenta con información a partir de octubre, el máximo valor para este año fue de 32 puntos en noviembre. En 1997 el máximo se registró en diciembre con 35 puntos IMECA y su promedio anual fue de 0.026 ppm, que es menor al valor de su norma anual.

En el caso del bióxido de nitrógeno el valor máximo durante 1996 fue de 19 puntos y en 1997 fue de 38 puntos IMECA.

Del análisis del comportamiento de los contaminantes por zona, se pudo apreciar que en la estación Manzanillo (EMA1), los contaminantes que registraron los valores IMECA más elevados fueron las PM10 y las PST. En el caso de la estación Las Hadas (EMA2), se observó un comportamiento similar a EMA1; en esta estación fue donde se detectaron también los valores más elevados de NO_2 y SO_2 con 38 y 35 puntos. En la estación El Naranjo (EMA3) se presentaron los valores más bajos de NO_2 y SO_2 .

Conclusiones.

- Los contaminantes medidos en la red de monitoreo del Puerto de Manzanillo durante 1996-1997 no rebasaron las normas de calidad del aire.
- Las partículas suspendidas totales (PST) alcanzaron el máximo valor de 62 puntos IMECA en mayo de 1997, con un promedio anual de $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor superior a su norma.
- Las partículas PM10, al igual que las partículas suspendidas totales, alcanzaron los valores IMECA más elevados, que fueron de 66 puntos, con un promedio aritmético anual de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superior al valor de su norma.
- El bióxido de nitrógeno presentó valores inferiores a la mitad del valor de la norma de calidad del aire (38 puntos IMECA).
- El bióxido de azufre registró un valor máximo de 35 puntos IMECA y un promedio anual de 0.026 ppm, menor al valor de su norma anual.

11.5. Calidad del Aire en Nacoziari

Red de Monitoreo de la calidad del aire

La empresa Mexicana de Cobre S.A. de C.V. se encuentra instalada en el municipio de Nacoziari, Son., a aproximadamente 80 Km de la frontera con los Estados Unidos, y cuenta con una red de monitoreo que empezó a operar a partir de 1993 con 4 estaciones y posteriormente en 1995 se adicionaron 2 más. La red mide con instrumentos continuos bióxido de azufre debido, entre otras razones, al compromiso que como fundidora tiene dentro del marco del Acuerdo de la Paz de México con los Estados Unidos de América, a través del cual existe el compromiso de mantener los niveles de bióxido de azufre dentro de lo especificado por la norma de calidad del aire. Las estaciones de la red se ubican en el entorno de la fundidora, distribuidas como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 11.6. Estaciones de la Red de Monitoreo de Nacoziari y parámetros que mide

Nº	ZONA	ESTACION	SO ₂	Met.
1	S-SE	Aeropuerto	X	X
2	N-NO	Esqueda-Fundición	X	
3	S	El Globo-Caseta Nº 2	X	
4	E-SE	El Globo	X	
5	S-SE	Fundición-Nacoziari	X	
6	N-NO	Agua Prieta-Esqueda	X	

A continuación se analiza de forma sintetizada la información de la calidad del aire de la red de Mexicana de Cobre S.A. de C.V, en Nacoziari, durante el periodo comprendido de enero a diciembre de 1996 y 1997.

Las bases de datos de bióxido de azufre fueron proporcionadas por la Superintendencia de la empresa y la información fue recibida y validada por la Dirección de Análisis de Datos Ambientales del INE.

Evolución de la Calidad del Aire

La Figura 11.16 presenta los máximos diarios del IMECA para los 24 meses monitoreados. En términos generales se observa que los niveles de bióxido de azufre son bajos, ya que se ubican por debajo de los 50 puntos durante los dos años.

En la Figura 11.17, se muestra el comportamiento de los valores máximos mensuales de SO₂ en Nacoziari durante 1996 y 1997. Se puede observar que en ambos años este contaminante no muestra un comportamiento definido. Los valores más elevados se presentaron en la estación Aeropuerto con 43 puntos IMECA en 1997.

Figura 11.16. IMECA máximo diario de bióxido de azufre en Nacozari durante 1996-1997

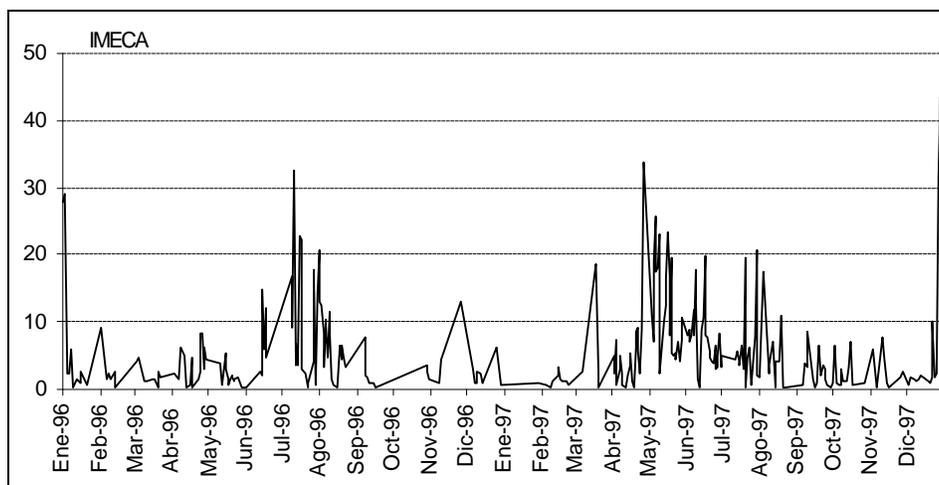
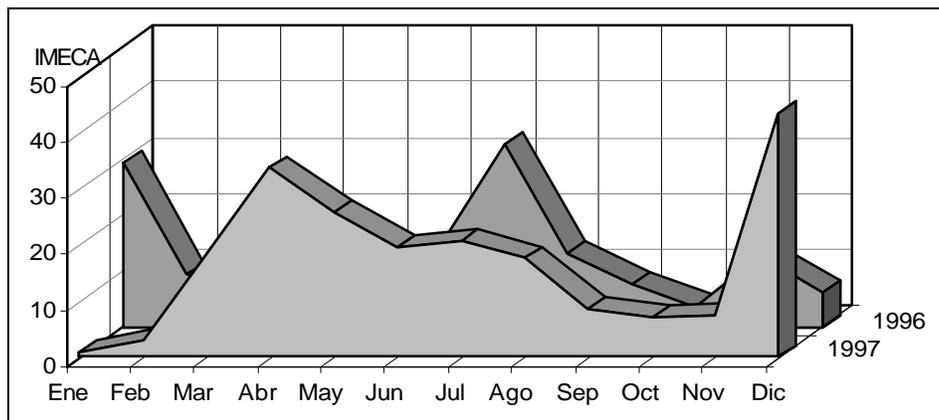


Figura 11.17. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en Nacozari durante 1996-1997



A continuación se presenta el promedio anual de SO_2 registrado en Nacozari durante 1996-1997. Se puede apreciar que en ambos años se presentaron valores muy similares de cerca de una cuarta parte del valor de la norma anual de SO_2 .

Tabla 11.7. Promedio anual de SO_2 para Nacozari durante 1996-1997

Año	SO_2 (ppm)
1996	0.007
1997	0.008

Conclusiones

- En Nacozari, no se rebasó la norma de 24 horas de bióxido de azufre durante el periodo 1996-1997.
- Los valores más elevados registrados fueron del orden de 50 puntos IMECA durante 1997.
- El promedio anual de SO_2 para 1997 fue de 0.008 ppm que comparado con su norma anual es 4 veces menor.

11.6. Calidad del aire en Querétaro

Red de Monitoreo de la Calidad del Aire

La red manual de monitoreo de Querétaro, Qro. empezó a funcionar en 1996 y cuenta con 6 estaciones, las cuales miden bióxido de azufre y partículas suspendidas totales. Actualmente es operada por la Dirección de Ecología del Gobierno del Estado con apoyo de la Delegación de la SEMARNAP.

Figura 11.18. Localización de las estaciones de monitoreo de Querétaro

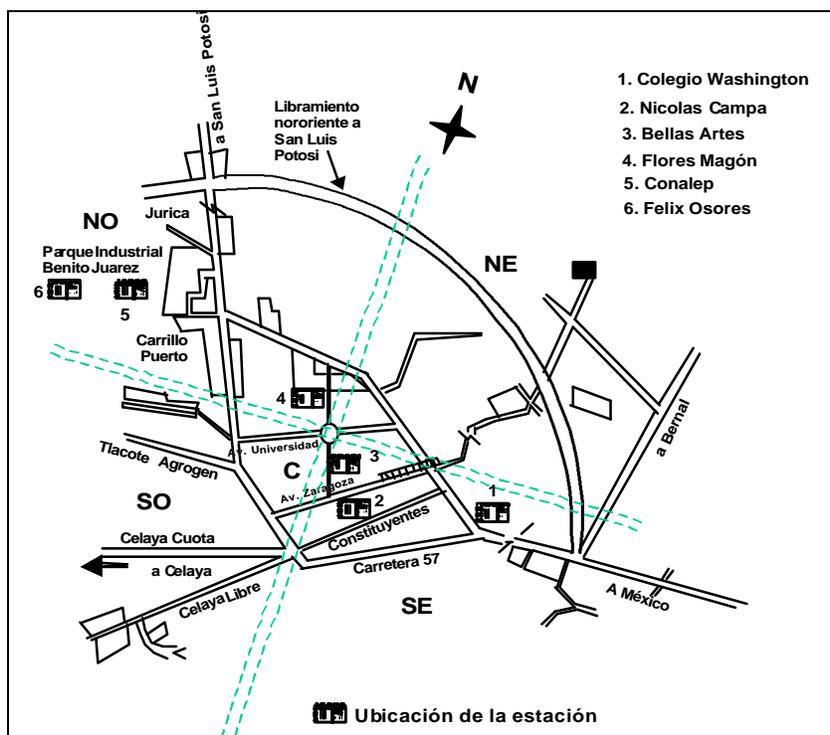


Tabla 11.8. Estaciones de la Red de Monitoreo de Querétaro y parámetros que mide

N°	ZONA	ESTACION	SO ₂	PST
1	Sureste	Colegio Washington*	X	X
2	Sureste	Nicolás Campa	X	X
3	Centro	Bellas Artes	X	X
4	Centro	Flores Magón	X	X
5	Noroeste	Conalep	X	X
6	Noroeste	Felix Osores	X	X

* (Se encuentra fuera de operación)

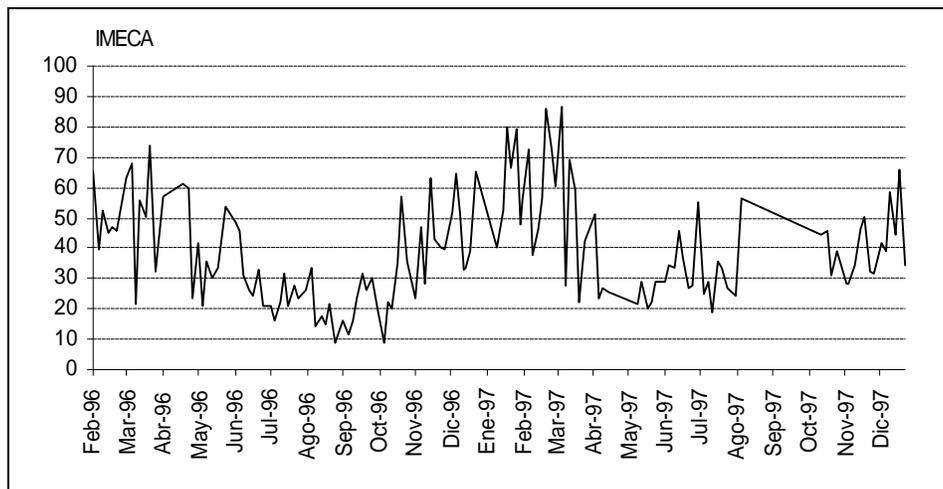
Evolución de la Calidad del Aire

A continuación se muestra el comportamiento de la calidad del aire en Querétaro durante el periodo 1996-1997, para las partículas suspendidas totales y el bióxido de azufre. La red tuvo algunos problemas de operación, por lo que únicamente se midió en 5 meses de 1996 y en 10 de los 12 meses de 1997.

La información fue proporcionada a la Dirección de Análisis de Datos Ambientales del INE, donde fue capturada y validada.

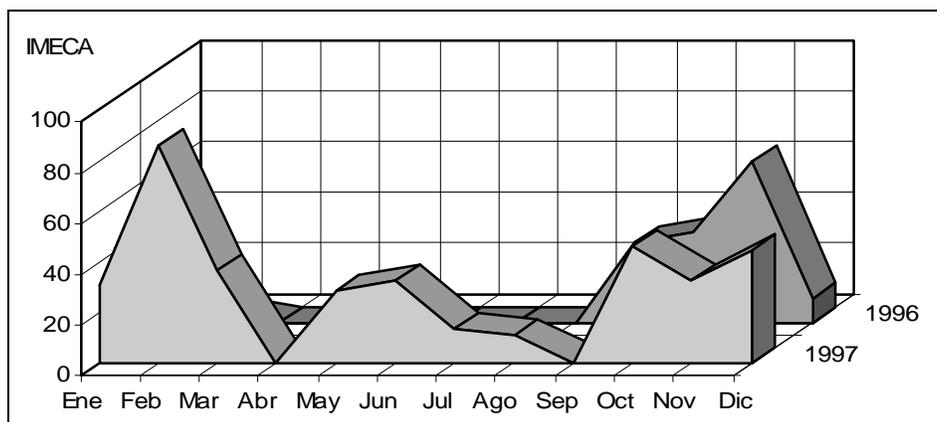
La Figura 11.19 muestra el comportamiento de los valores máximos del IMECA de los muestreos de SO₂ y PST efectuados en 1996 y 1997. Se puede observar que el IMECA máximo registrado siempre estuvo por debajo de la norma y que los máximos valores se presentaron en febrero y marzo de 1997 con 86 puntos IMECA.

Figura 11.19. IMECA máximo de muestreos de SO₂ y PST en Querétaro durante 1996-1997



En la Figura 11.20, se muestra el comportamiento de los valores máximos mensuales de los muestreos del bióxido de azufre registrado en Querétaro durante 1996-1997. Se puede apreciar que el SO₂, tiene un patrón de comportamiento estacional, aunque no rebasa la norma de calidad del aire, ya que los valores más elevados se presentan en la época de invierno.

Figura 11.20. IMECA máximo mensual de bióxido de azufre en Querétaro (1996-1997)



En la Tabla 11.9 se presenta el promedio anual del bióxido de azufre registrado en la red de monitoreo de Querétaro. Se observa que el valor del promedio anual fue mayor en 1997, de 0.034 ppm, que es ligeramente superior al valor de la norma anual para este contaminante que es de 0.030 ppm promedio aritmético anual.

Tabla 11.9. Promedio anual de SO₂ en Querétaro durante 1996-1997

Año	SO ₂ (ppm)
1996	0.028
1997	0.034

En la Figura 11.21, se muestra el comportamiento de los IMECA máximos mensuales de los muestreos de las partículas suspendidas totales durante 1996 y 1997. Se observa que los máximos se presentan en, marzo, octubre y diciembre, para 1996, y enero, febrero y marzo para 1997 con valores que se encuentran en el intervalo de los 57 a los 86 puntos. Es necesario mencionar que para septiembre de 1997 no se registraron datos, debido a que las estaciones se encontraban fuera de operación.

En el caso de las PST, el promedio anual fue de 104 µg/m³ en 1997, valor superior al de 1996 que fue de 89 µg/m³. Estos valores son superiores a la norma anual establecida para este contaminante, que es de 75 µg/m³ promedio anual.

Figura 11.21. IMECA máximo mensual de PST en Querétaro durante 1996-1997

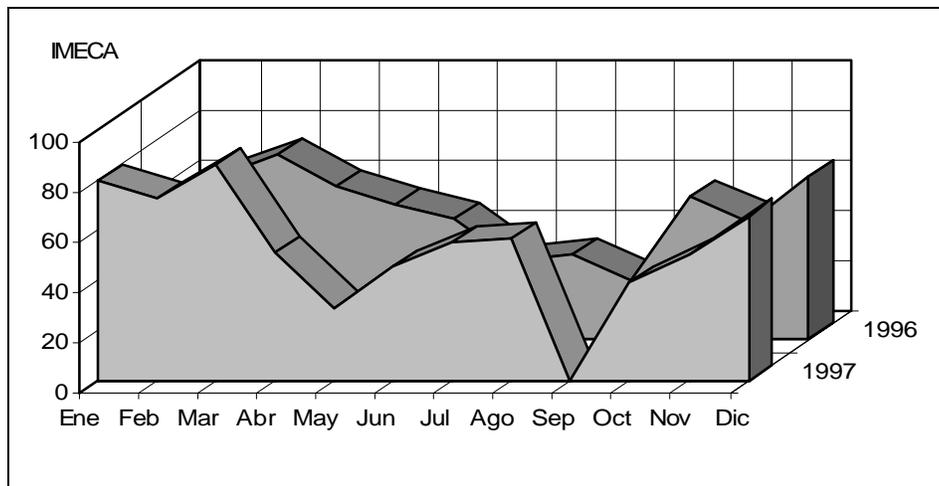


Tabla 11.10. Promedio anual de PST en Querétaro durante 1996-1997

Año	PST ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1996	89
1997	104

Conclusiones

- La cantidad de información de monitoreo disponible en Querétaro es aún escasa para definir un patrón de comportamiento completo.
- Las partículas suspendidas totales durante 1996 y 1997 no rebasaron los 90 puntos IMECA. Los promedios anuales de PST fueron mayores al valor de su norma.
- El bióxido de azufre no rebasó su norma de 24 horas, mostrando un comportamiento estacional con valores más elevados en la época fría del año. El promedio anual del SO_2 durante 1997 fue de 0.034 ppm, ligeramente mayor que el establecido en su norma anual.

11.7. Calidad del aire en San Luis Potosí

Red de Monitoreo de la Fundidora Industrial Minera México, S.A. de C.V.

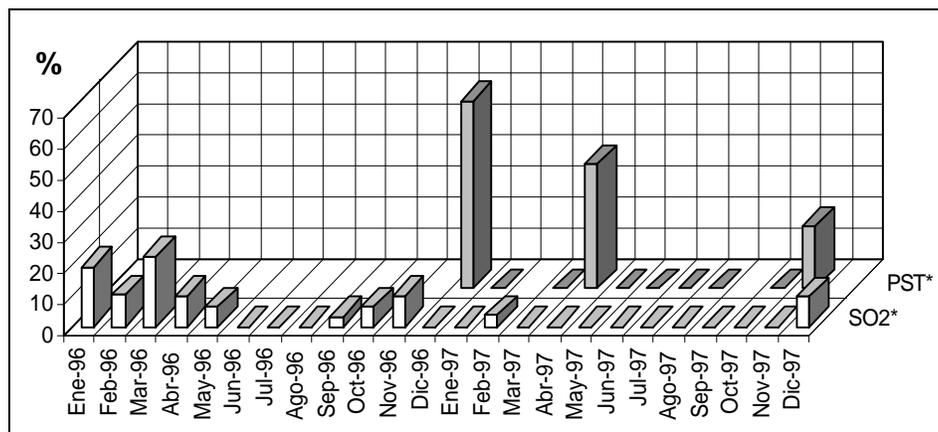
La red de monitoreo de esta Planta ubicada al poniente de la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., inició su operación en 1983 con 7 estaciones y posteriormente se le adicionaron 3 estaciones más. El objetivo inicial de la red fue de vigilancia de los niveles de contaminación que pudieran causarse por la operación de la fundidora. En las estaciones se miden las concentraciones de SO_2 , partículas suspendidas totales y algunos parámetros meteorológicos como temperatura, humedad, veloci-

Evolución de la calidad del aire

Las bases de datos de bióxido de azufre y partículas suspendidas totales fueron proporcionadas al INE por la Subdirección de Ecología e Higiene Industrial de Industrial Minera México, S.A. de C.V., Planta San Luis, y validadas por la Dirección de Análisis de Datos Ambientales. En el caso de las PST es importante mencionar que sólo se dispuso de información para 1997, ya que durante el año anterior sólo para el mes de diciembre se tuvieron registros.

En Figura 11.23 se muestra el porcentaje de días y muestreos por mes de monitoreo en que se rebasaron las normas de SO₂ y PST durante 1996-1997. Se observa que el SO₂ rebasó su norma en 2 de los meses durante 1997, presentando un 10% de violaciones en diciembre de este año, valor inferior comparado con el año anterior en el que se presentaron valores cercanos al 20% de excedencias en enero y marzo. En el caso de las PST éstas presentaron excedencias en el porcentaje de muestreos en 2 de los meses de 1997, alcanzando un porcentaje máximo de excedencias para abril de 38%.

Figura 11.23. Porcentaje de muestreos y de días por mes en que se rebasó la norma de SO₂ y PST por mes en San Luis Potosí durante 1996-1997



* Porcentaje de muestreos con violación a las normas.

Con objeto de observar el comportamiento global del bióxido de azufre y de las partículas suspendidas totales durante el periodo muestreado, a continuación se presentan los valores máximos diarios del IMECA durante 1996 y 1997. Se puede apreciar que los picos máximos diarios por arriba de la norma se presentan con alguna frecuencia y por lo general durante la época fría del año. En 1997 se tuvieron 7 días por arriba de la norma.

Figura 11.24. IMECA máximo diario de PST y SO₂ en San Luis Potosí durante 1996-1997

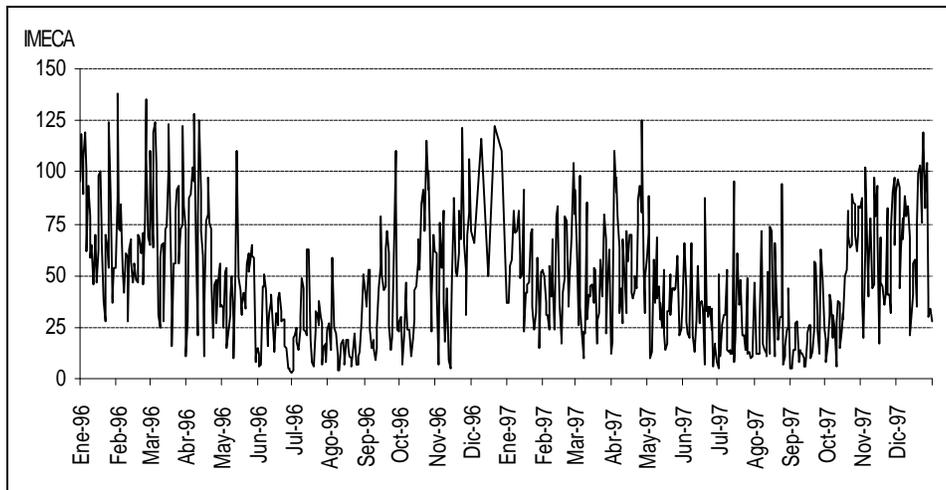
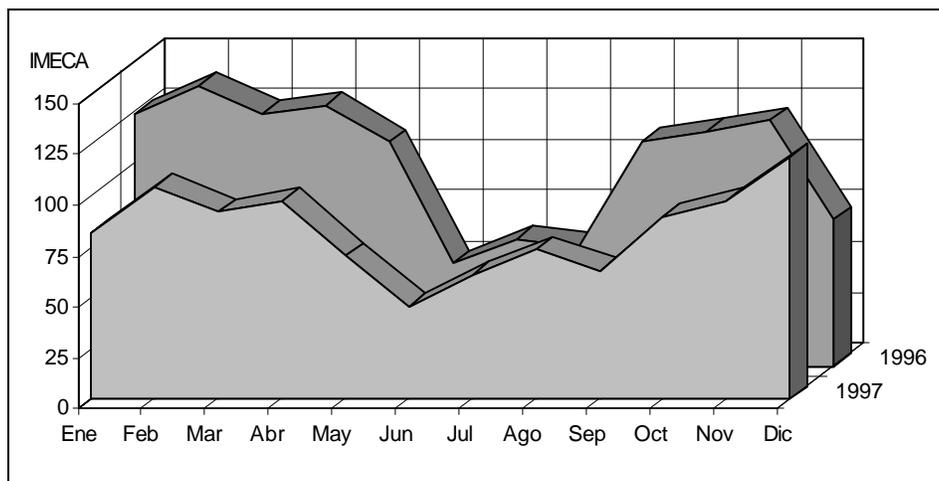


Figura 11.25. IMECA máximo mensual de SO₂ de San Luis Potosí durante 1996-1997



La Figura 11.25 muestra que el SO₂ rebasó el valor de su norma en 8 meses de 1996, con valores máximos mensuales que son inferiores a los 140 puntos IMECA. El comportamiento de este contaminante es estacional, ya que los valores más elevados se presentaron en los meses más fríos del año (enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre, para ambos años). En 1997 los valores máximos mensuales registrados fueron en general inferiores a los del año anterior; el valor más elevado se registró en diciembre con 119 puntos IMECA. Durante 1997 el SO₂ rebasó su norma en el 1% de los días.

En la Figura 11.26 se presenta el promedio anual de los niveles máximos diarios de bióxido de azufre registrados en la red de monitoreo. Se observa que en 1996 el promedio anual fue superior al valor de su norma en 3 de las estaciones de la planta, (Morales, Tecnológico y Jardín), ya que registraron promedios anuales de 0.044, 0.037 y 0.043 ppm. Para 1997 estas concentraciones fueron menores ya que únicamente la estación Morales presentó un valor por arriba de la norma establecida para este contaminante que es de 0.030 ppm promedio aritmético anual. El promedio anual general fue de 0.053 ppm que al compararlo con la norma anual resulta mayor.

Figura 11.26. Promedio anual de los niveles de SO₂ San Luis Potosí 1996-1997

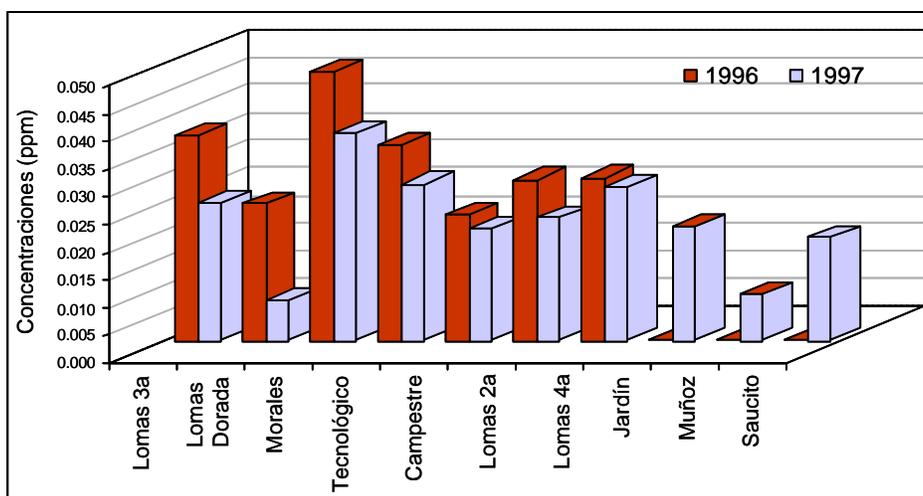
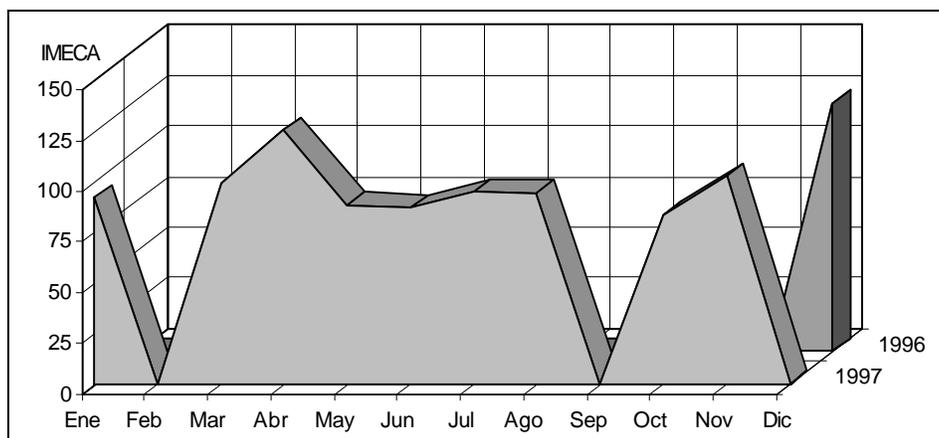


Figura 11.27. IMECA máximo mensual de PST en San Luis Potosí



La Figura 11.27 muestra los valores máximos mensuales de los muestreos realizados para las partículas suspendidas totales durante 1996-1997; se aprecia que para 1997 se rebasó la norma en 2 de los 9 meses muestreados con 126 y 103 puntos IMECA en abril y noviembre, respectivamente. El promedio anual en 1997 fue de $171 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que al ser comparado con su norma anual resulta ser de más del doble, y el porcentaje de muestreos mayor a 100 puntos IMECA fue de 4%.

Conclusiones

- Durante 1997, en San Luis Potosí se rebasó la norma de 24 horas de bióxido de azufre en el 1% de los días del año (4 días), alcanzando un valor máximo de 119 puntos IMECA. El valor promedio anual fue de 0.053, superior en casi 2 veces el valor de su norma anual.
- Las PST presentaron un 4% de los muestreos realizados fuera de norma, alcanzando un valor máximo de 126 puntos IMECA. El valor promedio anual fue de $171 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que es superior al doble de su norma anual.

11.8. Campaña de Monitoreo en Tetela del Volcán

Durante el mes de julio de 1997 una de las unidades móviles de monitoreo del INE se trasladó a Tetela del Volcán, Mor., para obtener información de la calidad del aire presente en esta área durante 10 días posteriores al inicio de emisiones importantes de cenizas provenientes del Volcán Popocatepetl, para conocer la calidad del aire durante ese periodo, obteniéndose información de concentraciones de ozono, monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, partículas PM-10 y parámetros meteorológicos, tales como dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa. En la siguiente tabla se presenta un resumen de la información obtenida durante esta campaña. Se puede apreciar que los valores máximos fueron para el ozono con 0.085 ppm, y las PM10 con $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El valor máximo de bióxido de azufre fue de 0.015 ppm, el del bióxido de nitrógeno de 0.009 ppm y el del monóxido de carbono de 0.9 ppm. Del análisis se concluye que en Tetela del Volcán no se rebasaron las normas de calidad del aire durante los 10 días monitoreados.

Tabla 11.12. Campaña de monitoreo de la unidad móvil durante el periodo 8-18 de julio de 1997

Ciudad	Ubicación	Valores Máximos Registrados					Número de excedencias a la norma
		CO (ppm)	SO ₂ (ppb)	NO ₂ (ppb)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	
Tetela del Volcán, Mor.	Suroeste del volcán en la explanada del exconvento del municipio	0.9	0.015	0.009	69	0.085	0

12. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE 14 CIUDADES

En esta sección se presenta una comparación del estado de la calidad del aire de las 14 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 sigue siendo grave tanto en la ZMVM como en la ZMG, mientras que en la ZMM, la situación es menos severa; cabe mencionar que también se presenta una situación preocupante en Mexicali y Cananea (Tabla 12.1).

Las mayores frecuencias de excedencias a las normas para cualquiera de los contaminantes durante 1997 fueron del orden del 92% de los días en la ZMVM, del 58% en la ZMG, del 29% en Cananea, del 27% en Mexicali, del 12% en la ZMM, del 8% en Cd. Juárez y la ZMVT, principalmente.

Por contaminante siguen un patrón de comportamiento similar, ya que para el ozono la ZMVM presenta el mayor porcentaje de violaciones a la norma (88% de los días), seguida de Guadalajara (49%). En el caso de las PM10 el mayor porcentaje de excedencias a la norma se dio en la ZMVM con un 44% de los días, y en segundo lugar Mexicali con 37% de los muestreos realizados, seguido de Ciudad Juárez con 18%. Para el monóxido de carbono el mayor problema lo presentó Mexicali con 14% de los días fuera de norma, seguido de Cd. Juárez con 7% y Guadalajara con 4%. Aquí es importante señalar que 2 de estas ciudades tienen menos de 1 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 eficientes o no se cuenta con ellos. El bióxido de azufre y el bióxido de nitrógeno no presentan valores altos en general y sólo Cananea registró un 29% de los días fuera de la norma de SO₂; la ZMVM registró un 10% de los días con violaciones a la norma de bióxido de nitrógeno. Por otra parte es importante mencionar que varias de las ciudades en donde se miden las PST, PM10 y SO₂ presentan incumplimiento en sus normas anuales, lo cual indica la necesidad de enfocar esfuerzos particulares 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 12.1. Porcentaje y número de días en que se rebasan las normas de calidad del aire en general y por contaminante para 14 ciudades del país durante 1997

Ciudades	General		Ozono			Partículas PM10				NO ₂			SO ₂				CO			PST			
	>=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.	>=100 puntos IMECA		valor máx.	Prom. anual
	No.	%	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m ³	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m ³	No.	%	IMECA	No.	%	IMECA	µg/m ³
ZMVM	336	92.0	322	88.0	270	160	44.0	189	148	38	10.0	153	3	1.0	109	0.039	1	0.3	155	97	18.1 *	364	179
ZMG	213	58.0	178	48.8	257	52	14.3	154	107	13	3.6	129	2	0.6	124	0.024	14	3.8	177				
ZMM	43	12.0	36	9.9	163	9	2.8	112	67	0	0.0	98	0	0.0	66	0.021	0	0.0	78				
ZMVT	30	8.2	24	6.6	147					0	0.0	83	0	0.0	46	0.018	0	0.0	71	7	18.9 *	169	168
Cd. Juárez	31	8.0	7	2.0	132	11	18.0*	188	99								24	7.0	239				
Tijuana	3	1.2	2	0.8	116	3	3.8 *	112	70	0	0.0	83	0	0.0	75	0.010	0	0.0	76				
Mexicali	98	26.8	28	7.7	149	34	37.4 *	189	127	0	0.0	81	0	0.0	27	0.012	51	14.0	190				
Aguascalientes	0	0.0								0	0.0	59	0	0.0	29	0.005	0	0.0	75				
Cananea	44	28.8											44	28.8	194	0.107							
Coatzacoalcos	7	3.2	7	3.2	211					0	0.0	66					0	0.0	24				
Manzanillo	0	0.0				0	0.0 *	66	62	0	0.0	38	0	0.0	35	0.026				0	0.0 *	62	109
Nacozari	0	0.0											0	0.0	43	0.008							
Querétaro	0	0.0											0	0.0*	86	0.034				0	0.0 *	86	104
San Luis Potosí	4	1.1											4	1.1	119	0.053				3	3.5 *	126	171

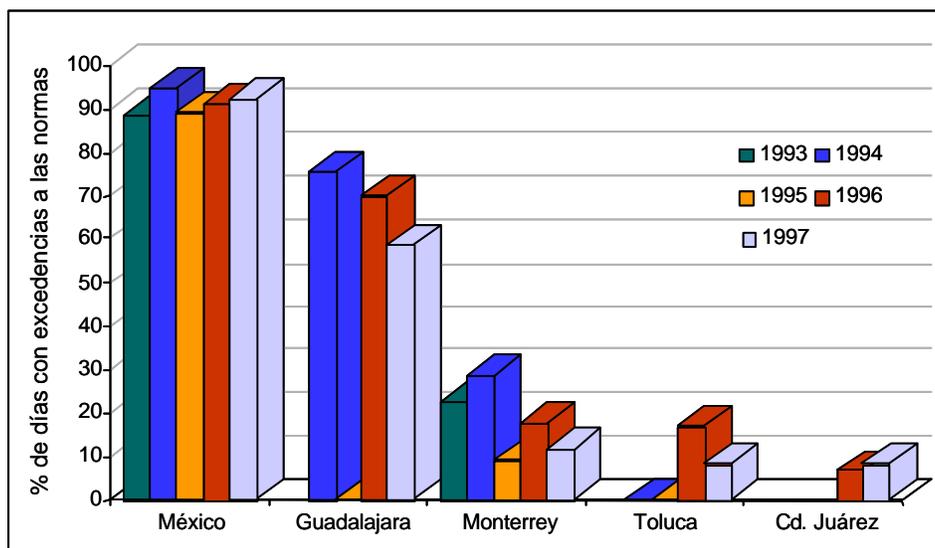
* Por ciento de muestreos

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 Cd. Juárez.

En la Figura 12.1 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 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, y que Guadalajara no modificó sustancialmente su comportamiento y su situación es tan crítica como la de la ciudad de México. En las zonas metropolitanas de Monterrey, Toluca y Cd. Juárez la situación es menos problemática.

En la ZMVM se violaron con mayor incidencia las normas de calidad del aire que en Guadalajara, Monterrey, Toluca y Cd. Juárez, ya que en la ZMVM hubo 336 días fuera de norma durante 1997, 123 más que en Guadalajara y 293 más que en Monterrey.

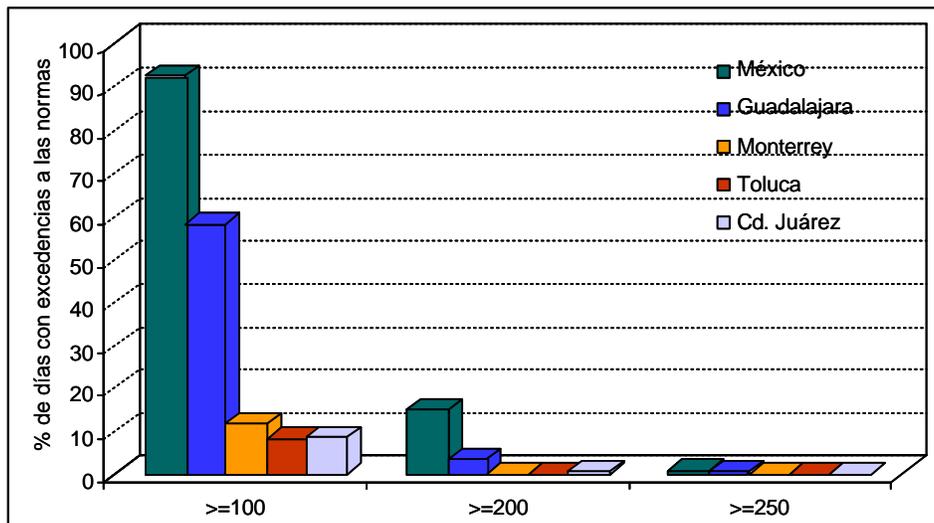
Figura 12.1. Porcentaje de los días con excedencias a las Normas de Calidad del Aire durante 1993-1997



Complementando la información anterior a continuación se muestra el porcentaje de días por arriba de 100, 200 y 250 puntos IMECA. De aquí se deduce que en 1997, en Guadalajara se rebasaron en menos ocasiones los 200 puntos IMECA que en la ciudad de México, y que en Monterrey y en Toluca no se ex-

cedió este nivel; en Cd. Juárez se aprecia que no llegó al 1% de los días en que se rebasaron los 200 puntos. También es importante mencionar que los 250 puntos IMECA sólo se rebasaron en la ciudad de México en el 0.8% de los días del año y en Guadalajara en el 0.5% de los días del año.

Figura 12.2. Porcentaje de los días con excedencias a 100, 200 y 250 puntos IMECA durante 1993-1997



13. CONCLUSIONES SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE DURANTE 1997

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 ciudades medias del país, incluidas dentro de este informe.

- La frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire en la ciudad de México, no ha variado sustancialmente durante los últimos cinco años, ya que prevalece en un 92% de los días; aunque cabe destacar que han disminuido los eventos de más de 200 puntos IMECA y que los de 250, únicamente se presentaron en tres ocasiones durante el último año. El ozono sigue siendo el contaminante que presenta los mayores niveles y no cumplió la norma en el 88% de los días. Las PM10 son el otro contaminante que se presenta en altas concentraciones en la ZMVM, excediendo la norma en 44% de los días; su promedio anual para 1997 fue de $148 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superior al valor de la norma anual para este contaminante en casi 3 veces. El promedio anual de SO_2 durante 1997 fue de 0.039 ppm, 30% superior al valor de la norma establecida.
- La Zona Metropolitana de Guadalajara presenta una frecuencia de excedencias para alguna de las normas de calidad del aire en el 58% de los días, presentándose aún algunos episodios de contaminación de más de 200 y 250 puntos IMECA. En Guadalajara, al igual que en la ciudad de México el ozono es el contaminante que más frecuentemente rebasó las normas de calidad del aire con un 49% de los días; le siguen las partículas menores a 10 micrómetros con un 14% de los días al año, el promedio anual para las PM10 en 1997 fue de $107 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que es 2 veces mayor que el valor anual establecido para este contaminante. El bióxido de nitrógeno rebasó la norma en 13 días del año con valores cercanos a los 130 puntos IMECA. El SO_2 ocasionalmente presentó violaciones a la norma de calidad del aire (2 días) y su promedio anual fue de 0.024 ppm, menor al valor establecido en la norma anual.
- En Monterrey la frecuencia de violaciones a alguna norma de calidad del aire fue de 12% de los días, y ocasionalmente se presentó algún evento de más de 150 puntos IMECA. El problema del ozono en esta ciudad se encuentra en primer lugar con un 10% de los días al año, le sigue el de las partículas menores a 10 micrómetros, con una frecuencia de excedencias a la norma del 3% de los días; el promedio anual de PM10 para 1997 fue de $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mayor al valor de la norma establecida. El promedio anual de SO_2 fue de 0.021 ppm, menor al valor de la norma anual.

- Toluca presentó un porcentaje de excedencias del orden del 8% de los días durante el último año y alcanzó un IMECA máximo de 169 puntos. El ozono rebasó su norma en 7% de los días y el porcentaje de muestreos de PST fuera de norma fue del 19%. El promedio anual de PST en 1997 fue de $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mayor al establecido en su norma anual. El promedio anual de SO_2 fue de 0.018 ppm, que es menor a la norma anual.
- En Ciudad Juárez, la frecuencia con que se rebasó alguna norma de calidad del aire fue de 8% de los días del año, aunque en términos generales con valores inferiores a los 150 puntos IMECA. El monóxido de carbono fue el contaminante que más días violó la norma en 1997 (7% de los días), incrementándose al doble (de 12 días en 1996 a 24 días en 1997), lo que es preocupante, ya que tal vez el programa de verificación vehicular perdió eficiencia durante 1997. Las PM10 presentaron 18% de los muestreos fuera de norma y el ozono 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 de 1% de los días del año y no se alcanzó el nivel de los 150 puntos IMECA. Las partículas PM10 violaron la norma en el 4% de los muestreos efectuados y su promedio anual fue de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor superior a la norma anual de este contaminante.
- En Mexicali la frecuencia de violaciones a las normas de calidad del aire fue de 27% de los días. El monóxido de carbono fue el contaminante que más rebasó su norma con 14% de los días del año, lo que hace pensar que es necesario instrumentar un programa de verificación vehicular eficaz y eficiente en la ciudad. En el caso del ozono, este presentó un 8% de violaciones a las normas (28 días del año). Las PM10 rebasaron su norma en el 37% de los muestreos realizados y su promedio anual fue de $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$, más de dos veces el valor de su norma.
- Aguascalientes no presentó ninguna violación a las normas de calidad del aire y los valores más elevados los registró el monóxido de carbono, seguido del bióxido de nitrógeno, pero siempre por debajo de los 80 puntos IMECA.
- En Cananea la frecuencia de violaciones a la norma de 24 horas de bióxido de azufre fue de 29% de los días de 1997 y su promedio anual fue de 0.107 ppm, dos veces más que el valor de su norma anual.
- En Coatzacoalcos la frecuencia de violaciones a las normas de calidad del aire fue del 3% (7 días) de los datos disponibles para 1997 y particularmente el ozono fue el único que excedió la norma; el bióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono no rebasaron sus normas.
- En Manzanillo no se registró ninguna excedencia a las normas de 24 horas de calidad del aire y los valores más elevados los presentaron las PM10 con 66 puntos IMECA y un promedio anual de $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$; seguidas de las PST con 62 puntos IMECA y un promedio anual de $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$; ambos promedios

anuales rebasan su norma anual respectiva. El SO₂ no rebasó la norma de calidad del aire.

- Nacozari no presentó violaciones a la norma de 24 horas de bióxido de azufre, ya que los valores máximos registrados se encontraron por debajo de los 50 puntos IMECA. El promedio anual fue de 0.008 ppm que es mucho menor que el establecido en su norma anual.
- La cantidad de información de monitoreo disponible en Querétaro es aún escasa para definir un patrón de comportamiento completo y confiable. Con los datos actuales, se encontró que en Querétaro no se violan las normas de calidad del aire de bióxido de azufre y PST, únicos parámetros que se miden, ya que los valores más elevados no rebasan los 90 puntos IMECA, aunque es importante mencionar que el promedio anual de bióxido de azufre en 1997 fue ligeramente mayor al establecido en la norma respectiva.
- En San Luis Potosí la frecuencia de violaciones a la norma de 24 horas de bióxido de azufre fue de 1% durante 1997; su promedio anual de 0.053 ppm, fue superior al de la norma anual. En el caso de las PST se tuvieron 3 muestreos con valores superiores a la norma y su promedio anual de 171 µg/m³ fue superior a su norma anual.
- En resumen se tiene que las ciudades con mayores problemas de ozono y PM10 son la ZMVM y la ZMG; en el caso del monóxido de carbono, la ciudad con mayores problemas es Mexicali, por lo que se debe buscar instrumentar a la brevedad medidas de reducción del contaminante entre las que se contemplaría un Programa de Verificación Vehicular, seguida por Cd. Juárez que aunque cuenta con un Programa de Verificación, es posible que durante 1997 haya perdido eficacia, según se puede apreciar por el incremento en los niveles del monóxido de carbono. La ciudad con mayores excedencias de bióxido de azufre fue Cananea y en el caso del bióxido de nitrógeno los mayores niveles se presentaron en la ZMVM, seguida de la ZMG.
- Respecto a las mediciones de corta duración efectuadas en el estado de Morelos (Tetela del Volcán) por la Unidad Móvil de Monitoreo, destaca el hecho de que los valores máximos medidos fueron para el ozono y las partículas menores a 10 micrómetros, aunque no se rebasaron en ningún momento las normas de calidad del aire.

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

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

Sector	PM10	SO ₂	CO	NOx	HC	Total
Industria						
Generación de 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	277	3,840
Mineral no metálica	1,922	2,340	1,103	4,378	706	10,449
Prod. 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
Industria de consumo alimenticio	558	1,366	829	1,408	605	4,766
Productos de consumo varios	70	110	71	91	808	1,150
Productos de impresión	37	18	22	53	3,213	3,343
Productos metálicos	251	749	1,155	2,717	2,194	7,066
Productos de vida media	149	73	196	564	747	1,729
Productos de vida larga	309	276	809	611	2,346	4,351
Otros	51	111	22	78	88	350
Subtotal	5,700	15,630	9,503	28,666	16,279	75,778
Servicios						
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	29,490	29,490
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	46,856	46,856
Artes gráficas	N/A	N/A	N/A	N/A	6,553	6,553
Distribución de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	16,363	16,363
Almacenamiento de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	97	97
Carga de aeronaves	N/A	N/A	N/A	N/A	8	8
Distribución de gas L.P.	N/A	N/A	N/A	N/A	76,500	76,500
Lavado en seco (tintorerías)	N/A	N/A	N/A	N/A	9,830	9,830
Recubrimiento industr. Superficies	N/A	N/A	N/A	N/A	20,971	20,971
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	22,281	22,281
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	2,539	2,539
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	2,243	2,243
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	655	655
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	20	20
Incineración en hospitales	N/E	N/E	N/E	N/E	2	2
Uso de asfalto	N/A	N/A	N/A	N/A	100	100
Plantas tratamiento aguas residuales	N/A	N/A	N/A	N/A	44	44
Rellenos sanitarios	N/E	N/E	N/E	N/E	119	119
Tiraderos a cielo abierto	N/E	N/E	N/E	N/E	25	25
Combustión habitacional	186	1	846	5,880	221	7,134
Combustión comercial/institucional	151	3,586	332	1,952	73	6,094
Subtotal	337	3,587	1,178	7,832	234,991	247,925
Transporte						
Auto particular	555	2,243	822,498	32,805	69,413	927,514
Combis y micros	35	391	206,615	7,151	18,056	232,248
Taxis	51	542	198,759	7,927	16,774	224,053
Autobuses urbanos	162	65	1,535	1,911	636	4,309
Autobuses suburbanos	76	59	15,962	337	954	17,388
Autobuses particulares	238	55	14,966	316	895	16,470
Camiones de carga	1,353	1,043	551,372	19,082	48,184	621,034
Transporte federal	5,275	776	572,686	12,076	34,245	625,058
Motocicletas	N/E	23	16,482	182	3018	19,705
Ferrocarriles foráneos	N/E	N/E	46	381	15	442
Locomotoras de patio	N/E	N/E	90	509	51	650
Aeropuerto	N/A	N/A	3,215	2,284	859	6,358
Subtotal	7,745	5,197	2,404,226	84,961	193,100	2,695,229

Inventarios de emisiones desagregados de la ZMVM, ZMG, ZMM, ZMVT, Cd. Juárez

Sector	PM10	SO ₂	CO	NOx	HC	Total
Vegetación y Suelos						
Vegetación	N/A	N/A	N/A	N/A	134,673	134,673
Suelos	18,072	N/A	N/A	N/A		18,072
Subtotal	18,072	N/A	N/A	N/A	134,673	152,745
TOTAL	31,854	24,414	2,414,907	121,459	579,043	3,171,677

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 ₂	CO	NOx	HC	Pb	Total
Industria							
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
Productos 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
Productos de consumo de vida media	67.1	4.7	13.1	47.5	447.2	N/E	579.6
Productos de 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
Servicios							
Lavado y desengrase	N/A	N/A	N/A	N/A	6,066.09	N/A	6,066.09
Consumo de solventes	N/A	N/A	N/A	N/A	13,771.66	N/A	13,771.66
Transporte y venta de gasolina	N/A	N/A	N/A	N/A	13,601.00	N/A	13,601.00
Mercadeo y distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	9,170.00	N/A	9,170.00
Oper. de lavado en seco (tintorerías)	N/E	N/A	N/A	N/A	2,688.75	N/A	2,688.75
Superficies arquitectónicas	N/A	N/A	N/A	N/A	4,754.50	N/A	4,754.50
Panaderías	N/E	N/E	N/E	N/E	1,914.92	N/A	1,914.92
Pintura automotriz	N/E	N/A	N/A	N/A	1,344.38	N/A	1,344.38
Pintura de tránsito	N/E	N/A	N/A	N/A	651.58	N/A	651.58
Esterilización en hospitales	N/A	N/A	N/A	N/A	9.35	N/A	9.35
Uso de asfalto	N/E	N/A	N/A	N/E	3,257.27	N/A	3,257.27
Combustión en hospitales	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	N/A	1.20
Combustión residencial	27.38	0.04	720.90	182.50	13.69	N/A	944.51
Combustión comercial/institucional	12.24	117.48	7.68	34.92	4.44	N/A	176.76
Transporte							
Autos particulares	768.00	1,305.00	585,755.00	22,109.00	53,816.00	86.00	663,839.00
Pick-up	398.00	333.00	147,946.00	5,584.00	13,592.00	22.00	167,875.00
Taxis	45.00	77.00	34,335.00	1,296.00	3,155.00	5.00	38,913.00
Camiones de pasajeros	2,460.00	385.00	62,566.00	2,362.00	5,748.00	N/A	73,521.00
Camiones de carga	2,160.00	338.00	54,936.00	2,074.00	5,047.00	N/A	64,555.00
Motocicletas	14.00	23.00	10,453.00	395.00	960.00	2.00	11,847.00
Suelos							
Suelos	294,304.00	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	294,304.00
Total	301,783.78	8,085.20	898,041.38	37,185.14	143,834.70	115.00	1'389,046.90

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 ₂	CO	NOx	HC	Pb	Total
Industria							
Generación de energía eléctrica	308	3,432	594	11,432	52	N/E	15,818
Refinación 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
Productos de consumo de vida media	741	2	460	135	165	N/E	1,503
Productos 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
Servicios							
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 distribución de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	7,000	N/A	7,000
Mercadeo y distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	5,654	N/A	5,654
Oper. de 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/A	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
Transporte							
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
Suelos							
Suelos	763,725	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	763,725
Total	815,628	30,466	907,762	53,275	125,375	116	1,932,622

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 ₂	CO	NOx	HC	Pb	Total
Industria							
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
Productos vegetales y animales	5	236	2	27	1	N/E	271
Madera y derivados	300	3,225	27	667	6	N/E	4,225
Productos 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
Productos de consumo de vida media	19	210	4	46	288	N/E	567
Productos de 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
Servicios							
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 distribución de combustibles	N/A	N/A	N/A	N/A	1,289	N/A	1,289
Mercadeo y distribución de gas LP	N/A	N/A	N/A	N/A	3,194	N/A	3,194
Oper. de 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
Combustión comercial/institucional	6	87	1	18	1	N/A	113
Transporte							
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
Suelos							
Suelos	119,711	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	119,711
Total	123,375	10,522	268,742	21,389	46,481	97	470,606

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 ₂	CO	NOx	HC	Total
Industria						
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
Productos de consumo de vida media	100	20	347	616	1,428	2,511
Productos 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
Subtotal	210	716	861	1,393	2,395	5,575
Servicios						
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
Subtotal	281	1,834	2,055	802	19,244	24,216
Transporte						
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
Subtotal	1,020	1,596	449,844	23,920	54,493	530,873
Suelos						
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
Subtotal	45,096					45,096
TOTAL	46,607	4,146	452,760	26,115	76,132	605,760

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

ANEXO B. MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Métodos de medición de los contaminantes

Para llevar a cabo las mediciones de las concentraciones de los contaminantes en el aire se emplean técnicas y procedimientos estandarizados que fueron publicados como Normas Oficiales Mexicanas, contándose con métodos de referencia y equivalentes. Los de referencia son los métodos más precisos y selectivos pero que para algunos contaminantes sólo resultan prácticos de llevar a cabo en el laboratorio y no así en campo. Por ello se emplean métodos equivalentes que proporcionan una precisión y selectividad apropiados a las condiciones ambientales y que son factibles de aplicar en campo de manera confiable y permanente. La tabla siguiente resume los principios de los métodos de medición de los contaminantes del aire.

Tabla B.1. Métodos de medición de contaminantes del aire

Contaminante	Método de referencia	Método equivalente
SO ₂	Pararosanilina (manual)	Fluorescencia (automático)
CO	Fotometría infrarroja (automático)	No hay
O ₃	Quimiluminiscencia (automático)	Fotometría ultravioleta (automático)
NOx	Quimiluminiscencia (automático)	Química húmeda
PST	Muestreo de alto volumen (manual), incluye Pb	No hay
PM10	Muestreo de alto volumen (manual)	Atenuación beta (automático)

Descripción de los métodos

Bióxido de azufre: El método de referencia para la determinación del SO₂, es el proceso de química húmeda desarrollado por West y Gake, denominado “de la pararosanilina”. Un volumen de aire se hace pasar, a flujo constante y controlado, durante un tiempo determinado por un burbujeador en el que se ha colocado una solución absorbente, que retiene las moléculas del contaminante y reacciona con los componentes de la solución. Al finalizar el período de muestreo, generalmente de 24 horas, la solución es trasladada al laboratorio donde se efectúan los análisis mediante la técnica de colorimetría. A mayor concentración de SO₂, la solución desarrollará un color más intenso, que va de rosa pálido a púrpura.

La técnica considerada como método equivalente es un procedimiento totalmente automatizado, que si bien no es tan exacto como el de referencia, ofrece una precisión y consistencia aceptables. En este caso se utiliza la característica que tiene el SO₂ de absorber luz ultravioleta y liberarla en forma de luz fluorescente. La intensidad de la fluorescencia es directamente proporcional a la concentración del SO₂. Todo el proceso se lleva a cabo en condiciones controladas, dentro del analizador.

Monóxido de carbono: Este contaminante se mide aprovechando la característica particular que posee de absorber luz infrarroja al exponerse a un trayecto óptico por donde se desplaza este tipo de energía. La medición tiene lugar dentro de una cámara, en la que un detector capta las variaciones de intensidad de la luz infrarroja y mediante un procesador electrónico, calcula la concentración del contaminante. Este es el único método reconocido para el monitoreo continuo de CO en aire ambiente.

Ozono: Para medir las concentraciones de ozono en el aire ambiente, el método de referencia involucra una reacción química entre el ozono y el etileno que se proporciona específicamente, dentro de una cámara especialmente diseñada que contiene dispositivos ópticos para captar las señales luminosas resultantes de la reacción. Las señales son amplificadas y convertidas en una señal eléctrica proporcional a la concentración de ozono en la muestra de aire.

El método equivalente utiliza la propiedad del ozono para absorber parte de un haz de luz ultravioleta dirigido a través de un trayecto óptico en el que se confina una muestra de aire con contaminante. Las variaciones en la intensidad de la luz que se detectan en el sistema están asociadas a las concentraciones del ozono.

Bióxido de nitrógeno: Este contaminante se mide mediante la reacción que se lleva a cabo, dentro de una cámara especialmente diseñada y acondicionada, entre el NO₂ y ozono generado en exceso por el mismo instrumento, resultando una emisión de fotones en cantidades variables, de acuerdo a la concentración del contaminante que llega a la cámara de reacción como parte de los componentes de la muestra de aire. La corriente de fotones es amplificada y convertida a voltaje para su interpretación.

Como métodos alternativos, existen algunas técnicas de química húmeda, de poca aplicación práctica debido a la diversidad de factores de error que se acumulan al utilizarlas en campo.

Partículas suspendidas totales: Para el muestreo del material sólido que flota en el aire ambiente, se utiliza el método de alto volumen, que consiste en hacer pasar un flujo de aire a gran velocidad, a través de un medio filtrante de fibra de vidrio en el que se retienen las partículas con diámetros dinámicos de entre 0.1 y 100 micrómetros. En este método es absolutamente indispensable mantener el control y tener conocimiento de la tasa de flujo y del volumen total de aire que se muestreó durante las 24 horas que es, por lo regular, el período recomendado para la toma de las muestras. También se requiere conocer el peso del filtro antes y después del muestreo, por lo que éste se acondiciona durante 24 horas en una cámara, donde se controlan la temperatura y la humedad relativa. Posterior a la determinación de la masa de material, la muestra es susceptible de someterse a análisis físico-químicos para determinar el contenido de plomo y otros metales pesados, así como de sulfatos y nitratos.

Este mismo método es el que se utiliza para el muestreo de partículas suspendidas fracción respirable o PM10 aplicando otro tipo de cabezal para separar las partículas finas de las gruesas.

Control y aseguramiento de calidad de las mediciones

Con el propósito de evaluar la calidad de los resultados analíticos de un monitor de contaminantes atmosféricos, es necesario llevar a cabo un programa de auditorías en todas las fases del proceso de monitoreo. Un programa de auditorías debe contemplar las siguientes actividades:

- Calibración.
- Verificación de cero/span y los ajustes subsecuentes.
- Revisión de los datos resultantes de las verificaciones.
- Mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Calibración

La calibración de los equipos de monitoreo consiste en determinar la respuesta de los instrumentos a concentraciones conocidas y en ajustarla a la curva correspondiente. La calibración se efectúa en el momento inicial de la instalación y activación del monitor, recalibrándose nuevamente durante su operación:

- En períodos no mayores de tres meses a partir de la más reciente calibración o auditoría.
- Enseguida de una interrupción de más de tres días en la operación de un analizador.
- Después de cualquier reparación que involucre el cambio de uno o más componentes mayores.
- Al cambiar físicamente el analizador de un lugar a otro.
- Cuando haya cualquier evidencia de inexactitud significativa del analizador.

Verificaciones de la variación de cero y span

Estas verificaciones son parte integral de los programas de control y garantía de calidad aplicables a los monitores continuos para contaminantes gaseosos y son de utilidad para:

- Indicar cuando es necesario efectuar ajustes al analizador en sus niveles de cero y/o span.
- Proporcionar un criterio de decisión de cuando se debe recalibrar un instrumento.
- Establecer las bases para tomar la decisión de invalidar los datos generados por el monitor.

Las verificaciones de cero y span deberán desarrollarse por lo menos una vez cada dos semanas o con una mayor frecuencia si el desempeño del instrumento indica que es necesario.

ANEXO C. ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Un índice de calidad del aire pondera y transforma las concentraciones de un conjunto de contaminantes a un número adimensional, el cual indica el nivel de contaminación presente en una localidad determinada y puede ser fácilmente entendido por el público.

El procedimiento para manejar las concentraciones de los contaminantes con objeto de obtener un número significativo depende básicamente del algoritmo que se utilice particularmente en el índice. El problema con el que se han enfrentado aquellos quienes desarrollan estos indicadores de calidad del aire, consiste en determinar como ponderar los efectos de los contaminantes.

Dentro de los diversos índices utilizados en el mundo se ha propuesto un cierto número de factores de ponderación, siendo el más aceptable aquel que considera las normas de calidad del aire como la base para determinar los efectos, dicho enfoque ha sido utilizado en el desarrollo de índices tales como: PINDEX, Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI), Mitre Air Quality Index (MAQI), Extreme Value Index (EVI), Pollutant Standard Index (PSI).

En 1975, Thom y Ott investigaron todas las estructuras de índices de contaminación del aire en uso en E.U.A. y Canadá, así como los existentes en la literatura, con objeto de comparar y evaluar más de 50 diferentes tipos; desarrollaron un sistema de clasificación de índices y utilizando dicho sistema identificaron las características óptimas que debería poseer el índice PSI, posteriormente fue modificado ligeramente y adoptado por el Gobierno de E.U.A.

El PSI incluye 6 variables de contaminantes del aire {CO, NO₂, O₃, PST, SO₂ y el producto de PST x SO₂}, utiliza funciones lineales segmentadas para el cálculo de los subíndices, incorporando de forma simple los máximos permisibles fijados por el gobierno y se calcula el "Modo Máximo", esto es reportando únicamente el subíndice del contaminante más elevado que resulte. Los subíndices utilizan como puntos de quiebre los estándares primarios norteamericanos de calidad del aire, los criterios de episodios y los niveles de daño significativo.

El PSI se basa (en parte) en los niveles de contaminación fijados como criterios federales de episodios, esto es, las concentraciones asociadas a los niveles de alerta, peligro y emergencia; no se fundamentan completamente en información

rigurosamente científica, sino que están recomendados para orientar acciones para disminuir la contaminación atmosférica en áreas metropolitanas, a muy corto plazo.

Tabla C.1. Categorías descriptivas del PSI

Bueno	0 - 50
Moderado	51 - 100
Insalubre	101 - 199
Muy Insalubre	200 - 299
Peligroso	300 o más

En México, basados en la revisión bibliográfica previa de los índices de calidad del aire, se decidió por un enfoque que incluyera tanto las normas de calidad del aire como los niveles de daño significativo, como bases para ponderar los efectos de los contaminantes. Más que un enfoque basado únicamente en las normas de calidad del aire, toma en consideración un enfoque más realista puesto que permite utilizar factores de ponderación que cambian con los diferentes niveles de contaminación y que además permite elaborar los reportes diarios de calidad del aire.

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas, similares a las utilizadas en el PSI, por lo que no se debe olvidar que las funciones lineales segmentadas de éste corresponden a los estándares primarios norteamericanos de calidad del aire, los criterios de episodios y los niveles de daño significativo. Cuando se elaboró el IMECA en México no existían Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, ni criterios de episodios, ni de daño significativo; sin embargo, esta dificultad fue superada a través del desarrollo de puntos de quiebre basados en información local, utilizando la misma filosofía con la que se definió el PSI.

Las variables seleccionadas para su inclusión en el índice de calidad del aire fueron las mismas que las del PSI y se consideró la información disponible en México, seleccionándose CO, O₃, NO₂, PST, PM10 y SO₂.

La función que define el índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) se expresa de la siguiente manera:

$$\text{IMECA} = \text{máx} (I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$$

Donde $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ son los subíndices individuales para cada uno de los contaminantes. Los subíndices se calculan utilizando funciones lineales segmentadas que se basan en los puntos de quiebre de los valores de la siguiente tabla:

Tabla C.2. Puntos de quiebre del IMECA

IMECA	PST (24 hr) µg/m³	PM10 (24 hr) µg/m³	SO₂ (24 hr) ppm	NO₂ (1 hr) ppm	CO (8 hr) ppm	O₃ (1 hr) ppm
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	1.1	31	0.35
400	864	510	0.78	1.6	41	0.48
500	1000	600	1.00	2.00	50	0.60

La calidad del aire se considera no satisfactoria si el valor del IMECA se sitúa entre 101 y 200, mala entre 201 y 300, muy mala cuando se encuentra por arriba de 300.

El IMECA reporta el modo máximo y sus términos descriptivos están basados en los efectos umbrales a corto plazo y en los niveles de daño significativo. Cuando se elaboró el IMECA por primera vez, para fijar el valor 100 del índice se utilizaron los valores de los Criterios de Calidad del Aire publicados el 29 de noviembre de 1982. Las concentraciones para los valores de 200, 300 y 400 del índice se determinaron dividiendo el intervalo entre el criterio de calidad del aire y el nivel de daño significativo (valor 500 del IMECA), en 4 partes iguales. Para el subíndice correspondiente a PM10 se llevaron a cabo estudios de correlación para determinar los puntos de quiebre de las mediciones de partículas.

La sustitución de los criterios de calidad del aire de 1982 por las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, el 23 de diciembre de 1994, hizo que se actualizara el índice mexicano de la calidad del aire con los nuevos valores.

La Tabla C.3 presenta una lista de los efectos en la salud a diferentes niveles IMECA junto con algunas recomendaciones que se sugieren para evitar un mayor daño. Se destaca de esta tabla que tanto los ancianos como los niños son los más afectados por los episodios de la contaminación.

Tabla C.3. Efectos en la salud a diferentes niveles de IMECA y algunas recomendaciones para prevenirlos

Nivel IMECA	Posibles efectos en la salud	Medidas de tipo preventivo
0 a 100	<ul style="list-style-type: none"> • No se presentan efectos negativos en la salud de la población. • Es posible realizar todo tipo de actividad física por todos los grupos humanos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En este nivel, no es necesaria ninguna medida de tipo preventivo.
101 a 250	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta irritación conjuntival o dolor de cabeza en cualquier grupo de la población. • Los enfermos del corazón o de los pulmones reactivan los síntomas de sus padecimientos. • Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, presentan trastornos funcionales del aparato respiratorio y cardiovascular como aumento de su frecuencia respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones. • La población general sana, presenta molestias como ardor de ojos, dolor de cabeza, aumento de su frecuencia respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones, sobre todo al realizar alguna actividad intensa. 	<ul style="list-style-type: none"> • En este nivel, deben adoptarse conductas generales que disminuyan la exposición a la atmósfera contaminada, especialmente por parte de la población que presenta características de riesgo o mayor susceptibilidad, como los niños, ancianos, embarazadas y los enfermos crónicos del corazón o los pulmones; es recomendable para toda la población la adopción de las siguientes recomendaciones: <ul style="list-style-type: none"> > Evitar la exposición a la atmósfera contaminada. > No realizar ejercicio o actividad física intensa al aire libre. > Permanecer en ambientes cerrados mientras dure el episodio de contaminación elevada.
251 a 350	<ul style="list-style-type: none"> • Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, pueden presentar las molestias descritas para el nivel anterior además de alteraciones de tipo inflamatorio (tos, expectoración y espasmo bronquial) en su sistema respiratorio. • La población general sana, puede ser que presente trastornos funcionales del aparato respiratorio y cardiovascular, como aumento de su frecuencia cardíaca y respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones, sobre todo si realiza ejercicio o actividad física al aire libre. 	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de este nivel de contaminación, es recomendable para todos los grupos de población y especialmente para los grupos con mayor susceptibilidad, adoptar las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> > Evitar la exposición a la atmósfera contaminada. > No realizar ejercicio o actividad física intensa al aire libre. > Permanecer en ambientes cerrados mientras dure el episodio de contaminación. > Evitar agresiones adicionales del aparato respiratorio. > Evitar fumar y la exposición al humo de tabaco. > Evitar los cambios bruscos de temperatura. > Disminuir el contacto con personas que presenten infecciones de las vías respiratorias.
351 en adelante	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de estos niveles de contaminación, algunos reportes de investigación señalan la posibilidad de que: <ul style="list-style-type: none"> > Los enfermos crónicos de los pulmones o del corazón, reactiven su padecimiento de base. > Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, pueden presentar alteraciones de tipo inflamatorio en su aparato respiratorio (tos, expectoración y espasmo bronquial). > La población general sana está en riesgo de presentar alteraciones de tipo inflamatorio en su aparato respiratorio, aún sin realizar ejercicio o actividad física intensa, si se encuentran al aire libre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar los mecanismos naturales de defensa del organismo, mediante: <ul style="list-style-type: none"> > Ingesta abundante de líquidos, preferentemente de jugos naturales de frutas. > Consumir abundantes frutas y legumbres. • Atención médica oportuna. • Las personas susceptibles deben acudir al médico si presentan reactivación de sus padecimientos. • Las mascarillas, purificadores de aire o inhalación de oxígeno, no constituyen medidas científicamente comprobadas de protección ante la elevación de los niveles de contaminación atmosférica y su empleo indiscriminado, se puede presentar incremento en el riesgo para los grupos susceptibles. • Mantenerse atento a las recomendaciones de las Instituciones del Sistema Nacional de Salud, a través de los medios de comunicación.

D. RESUMEN DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE DE 1997

Zona Metropolitana del Valle de México

Tabla D.1. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA

	Zona noroeste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	67.1	245	29.0	106	6.6	24	0.5	2	365
PM10	10.7	39	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.3	1	0.3	1	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	3.3	12	0.3	1	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona noreste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	38.6	141	6.3	23	0.0	0	0.0	0	365
PM10	32.2	118	3.3	12	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona centro								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	77.8	284	32.3	118	4.4	16	0.0	0	365
PM10	16.7	61	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	3.8	14	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona suroeste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	80.8	295	44.7	163	9.0	33	0.3	1	365
PM10	5.2	19	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	3.6	13	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona sureste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	68.2	249	20.5	75	1.4	5	0.0	0	365
PM10	11.0	40	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	1.4	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

Tabla D.2. IMECA máximo por zona y por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Noroeste	270	136	155	153	104
Noreste	182	189	96	103	90
Centro	244	185	97	132	107
Suroeste	262	161	68	115	109
Sureste	215	182	84	107	94

Tabla D.3. IMECA máximo mensual por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Enero	226	130	91	153	78
Febrero	224	138	96	95	60
Marzo	213	185	73	115	47
Abril	216	109	96	111	43
Mayo	226	114	87	107	36
Junio	237	189	83	109	59
Julio	231	152	74	105	35
Agosto	237	156	64	87	50
Septiembre	270	100	155	73	55
Octubre	250	116	87	116	69
Noviembre	244	150	97	132	43
Diciembre	225	182	79	65	109

Zona Metropolitana de Guadalajara

Tabla D.4. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA

	Zona norte								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	29.3	107	7.7	28	0.8	3	0.0	0	365
PM10	0.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona poniente								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	30.7	112	7.9	29	1.1	4	0.3	1	365
PM10	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	3.0	11	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona centro								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	22.2	81	4.7	17	0.3	1	0.0	0	365
PM10	0.3	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	3.6	13	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona oriente								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	27.1	99	6.0	22	1.1	4	0.3	1	365
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
CO	1.6	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

	Zona sur								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	19.5	71	2.5	9	0.5	2	0.0	0	365
PM10	13.5	50	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

Tabla D.5. IMECA máximo por zona y por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Poniente	252	102	91	117	124
Norte	222	104	116	73	89
Centro	220	106	117	97	21
Oriente	257	89	130	91	24
Sur	227	154	72	129	47

Tabla D.6. IMECA máximo mensual por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Enero	219	154	137	97	124
Febrero	207	124	94	81	41
Marzo	257	142	67	87	66
Abril	242	102	70	95	26
Mayo	252	96	59	95	24
Junio	232	94	59	105	21
Julio	187	79	95	107	15
Agosto	183	81	50	73	16
Septiembre	131	83	68	96	73
Octubre	191	104	85	129	24
Noviembre	240	120	159	107	22
Diciembre	222	153	177	117	27

Zona Metropolitana de Monterrey

Tabla D.7. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA

	Zona noroeste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	2.2	8	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	1.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	287
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	356

	Zona noreste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
PM10	0.9	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	320
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	360

	Zona centro								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	2.6	9	0.0	0	0.0	0	0.0	0	352
PM10	1.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	301
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	358

	Zona suroeste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	8.0	29	0.3	1	0.0	0	0.0	0	364
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	295
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	353
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	332

	Zona sureste								No. Total días
	>=100		>=150		>=200		>=250		
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	2.2	8	0.3	1	0.0	0	0.0	0	361
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	289
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	353
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	352

Tabla D.8. IMECA máximo por zona y por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Noroeste	120	112	39	70	33
Noreste	86	107	78	98	66
Centro	136	106	53	78	25
Suroeste	154	97	47	76	23
Sureste	163	74	40	59	31

Tabla D.9. IMECA máximo mensual por contaminante

	O₃	PM10	CO	NO₂	SO₂
Enero	113	107	67	67	31
Febrero	95	105	98	98	26
Marzo	143	112	52	52	34
Abril	114	100	50	50	25
Mayo	120	83	41	41	32
Junio	163	58	38	38	22
Julio	100	50	33	33	35
Agosto	125	56	30	30	54
Septiembre	100	58	38	38	46
Octubre	111	106	58	58	21
Noviembre	120	88	67	67	66
Diciembre	80	x	70	70	25

Zona Metropolitana del Valle de Toluca

Tabla D.10. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA

Zona centro

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.8	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	357
PST	2.7	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	37*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	247
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	90
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	249

Zona sur

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	de días	No.	%	No.	
O ₃	5.1	18	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
PST	16.2	6	2.7	1	0.0	0	0.0	0	37*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	180
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	129
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	113

Zona no¹rte

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	1.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	274
PST	13.5	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	37* ²
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	227
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	26
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	254

* Número de días muestreados (red manual)

Tabla D.11. IMECA máximo por zona y por contaminante

	O₃	PST	CO	NO₂	SO₂
Centro	109	108	71	64	46
Sur	147	169	65	83	40
Norte	109	127	45	45	13

Tabla D.12. IMECA máximo mensual por contaminante

	O₃	PST	CO	NO₂	SO₂
Enero	147	-	65	64	26
Febrero	132	131	71	38	46
Marzo	86	136	58	40	37
Abril	95	138	59	5	24
Mayo	112	169	36	20	28
Junio	91	75	31	45	40
Julio	103	-	30	29	22
Agosto	115	43	24	83	29
Septiembre	89	50	33	45	36
Octubre	109	62	48	51	26
Noviembre	90	81	54	61	25
Diciembre	102	-	47	54	18

Ciudad Juárez**Tabla D.13. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA****Zona noroeste**

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	2.0	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	61*
CO	7.0	24	1.0	4	1.0	2	0.0	0	365

Zona noreste

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	1.0	3	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	61*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

Zona centro

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM10	3.0	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	61*
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Zona suroeste

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
PM10	11.0	7	3.0	2	0.0	0	0.0	0	61*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365

Zona sur

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM10	8.0	5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	61*
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Número de días muestreados (red manual)

Resumen de datos de la calidad del aire durante 1997

Tabla D.14. IMECA máximo por zona y por contaminante

	O₃	PM10	CO
Noroeste	132	107	239
Noreste	124	61	52
Centro	-	-	-
Suroeste	84	188	72
Sur	-	133	-

Tabla D.15. IMECA máximo mensual por contaminante

	O₃	PM10	CO
Enero	64	102	85
Febrero	82	119	75
Marzo	86	102	103
Abril	77	123	56
Mayo	99	144	69
Junio	124	107	61
Julio	132	58	42
Agosto	105	39	35
Septiembre	124	68	86
Octubre	105	120	120
Noviembre	78	151	239
Diciembre	47	188	138

Tijuana

Tabla D.16. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150 y 200 puntos IMECA

Estación Rosarito

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	0.0	0	256
PM10	-	-	-	-	-	-	-
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	272
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	287
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	250

Estación Playas

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	de días	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	0.0	0	147
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	60*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	166
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	151
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	112

Estación ITT

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	0.8	1	0.0	0	0.0	0	122
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	60*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	139
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	122
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	88

Estación La Mesa

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	1.7	2	0.0	0	0.0	0	119
PM10	3.4	2	0.0	0	0.0	0	58*
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	136
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	120
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	82

Resumen de datos de la calidad del aire durante 1997

Estación Constitución

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	54*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-

Estación COLEF

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-
PM10	9.1	1	0.0	0	0.0	0	11*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-

* Número de días muestreados (red manual)

Tabla D.17. IMECA máximo por estación y por contaminante

	O ₃	PM10	CO	NO ₂	SO ₂
Rosarito	99	-	76	48	75
Playas	100	-	34	43	20
ITT	109	75	41	51	12
La mesa	116	112	67	83	12
Constitución	-	99	-	-	-
Av. parque	-	63	-	-	-
COLEF	-	65	-	-	-

Tabla D.18. IMECA máximo mensual por contaminante

	O ₃	PM10	CO	NO ₂	SO ₂
Enero	100	65	41	52	17
Febrero	69	63	76	49	18
Marzo	87	70	56	48	19
Abril	71	65	35	37	75
Mayo	93	75	26	37	45
Junio	72	61	26	28	17
Julio	64	55	28	21	37
Agosto	74	60	64	30	0
Septiembre	116	48	54	83	11
Octubre	112	93	67	52	21
Noviembre	63	112	34	38	22
Diciembre	60	99	30	24	17

Mexicali**Tabla D.19. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150 y 200 puntos IMECA****Estación CBT**

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	4.3	3	0.0	0	0.0	0	69
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	46*
CO	6.9	6	1.1	1	0.0	0	87
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	73
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	83

Estación COB

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	de días	No.	%	No.	
O ₃	6.0	14	0.0	0	0.0	0	234
PM10	26.7	8	6.7	2	0.0	0	30*
CO	14.9	36	6.6	16	0.0	0	242
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	235
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	224

Estación ITM

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	4.2	15	0.0	0	0.0	0	361
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	51*
CO	2.8	10	0.0	0	0.0	0	358
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364

Estación UAB

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	4.3	13	0.0	0	0.0	0	301
PM10	10.2	5	0.0	0	0.0	0	49*
CO	7.7	25	2.2	7	0.0	0	323
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	278
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	324

Resumen de datos de la calidad del aire durante 1997

Estación CONALEP

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-
PM10	9.3	4	0.0	0	0.0	0	43*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-

Estación Progreso

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	-	-	-	-	-	-	-
PM10	9.3	24	0.0	3	0.0	0	43*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO ₂	-	-	-	-	-	-	-
SO ₂	-	-	-	-	-	-	-

- Número de días muestreados (red manual)

Tabla D.20. IMECA máximo por estación y por contaminante

	O ₃	PM10	CO	NO ₂	SO ₂
Cbt	139	99	169	46	27
Cob	133	189	190	81	24
Itm	138	95	131	69	27
Uab	149	141	176	66	22
Conalep	-	112	-	-	-
Progreso	-	185	-	-	-

Tabla D.21. IMECA máximo mensual por contaminante

	O ₃	PM10	CO	NO ₂	SO ₂
Enero	88	150	120	68	20
Febrero	103	87	122	41	19
Marzo	139	115	169	43	26
Abril	138	141	178	69	24
Mayo	133	150	174	46	24
Junio	107	117	156	60	27
Julio	119	117	153	33	22
Agosto	104	101	71	44	16
Septiembre	149	141	140	67	16
Octubre	114	129	176	62	27
Noviembre	118	189	190	68	18
Diciembre	89	118	170	81	17

Aguascalientes

Tabla D.22. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100 y 150 puntos IMECA

	General				No. total de días
	≥ 100		≥ 150		
	%	No.	%	No.	
CO	0.0	0	0.0	0	322
NO ₂	0.0	0	0.0	0	321
SO ₂	0.0	0	0.0	0	305

Tabla D.23. IMECA máximo por contaminante

	CO	NO ₂	SO ₂
1997	75	59	29

Tabla D.24. IMECA máximo mensual por contaminante

	CO	NO ₂	SO ₂
Enero	-	-	-
Febrero	75	20	7
Marzo	67	25	5
Abril	32	29	4
Mayo	62	16	6
Junio	26	19	3
Julio	45	14	4
Agosto	37	13	5
Septiembre	49	12	6
Octubre	68	26	29
Noviembre	44	37	8
Diciembre	50	59	16

Cananea

Tabla D.25. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150 y 200 puntos IMECA

Estación 1							
	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
SO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	4

Estación 2							
	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
SO ₂	75.0	6	12.5	1	0.0	0	8

Estación 3							
	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
SO ₂	2.8	1	0.0	0	0.0	0	36

Estación 4							
	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
SO ₂	30.0	8	5.0	3	0.0	0	60

Estación 5							
	≥ 100		≥ 150		≥ 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
SO ₂	21.4	27	0.0	0	0.0	0	126

Tabla D.26. IMECA máximo por estación y por contaminante

	SO ₂
Estación 1	25
Estación 2	151
Estación 3	102
Estación 4	194
Estación 5	136

Tabla D.27. IMECA máximo mensual por contaminante

	SO ₂
Enero	194
Febrero	138
Marzo	121
Abril	119
Mayo	118
Junio	102
Julio	113
Agosto	131
Septiembre	151
Octubre	117
Noviembre	87
Diciembre	87

Coatzacoalcos

Tabla D.28. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA

General

	≥ 100		≥ 150		≥ 200		≥ 250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O ₃	3.2	7	0.5	1	0.5	1	0.0	0	219
CO	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	221
NO ₂	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	218

Tabla D.29. IMECA máximo por contaminante

	O ₃	CO	NO ₂
1997	211	24	66

Tabla D.30. IMECA máximo mensual por contaminante

	O ₃	CO	NO ₂
Enero	142	12	14
Febrero	88	12	13
Marzo	139	11	10
Abril	72	8	9
Mayo	-	-	-
Junio	-	-	-
Julio	-	-	-
Agosto	-	-	-
Septiembre	110	24	66
Octubre	80	10	36
Noviembre	211	13	46
Diciembre	98	18	30

Manzanillo

Tabla D.31. IMECA máximo por contaminante

	SO ₂	NO ₂	PM10*	PST
1997	35	38	66	62

Tabla D.32. IMECA máximo mensual por contaminante

	SO ₂	NO ₂	PM10*	PST
Enero	29	15	50	61
Febrero	-	-	-	-
Marzo	10	26	41	36
Abril	-	-	-	-
Mayo	19	30	66	62
Junio	18	38	39	29
Julio	20	7	35	40
Agosto	4	6	-	-
Septiembre	16	21	24	36
Octubre	25	18	40	36
Noviembre	19	12	40	42
Diciembre	35	12	34	35

Nacozeni

Tabla D.33. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100 y 150 puntos IMECA

Zona sur sureste

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
SO ₂	0.0	0	0.0	0	167

Zona norte noroeste

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
SO ₂	-	-	-	-	-

Zona sur

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
SO ₂	-	-	-	-	-

Zona este sureste

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
SO ₂	-	-	-	-	-

Tabla D.34 IMECA máximo por zona y por contaminante

	SO ₂
Sur sureste	43
Norte noroeste	-
Sur	-
Este sureste	-

Tabla D.35. IMECA máximo mensual por contaminante

	SO ₂
Enero	1
Febrero	3
Marzo	19
Abril	34
Mayo	26
Junio	20
Julio	21
Agosto	18
Septiembre	9
Octubre	7
Noviembre	8
Diciembre	43

Querétaro

Tabla D.36. Porcentaje y número de muestreos que sobrepasan los 100 y 150 puntos IMECA

Zona noroeste

	≥ 100		≥ 150		No. total de muestreos
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	53
SO ₂	0.0	0	0.0	0	35

Zona centro

	≥ 100		≥ 150		No. total de muestreos
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	59
SO ₂	0.0	0	0.0	0	44

Zona sureste

	≥ 100		≥ 150		No. total de muestreos
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	49
SO ₂	0.0	0	0.0	0	31

Tabla D.37. IMECA máximo por zona y por contaminante

	PST	SO ₂
Noroeste	86	57
Centro	85	86
Sureste	80	46

Tabla D.38. IMECA máximo mensual por contaminante

	PST	SO ₂
Enero	80	31
Febrero	72	86
Marzo	86	37
Abril	51	-
Mayo	29	29
Junio	45	33
Julio	55	14
Agosto	56	11
Septiembre	-	-
Octubre	39	46
Noviembre	50	32
Diciembre	66	44

San Luis Potosí

Tabla D.39. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100 y 150 puntos IMECA

Estación Lomas 3^a

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	46*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	365

Estación Loma Dorada

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	-	-	-	-	-
SO ₂	0.0	0	0.0	0	365

Estación Morales

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	365
SO ₂	0.0	0	0.0	0	365

Estación Tecnológico

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	2.2	1	0.0	0	46*
SO ₂	0.3	1	0.0	0	362

Estación Campestre

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	46*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	363

Estación Lomas 2^a

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	46*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	352

Estación Lomas 4^a

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	45*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	356

Resumen de datos de la calidad del aire durante 1997

Estación Jardín

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	44*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	345

Estación Muñoz

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	43*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	348

Estación Saucito

	≥ 100		≥ 150		No. total de días
	%	No.	%	No.	
PST	0.0	0	0.0	0	43*
SO ₂	0.0	0	0.0	0	357

* Número de días muestreados (red manual)

Tabla D.40. IMECA máximo por estación y por contaminante

	PST	SO ₂
Lomas 3 ^a	55	63
Loma dorada	-	48
Campestre	77	87
Morales	126	119
Tecnológico	103	104
Lomas 2 ^a	59	69
Lomas 4 ^a	64	77
Jardín	81	82
Muñoz	98	39
Saucito	95	91

Tabla D.41. IMECA máximo mensual por contaminante

	PST	SO ₂
Enero	92	81
Febrero	-	104
Marzo	99	92
Abril	126	97
Mayo	88	70
Junio	87	45
Julio	95	61
Agosto	95	73
Septiembre	-	63
Octubre	83	90
Noviembre	103	97
Diciembre	-	119

ANEXO E. 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 misiones 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 Centro 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 y la estancia de expertos de corto y largo plazo 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.
- Ser un Centro de confluencia de representantes de los sectores industrial, académico, social y gubernamental, promoviendo el cumplimiento de la legislación ambiental.
- 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

- Operación de una estación automática de monitoreo atmosférico.
- Integración de información de las condiciones meteorológicas y de calidad del aire del país.
- Apoyo en el desarrollo de normas y regulaciones ambientales.
- Investigación en los campos de monitoreo ambiental, microambiental y personal.
- Asesoría a la industria en la selección de tecnologías de baja emisión.

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

- 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 diversos cursos 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, asimismo 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 O_3 , NO_2 , NO_x y SO_2 . 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 partículas PM_{10} . Además se pudo advertir que los niveles de partículas en interiores son significativos con respec-

to 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.

Asimismo 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 PM-2.5.
- 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 F. GRUPO BINACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE MEXICO-ESTADOS UNIDOS

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 menos 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

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

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:

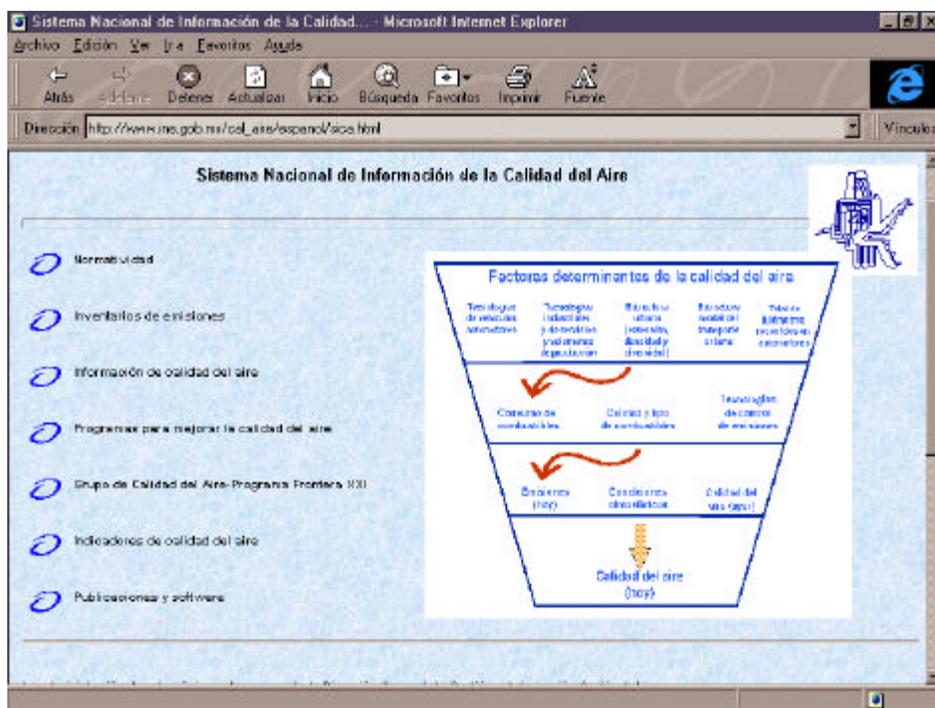
1. Verificación Vehicular en el Estado de Chihuahua.
2. Proveer Información sobre Calidad del Aire.

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.

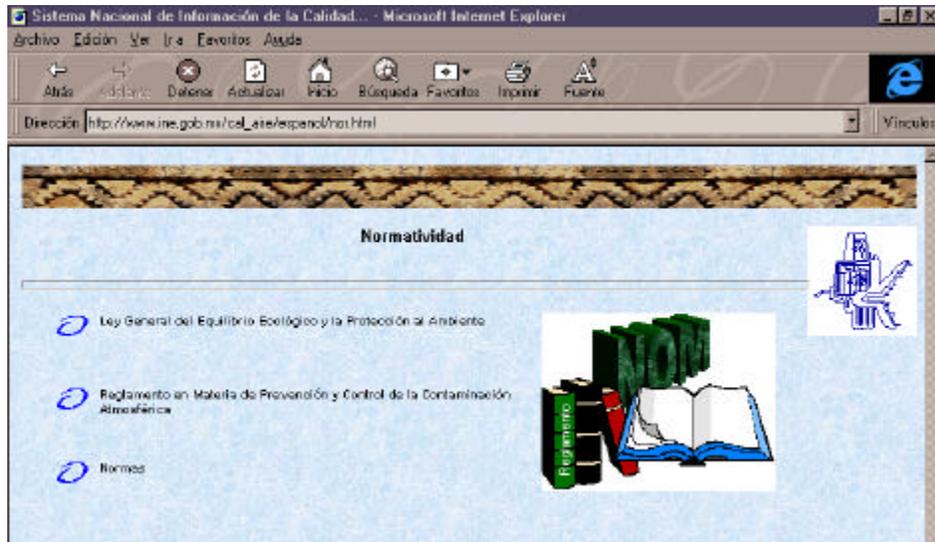
El CCC elabora actualmente un *Programa Estratégico* que orientará sus actividades a corto y largo plazo.

ANEXO G. SITIO WEB DEL INE PARA ACCESO A INFORMACION DE CALIDAD DEL AIRE

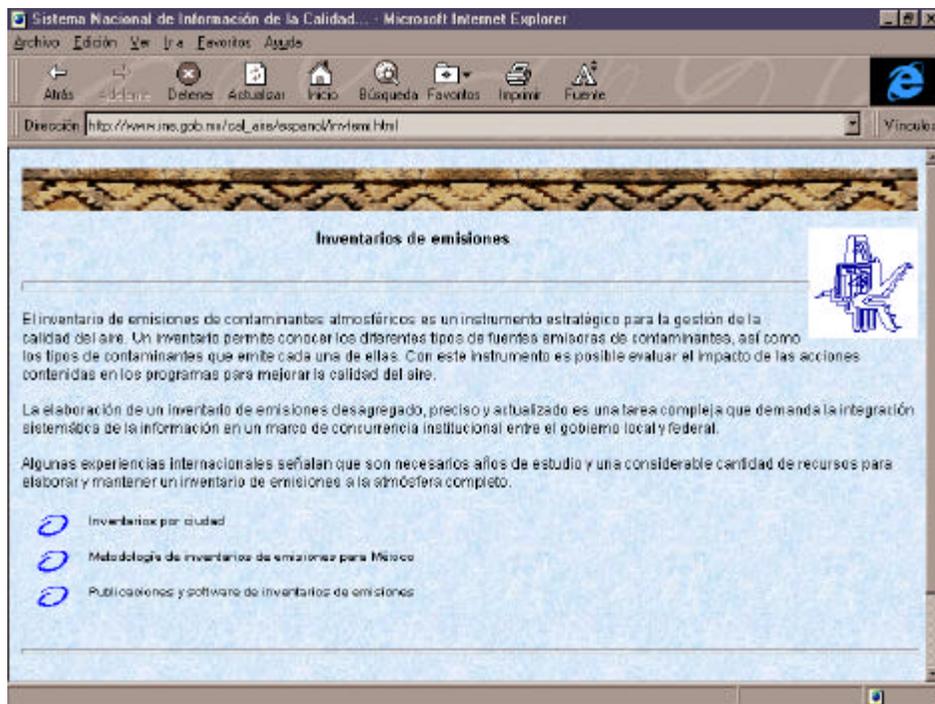
El instituto Nacional de Ecología (INE) cuenta con una página de información en Internet, en la que se pueden consultar diversos temas sobre medio ambiente, a través del Sistema Nacional de Información Ambiental, incluyendo temáticas tanto sectoriales como regionales que se despliegan en diferentes planos 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.



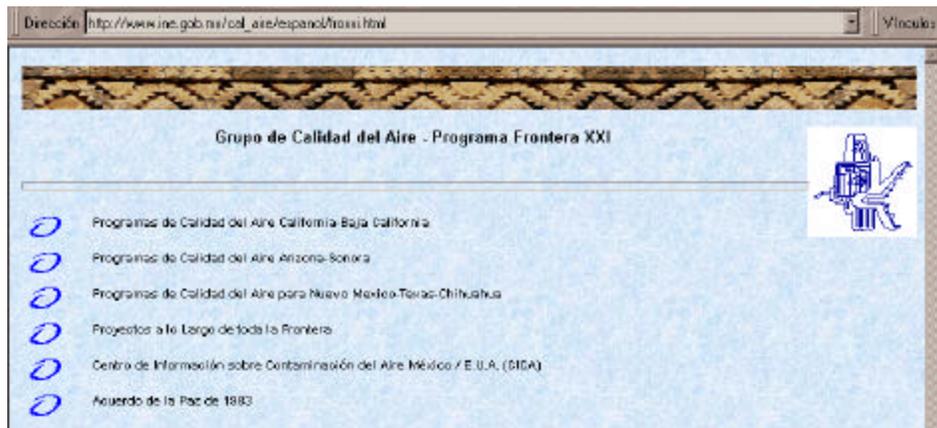
En materia de Información de Calidad del Aire se tiene acceso a la información y análisis general y por contaminante de las principales ciudades del país que cuentan con sistemas o redes de monitoreo atmosférico, como por ejemplo, las Zonas Metropolitanas del Valle de México, Guadalajara, Monterrey, 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.



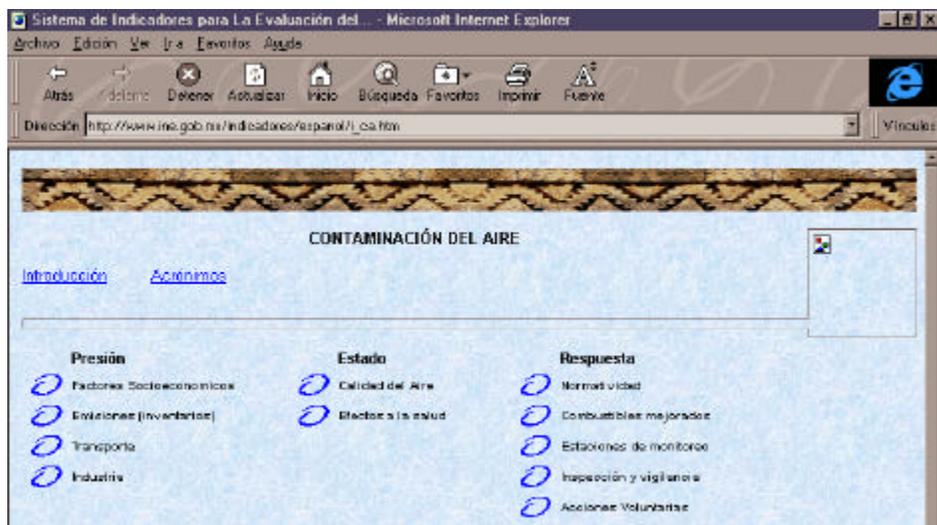
El INE a través de la Dirección General de Gestión e Información Ambiental y en conjunto con otras instituciones estatales y municipales encargadas de las políticas de medio ambiente, así como con el apoyo de la academia y organismos no gubernamentales, elabora diferentes Programas para Mejorar la Calidad 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.



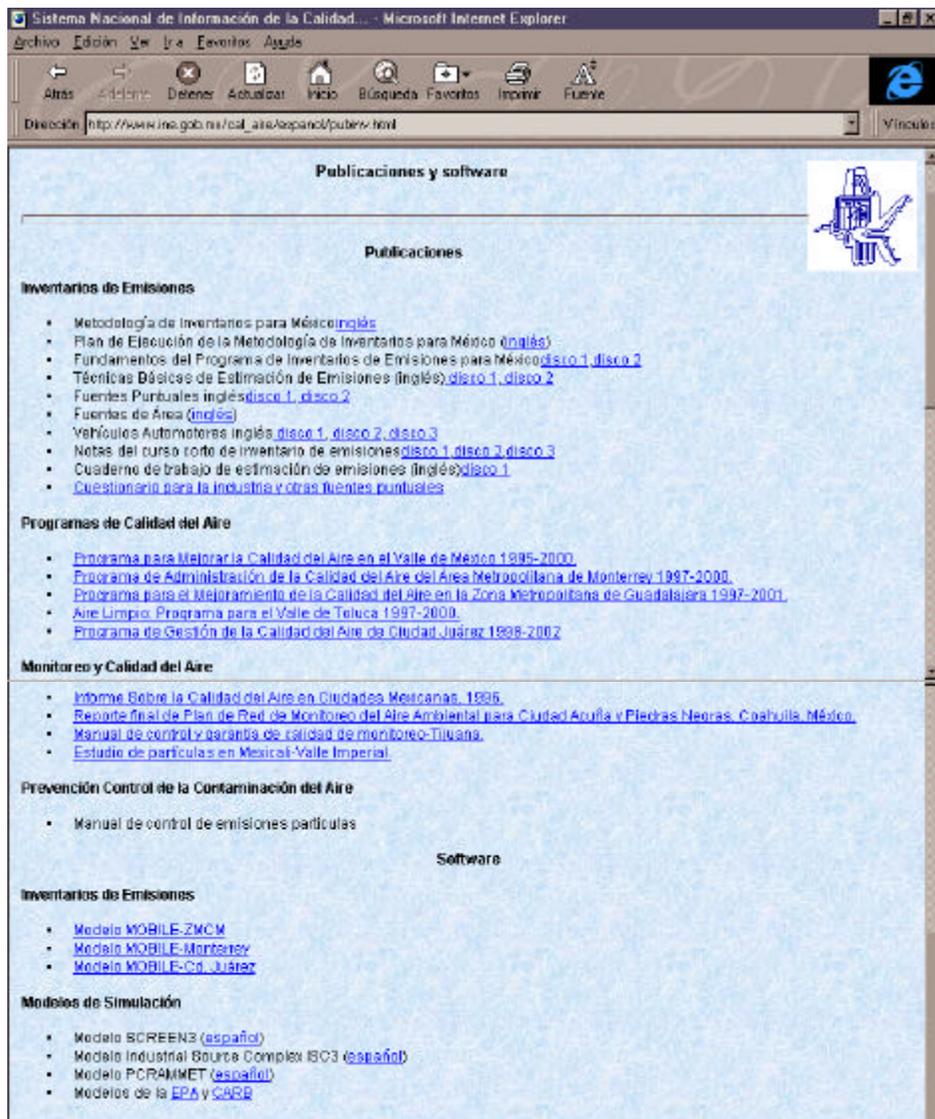
En la frontera con los Estados Unidos de América, el INE ha establecido con su contraparte estadounidense, la Agencia de Protección al Ambiente (EPA), un programa denominado Frontera XXI, que se dio a conocer en diciembre de 1996 y representa un esfuerzo binacional que agrupa a diversas entidades federales 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 Coahuila-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.



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.