

Índice

2 RECURSOS NATURALES Y SERVICIOS AMBIENTALES	25
2.1 Suelo	27
Fisiografía	27
Suelo de conservación	27
Suelo urbano	48
2.2 Biodiversidad	72
Vegetación	72
Vida silvestre	72
Unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMAS)	76
Áreas Naturales Protegidas (ANP)	77
2.3 Agua	83
Agua superficial	83
Agua subterránea	86
Sistema de abastecimiento	90
Infraestructura de agua potable	93
Calidad del agua	105
Aguas residuales	107
2.4 Aire	135
Características atmosféricas de la ZMCM	135
Inventarios de emisiones	148
Calidad del aire	167

2.4 AIRE

El aire es un fluido incoloro compuesto de nitrógeno (78.08%), oxígeno (20.95%), argón (0.93%) y otros elementos complementarios (0.04%); también contiene vapor de agua que varía según las circunstancias meteorológicas, así como partículas de materia sólida en suspensión. La contaminación del aire, en cualquier ciudad, es un problema grave con efectos duraderos sobre la salud de las personas, de los ecosistemas en su conjunto y hasta las edificaciones y monumentos. Adicionalmente, con las condiciones meteorológicas adversas, se generan las afecciones respiratorias cuyas dolencias se convierten en crónicas y son la causa de numerosas hospitalizaciones.

El clima y el estado del tiempo en pequeña escala o microclima de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), muchas influencias, locales y externas, que afectan el aire y el comportamiento de los contaminantes. Por esta razón, se presenta una descripción breve de las propiedades del aire en la ZMCM a través de la información climatológica y meteorológica disponible. Respecto del origen de los contaminantes atmosféricos, se incluyen datos de los inventarios de emisiones de gases criterio y de efecto invernadero para las diversas fuentes en la zona metropolitana. La calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es la parte estructural de este tema, presentando el estado actual del monitoreo atmosférico, de los contaminantes y el depósito húmedo, así como de los programas implementados.

La información en varios apartados hará referencia a la ZMVM que comprende al Distrito Federal y algunos municipios del Estado de México, con la delimita-

ción particular adoptada según el organismo responsable y la problemática de evaluación, captación o monitoreo de las condiciones atmosféricas de la ciudad de México.

Características atmosféricas de la ZMCM

Por su posición geográfica, y las características de los sistemas meteorológicos predominantes, en el Valle de México se distinguen claramente dos temporadas: la de verano, con lluvias de junio a octubre y clima cálido, debido a la influencia de aire tropical normalmente húmedo proveniente del Océano Pacífico, Mar Caribe y del Golfo de México; y la invernal, de secas y clima frío, la cual se caracteriza por tener humedad relativa baja y un sistema meteorológico o masa de aire de tipo polar que viene desde el norte del continente americano. La temporada de secas se subdivide en dos: Seca-Caliente (marzo-mayo), con predominio de aire tropical seco y de temperatura alta; y la otra, Seca-Fría (noviembre-febrero), caracterizada por aire de tipo polar con bajo contenido de humedad y temperatura.

Una forma de explicar las principales características atmosféricas es a través del clima, definido como el promedio de las condiciones atmosféricas en un periodo definido y para un determinado lugar.

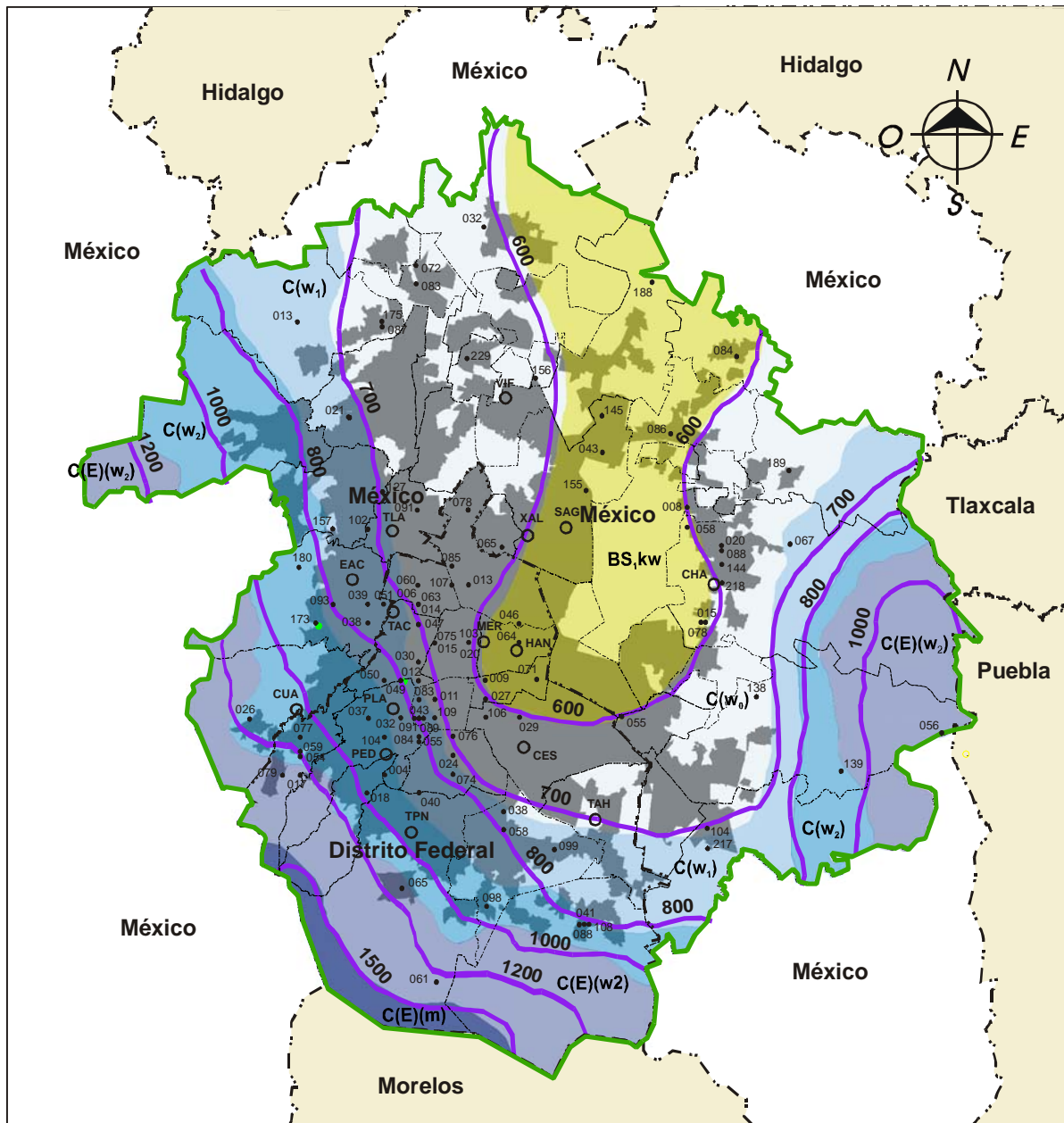
En la clasificación climática se diferencian e identifican estratos de temperatura, humedad y régimen de lluvias. La ZMCM, en el 63.7% de su superficie, presenta un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; 18.4% con clima semifrío, que en su mayoría es subhúmedo, con lluvias en verano; y el restante 17.9% es semiseco templado (ver Cuadro 2.4.1 y Mapa 2.4.1).

CLIMAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO		CUADRO 2.4.1
Tipo o subtipo	Símbolo	Superficie de la ZMCM (%)
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad	C(w ₀)	30.20
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media	C(w ₁)	17.36
Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	C(w ₂)	16.10
Semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano	C(E)(m)	1.84
Semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad	C(E)(w ₂)	16.55
Semiseco templado con lluvias en verano	BS ₁ kw	17.95
Total		100.0

FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

CLIMAS Y ESTACIONES METEOROLÓGICAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO 2002

MAPA 2.4.1



Simbología

Climas

BS,kw Semiseco templado con lluvias en verano

Templado subhúmedo con lluvias en verano

C(w₁) Menor humedad

C(w₂) Humedad media

C(w₃) Mayor humedad

Semifrío

C(E)(w₂) Subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad

C(E)(m) Húmedo con abundantes lluvias en verano

--- Límite estatal

- - - Límite municipal

— Límite de la Zona Metropolitana

031 • Estación meteorológica

TAC ○ Estación de monitoreo meteorológico del SIMAT

1200 — Isoyeta (precipitación promedio anual en mm)

■ Área urbana

0 5 10 20 kilómetros

Escala gráfica

FUENTE: Elaborado con base en: **INEGI**. Base de Datos Geográficos de la Carta de Climas escala 1:1 000 000. Aguascalientes, Ags., 2003.

**COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

CUADRO 2.4.2

Número de Estación o Clave	Ubicación	Latitud norte		Longitud oeste		Altitud msnm
		Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Distrito Federal						
004	Anzaldo, presa (Contreras)	19	19	99	13	2,385
006	Aquiles Serdán # 46 (Azcapotzalco)	19	29	99	11	2,240
009	Cincel # 42(Col. Sevilla)	19	24	99	07	2,240
011	Colonia del Valle	19	23	99	10	2,235
012	Colonia Escandón	19	24	99	11	2,245
013	Col. Industrial (Polar 90)	19	29	99	08	2,240
014	Colonia Popular (Nte. 77)	19	28	99	11	2,240
015	Comision Federal de Electricidad	19	26	99	10	ND
017	Desierto de los Leones	19	19	99	18	3,040
018	Desviación Alta Pedregal	19	18	99	14	2,470
020	Facultad de Ingeniería	19	26	99	08	ND
024	Granja Viena Coyoacán	19	20	99	09	2,260
027	Ixtacalco	19	23	99	07	2,240
029	Ixtapalapa (Morelos # 77)	19	22	99	05	2,240
030	Jardín Botánico Chapultepec	19	25	99	11	2,240
032	Castañeda # 13 (A.Juárez 24)	19	22	99	12	2,290
037	Mixcoac-presa	19	22	99	14	2,410
038	Moyogurda	19	17	99	06	2,230
040	Hacienda Peña Pobre	19	18	99	11	2,290
041	Milpa Alta	19	11	99	01	ND
043	La Reposadera (Mixcoac)	19	22	99	11	ND
046	San Juan de Aragón	19	27	99	05	2,240
047	Scop (Tacuba # 725)	19	27	99	11	2,250
049	Tacubaya	19	24	99	12	2,308
050	Tacubaya-presa	19	24	99	13	2,300
051	Presa San Joaquín (A. Tecamachalco)	19	28	99	13	2,340
054	La Venta (Cuajimalpa)	19	20	99	18	2,850
055	Villa Obregón	19	21	99	11	2,263
058	Xochimilco	19	16	99	06	ND
059	Zarco, El	19	20	99	18	ND
060	Egipto # 7 (Col. Clavería)	19	29	99	11	2,260
061	Guarda, El (km. 39.5 a Cuernavaca)	19	8	99	10	3,000
063	Tacuba (Mar Kara # 3 bis)	19	28	99	11	2,260
064	Aeropuerto internacional	19	26	99	05	2,234
065	Ajusco	19	13	99	12	2,839
071	Colonia Agrícola Oriental	19	24	99	04	2,240
074	Colonia Sta. Úrsula Coapa	19	19	99	09	2,256
075	Colonia Tlaxpana	19	26	99	10	ND
076	Coyoacán (San Francisco)	19	21	99	09	ND
077	Cuajimalpa	19	21	99	18	2,750
078	Cuauhtepc Barrio Bajo Tenochtitlan # 16)	19	33	99	08	2,300
079	Desierto de Los Leones	19	19	99	19	3,040
083	Esc. Sec. # 8 (Sn. Pedro de Los Pinos)	19	23	99	11	ND
084	Felipe Villanueva # 20 Guadalupe Inn	19	21	99	11	2,263
085	Hda. La Patera (G.A. Madero)	19	30	99	09	2,240
088	Milpa Alta (C. Hidrológica)	19	11	99	01	2,420
089	Calle Sarto No. 13 (Mixcoac)	19	22	99	11	ND
091	Pasaje Alpes # 16 Col. San José Insurgentes	19	22	99	11	ND
098	San Francisco Tlalnepantla	19	12	99	07	ND
099	San Gregorio Atlapulco (Xochimilco)	19	15	99	03	2,250
103	Tacuba # 7 (centro)	19	26	99	08	2,234
104	Tarango (Villa Obregón)	19	21	99	13	2,340
106	Unidad Modelo (Ixtapalapa)	19	22	99	07	2,240
107	Vencedora # 44 (Col. Industrial)	19	29	99	09	2,240
108	Vertedor Milpa Alta	19	11	99	01	2,455
109	Xoco San Felipe # 169	19	22	99	10	ND
CES	Cerro de la Estrella	19	20	99	04	2,260
CUA	Cuajimalpa	19	22	99	18	ND
HAN	Hangares	19	25	99	05	2,240
MER	Merced	19	25	99	07	2,240
TAC	Tacuba	19	27	99	12	2,240
TAH	Tláhuac	19	15	99	01	ND
TPN	Tlalpan	19	15	99	11	ND
PLA	Plateros	19	22	99	12	2,330
PED	Pedregal	19	19	99	12	2,340

(Continúa)

**COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

CUADRO 2.4.2

Número de Estación o Clave	Ubicación	Latitud norte		Longitud oeste		Altitud msnm
		Grados	Minutos	Grados	Minutos	
Estado de México						
008	Atenco	19	33	98	55	2,240
013	Concepción, Presa La	19	43	99	18	2,350
015	Chapingo	19	29	98	53	2,250
020	Grande, La	19	31	98	53	2,250
021	Guadalupe, Presa	19	38	99	15	2,300
026	Huixquilucan	19	22	99	21	2,710
032	Km-46 Gran Canal	19	48	99	7	2,245
038	Molinito, El	19	27	99	14	2,300
039	Molino Blanco	19	28	99	14	ND
043	Nezahualcóyotl	19	36	99	0	ND
055	Reyes de la Paz, Los	19	22	98	59	2,240
056	Río Frio	19	21	98	40	2,880
058	San Andrés	19	32	98	55	ND
065	San Juan Ixhuatepec	19	31	99	6	ND
067	San Miguel Tlaixpan	19	31	98	49	2,400
072	Santo Tomás	19	46	99	11	ND
078	Tejocote (Texcoco), El	19	27	98	54	ND
083	Teoloyucan	19	45	99	11	ND
084	Pirámides de Teotihuacán	19	41	98	52	ND
086	Tepexpan	19	37	98	56	2,250
087	Tepetzotlán (El Vertedero)	19	43	99	13	ND
088	Texcoco	19	31	98	53	2,250
091	Tlalnepantla	19	33	99	11	ND
093	Totolica (San Bartolo)	19	28	99	16	ND
102	Calacoaya (A. Madín)	19	32	99	14	2,300
104	Chalco	19	16	98	54	2,240
127	Arboledas, Las (A. Rancho Tulpan)	19	34	99	13	ND
138	Coatepec Olivos	19	23	98	51	2,400
139	Colonia Manuel Ávila Camacho	19	19	98	46	2,880
144	Chapingo	19	30	98	53	2,500
145	Chiconautla	19	38	99	0	2,500
155	Km 2+120 (Bombas)	19	34	99	1	2,235
156	Km 27+250 Gran Canal	19	40	99	4	2,235
157	Madín	19	32	99	16	ND
173	Presa Totolica	19	27	99	17	2,380
175	Represa El Alemán (A. Tepetzotlán)	19	43	99	13	2,330
180	Salitre, El	19	30	99	18	ND
188	San Jerónimo Xonacahuacan	19	45	98	57	2,250
189	San José Tepextlac	19	35	98	49	ND
217	Técnica Agropecuaria # 32 Tlalpizahuac	19	15	98	54	ND
218	Tejocote (Div. Lerma) Atlacomulco, El	19	27	98	54	2,250
229	Tultepec	19	41	99	8	2,250
261	Acolman	19	38	98	54	2,262
CHA	Chapingo	19	28	98	54	ND
EAC	Enep Acatlán	19	29	99	14	2,330
SAG	San Agustín	19	32	99	02	2,240
TLA	Tlalnepantla	19	32	99	12	2,260
VIF	Villa de las Flores	19	39	99	06	ND
XAL	Xalostoc	19	32	99	05	2,240

ND No disponible.

FUENTE: INEGI. *Base de Datos Geográficos de la Carta de Climas escala 1:1 000 000*. Aguascalientes, Ags., 2003.

Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

Estos climas se obtienen a través de los datos, en principio de temperatura y precipitación, para las diferentes épocas del año y en distintos sitios del territorio. La información es captada en las estaciones meteorológicas distribuidas en la zona metropolitana,

ya sea como parte de la red de estaciones meteorológicas a nivel nacional o bien del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT), que observan parámetros meteorológicos. En la red nacional se tiene un registro de 99 estaciones para la ZMCM,

algunas de las cuales ya no operan pero cuentan con datos de varios años, mientras que del SIMAT son 15 estaciones, coincidiendo en algunos sitios con la red nacional como en los casos de Chapingo y Tacubaya (ver Cuadro 2.4.2 y Mapa 2.4.1).

El clima templado subhúmedo, con lluvias en verano en la ZMCM, registra una precipitación total anual entre los 600 mm y 800 mm, llegando a poco más de 950 mm en los años más lluviosos. Por otro lado, la temperatura media anual varía de los 12°C a los 18°C. Estas condiciones afectan totalmente a siete delegaciones del centro y norte del Distrito Federal y a más de 20 municipios conurbados (ver Mapa 2.4.1).

El clima semiseco templado presenta una precipitación total anual que varía entre 500 mm y 600 mm y una temperatura media anual entre los 12°C y 18°C. Se presenta en parte de las delegaciones Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco e Iztapalapa, así como en los municipios de La Paz, Chimalhuacán, Nezahualcóyotl, Atenco, Ecatepec, Teotihuacán, Tecámac y parte de Zumpango. Con una precipitación total anual entre 800 mm y más de 1 100 mm, los climas semifríos sólo están presentes en las partes altas

y menos pobladas ubicadas al sur, al este y al oeste de la ZMCM, registrándose temperaturas promedio entre los 5°C y 12°C.

Hay ocurrencia de heladas en los meses de octubre a marzo y con menor frecuencia, en abril y septiembre. En las estaciones San Juan de Aragón y Acolman se presentaron en total 33 y 177 días respectivamente de este evento para el año 2000 (Cuadro 2.4.3).

Temperatura, Precipitación y humedad

Las 15 estaciones del SIMAT que forman parte de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) se ubican en la parte central de la ZMVM conformada por el Distrito Federal y 28 municipios del estado de México. La RAMA registra en forma continua los parámetros meteorológicos: temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa y radiaciones.

En el periodo 1992 al 2001 en la ZMVM, el promedio de los datos de temperatura media configura un núcleo de los valores más elevados en la zona centro de la ciudad, fenómeno conocido como "isla de calor",

DÍAS CON HELADAS POR ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, VARIOS AÑOS

CUADRO 2.4.3

Estación y concepto	Periodo	Mes												
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Tacubaya	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1987-2000	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con menos	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con más	1987	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
El Guarda	2000	0	5	0	0	6	0	0	0	0	ND	ND	ND	ND
Total	1958-2000	520	433	327	193	63	47	29	52	55	198	371	444	444
Año con menos	1986	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con más	1979	31	24	10	13	1	5	2	9	7	30	30	18	18
San Juan de Aragón	2000	22	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
Total	1954-2000	563	333	95	11	0	0	0	0	1	19	163	325	325
Año con menos ¹	1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Año con más	1960	18	26	9	3	0	0	0	0	0	0	4	17	17
Presa Totolica	ND													
Chapingo	2000	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
Total	1947-2000	33	18	2	1	0	0	0	0	0	2	7	32	32
Año con menos	1995	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1
Año con más	2000	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21
Acolman	2000	31	28	29	13	3	0	2	1	2	15	22	31	31
Total	1981-2000	43	35	33	13	3	0	2	1	2	16	33	48	48
Año con menos	1982	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20
Año con más	2000	31	28	29	13	3	0	2	1	2	15	22	31	31

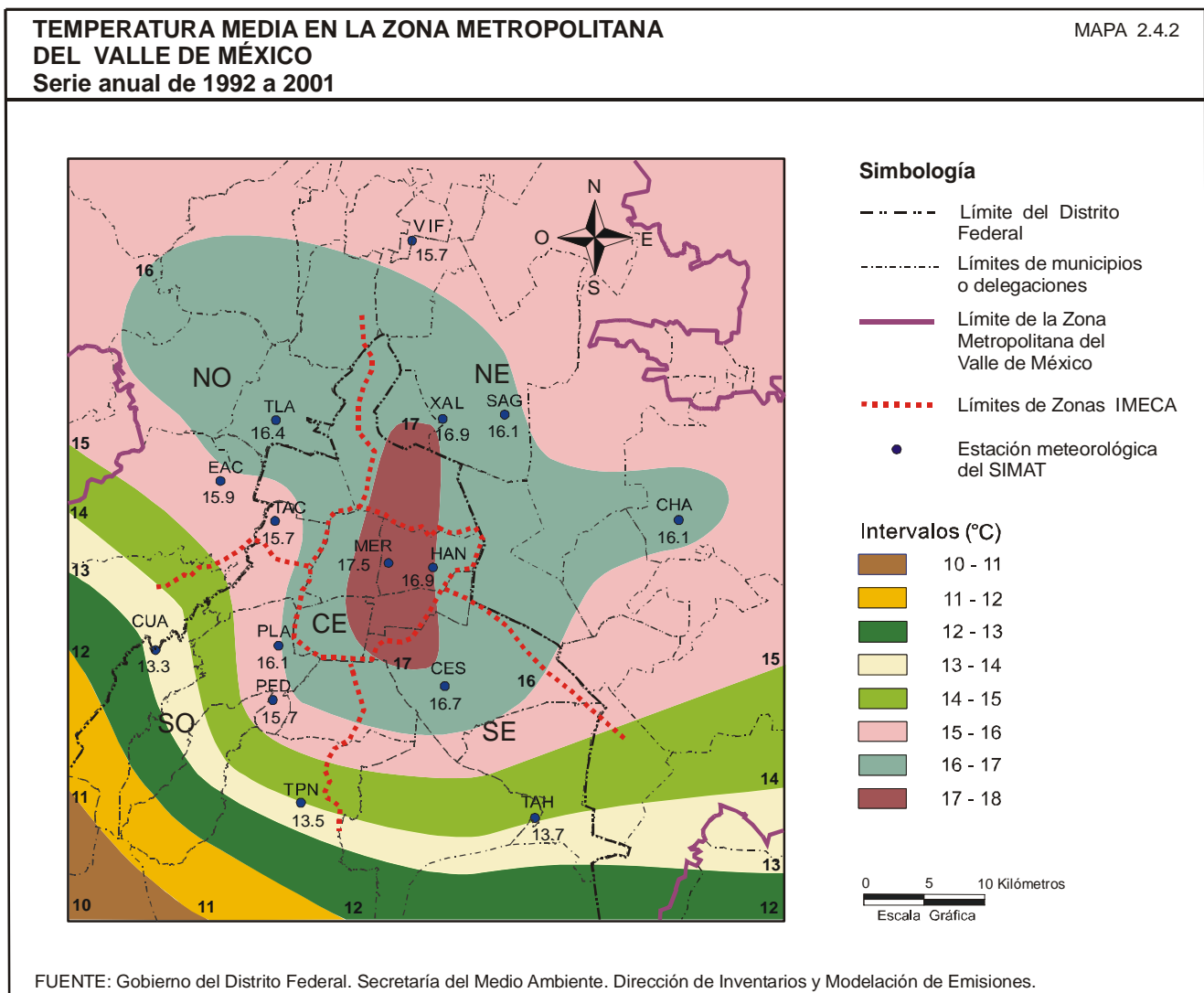
FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

incluye la estación meteorológica MERCED (MER) con 17.5°C, y desciende radialmente en proporciones más o menos uniformes de los 15°C hasta los 11°C en la parte sur del Distrito Federal (Mapa 2.4.2). Por otro lado, las temperaturas mínimas revelan un promedio de 12.3°C, aumentando el frío hacia la periferia hasta el intervalo de 5°C a 6°C.

Algunas temperaturas medias anuales registradas en periodos entre 15 y 79 años se muestran en el cuadro 2.4.4 y las más significativas son: 16.5°C como temperatura promedio en la estación San Juan de Aragón, 7.6°C como temperatura media anual en el año más frío en la estación El Guarda, y 18.7°C en el año más caluroso para la estación Chapingo. Una referencia mensual de los datos refleja la dominancia de las tem-

peraturas cercanas a los promedios; sin embargo, la estación El Guarda, tuvo en el año más frío (1999) una media mensual de 2.2°C para el mes de enero y, contrariamente, en la estación San Juan de Aragón, el año más caluroso (1995) en su media mensual alcanza los 23.5°C en el mes de mayo (ver Cuadros 2.4.4 y 2.4.5 y Gráfica 2.4.1).

En una serie que incluye todos los valores del total de las estaciones meteorológicas del SIMAT, se observa que no hay una variación significativa en la distribución temporal de la temperatura promedio anual en la ZMVM durante los primeros 6 años de la serie; sin embargo, para el año 1998, el cambio es considerable por un incremento de 1.3°C con respecto al valor inicial; posteriormente existe una disminución de 2.1°C



TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, VARIOS AÑOS CUADRO 2.4.4
(Grados centígrados)

Estación	Periodo	Temperatura promedio	Temperatura año más frío	Temperatura año más caluroso
Tacubaya	De 1921 a 2000	15.6	14.2	17.9
El Guarda	De 1965 a 2000	9.4	7.6	11.4
San Juan de Aragón	De 1941 a 2000	16.5	15.1	18.0
Chapingo	De 1927 a 2000	15.7	14.1	18.7
Presa Totolica	De 1963 a 2000	15.0	14.2	16.4
Acolman	De 1981 a 2000	14.2	12.9	15.7

FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO VARIOS AÑOS CUADRO 2.4.5
(Grados centígrados)

Municipio y estación	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tacubaya	2000	14.0	15.6	18.0	19.4	18.6	17.3	17.3	16.6	17.4	16.5	16.8	13.4
Promedio	De 1921 a 2000	12.9	14.3	16.0	17.7	18.0	17.3	16.1	16.1	15.9	15.1	14.0	13.0
Año más frío	1925	11.3	12.5	14.5	16.2	15.8	15.7	15.2	15.5	15.2	15.2	12.8	10.8
Año más caluroso	1998	14.2	15.9	18.7	21.7	22.7	20.8	18.6	18.1	17.7	16.0	16.7	14.8
El Guarda	2000	9.0	8.8	7.1	9.0	9.2	9.0	9.5	8.8	9.0	9.6	9.5	8.8
Promedio	De 1965 a 2000	8.2	8.7	9.6	10.1	10.4	10.2	10.0	9.9	9.8	9.3	8.8	8.4
Año más frío ^a	1999	2.2	8.1	8.3	9.1	9.1	2.5	9.3	9.4	9.1	8.6	8.5	7.0
Año más caluroso	1969	9.4	10.6	12.1	13.3	12.7	14.1	13.4	11.9	12.0	9.5	8.8	9.6
San Juan de Aragón	2000	12.2	14.6	17.4	19.5	19.9	18.6	18.4	18.1	18.9	17.0	16.3	12.2
Promedio	De 1941 a 2000	12.7	14.3	16.3	18.1	18.9	18.9	18.1	18.1	17.8	16.5	14.7	13.1
Año más frío	1956	9.5	13.4	15.6	17.9	17.6	16.9	17.2	17.5	16.1	14.8	13.1	11.9
Año más caluroso ^a	1995	14.9	16.0	18.2	20.1	23.5	20.6	18.7	18.6	18.7	17.0	16.0	13.8
Chapingo	2000	13.9	15.7	17.6	19.6	19.5	18.7	18.1	17.4	17.8	17.4	17.7	13.7
Promedio	De 1927 a 2000	12.5	13.9	16.3	17.6	18.4	17.9	16.8	16.7	16.4	15.4	13.8	12.7
Año más frío	1943	11.3	11.5	14.4	15.5	17.7	15.6	16.1	15.9	16.0	13.2	11.5	10.3
Año más caluroso	1998	14.5	16.1	18.7	21.7	22.4	22.4	19.9	19.6	19.4	17.7	17.6	14.8
Presa Totolica	2000	12.0	14.0	15.2	15.6	17.4	17.5	16.4	16.6	16.9	15.7	15.5	11.5
Promedio	De 1963 a 2000	11.6	13.9	15.1	16.5	17.1	17.2	16.2	16.2	16.0	14.7	13.3	12.2
Año más frío	1968	10.6	10.8	13.7	15.6	16.2	16.7	15.8	16.0	15.9	14.7	12.7	11.5
Año más caluroso	1998	11.8	13.2	16.6	19.0	20.2	19.8	17.8	16.8	17.4	15.7	15.4	12.7
Acolman	2000	8.6	10.6	12.8	14.9	15.7	15.2	15.1	14.4	15.1	13.3	12.9	8.9
Promedio	De 1981 a 2000	10.6	12.1	14.0	16.0	17.0	16.9	16.0	15.8	14.6	14.0	13.0	11.0
Año más frío	1999	11.7	10.2	13.2	15.7	16.1	16.4	14.6	15.3	13.0	11.7	9.1	8.0
Año más caluroso	1982	12.5	13.3	15.9	18.7	18.7	18.2	16.8	16.6	16.5	15.2	13.3	12.3

^a Se han registrado dos o más años que cumplen con esta característica. Sólo se presentan los datos del año más reciente.

FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

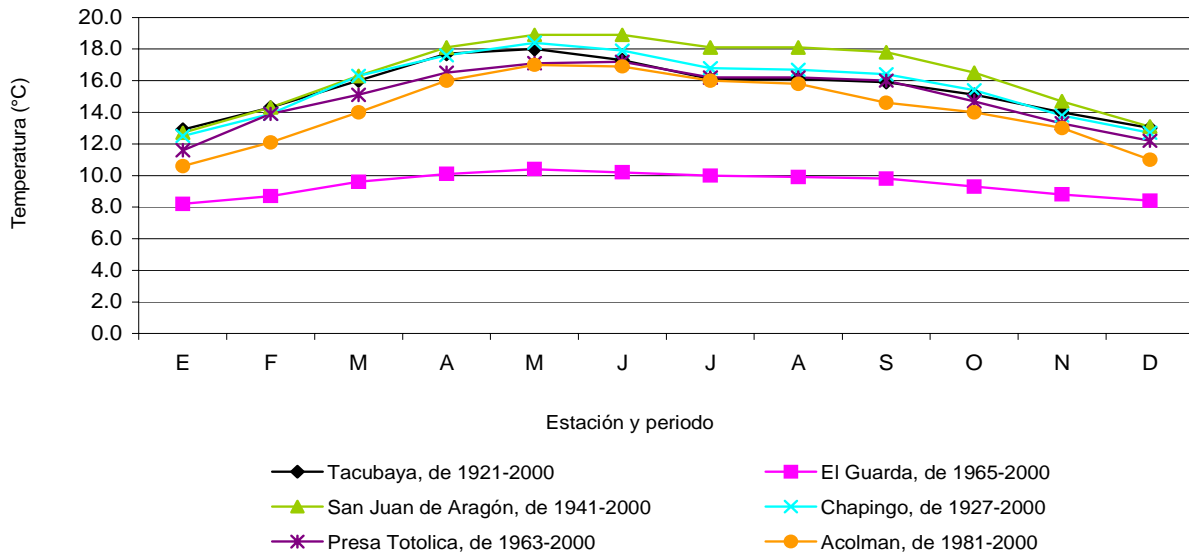
para el año 2000. En términos de una línea de tendencia, la temperatura para la ZMVM presenta una disminución de 0.07°C por año (ver Gráfica 2.4.2).

En cuanto a la precipitación pluvial, la máxima registrada entre 1990 y 2001 fue de 118.6 mm en la estación Ajusco (6 de septiembre de 1990). El pro-

medio indica que la mayor cantidad de lluvia se presenta en la parte occidental del Distrito Federal, al pie de la sierra Ajusco-Chichinautzin. Esta situación se presenta por el flujo de viento de verano, durante las lluvias más intensas y reforzada por el levantamiento mecánico del aire que golpea una montaña, rebota y asciende; debido a la humedad suficiente,

PROMEDIO MENSUAL HISTÓRICO DE LA TEMPERATURA POR ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, VARIOS AÑOS
(Grados centígrados)

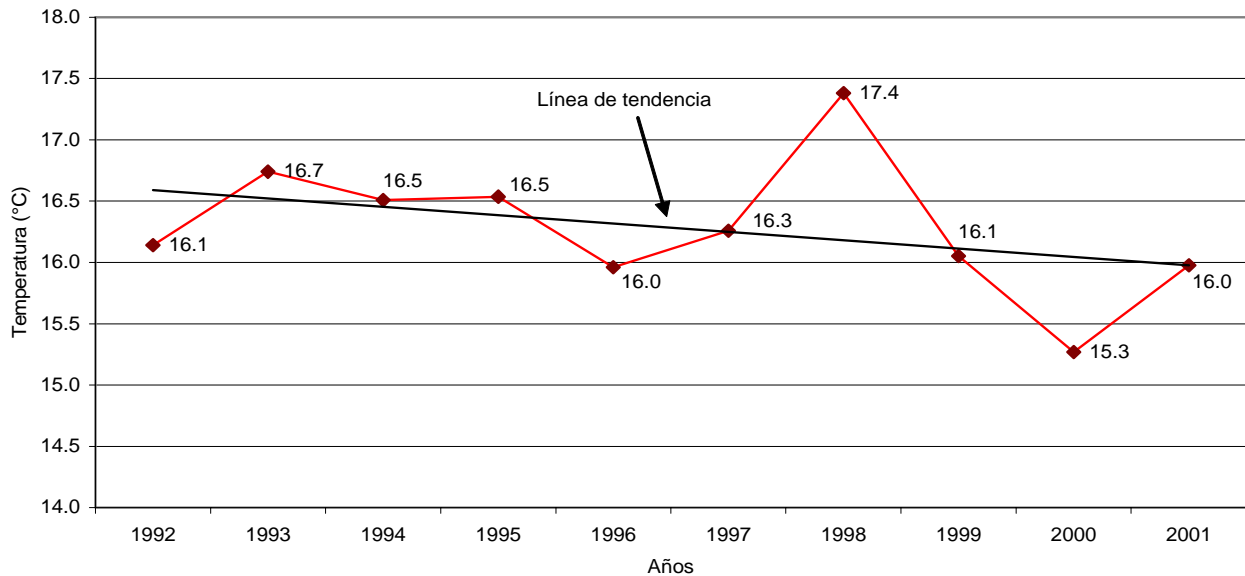
GRÁFICA 2.4.1



FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1992 a 2001

GRÁFICA 2.4.2



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

ésta se condensa formando nubes y produce la precipitación (ver Mapa 2.4.1).

El promedio anual máximo de precipitación es de 1 356.1 mm, según datos de la estación El Guarda, registrados entre 1958 y el 2000 y, en el año más lluvioso, esta estación alcanzó 2 873 mm de lluvia acumulada. En contraste, la precipitación del año más seco fue de 361.5 mm en la estación San Juan de Aragón.

Para el año 2000 la precipitación total mensual en seis estaciones meteorológicas seleccionadas alcanza un máximo de 490 mm, en la estación El Guarda en el mes de junio y el promedio mensual más alto es de 283.6 mm en la misma estación en el mes de julio para un periodo de 43 años (de 1958 al 2000). (ver Cuadros 2.4.6 y 2.4.7, y Gráfica 2.4.3).

La humedad relativa, parámetro meteorológico de la cantidad de vapor de agua que predomina en la ZMVM, es muy importante por su incidencia directa en las reacciones químicas que se dan en el aire; por ejemplo, al entrar en contacto el bióxido de nitrógeno (NO₂) con el aire húmedo, se origina el ácido nítrico que es un componente de la lluvia ácida. El porcentaje de humedad relativa representa el déficit de saturación o de presión de la atmósfera.

En el periodo de 1992 a 2001, los promedios de humedad relativa media son menores en las cercanías del centro de la Ciudad de México, en un rango de 46% a 49%, pasando en la región central al 52% e incrementándose el porcentaje en forma de anillos irregulares concéntricos hacia los límites de la ZMVM (ver Mapa 2.4.3). Un comportamiento espacial semejante se tiene para los promedios de humedad relativa máxima y

mínima en una estrecha relación con las variaciones de la precipitación y la temperatura.

La tendencia de la humedad relativa anual en la ZMVM, en el periodo mencionado, refleja un incremento de 6.7% en los primeros tres años y una disminución a partir de 1994 y hasta 1999, donde asciende hasta promediar 52% en el año 2001. La tendencia muestra un decremento anual de 1.2% (ver Gráfica 2.4.4).

Inversiones térmicas y capas de mezclado

Las inversiones térmicas son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal y favorecen el estancamiento de los contaminantes. En el Valle de México son mayormente del tipo de radiación, en la cual se presenta fuga de calor de la superficie terrestre durante la noche y un enfriamiento más o menos rápido del suelo, instantes antes de que salga el sol, las capas inferiores registrarán temperaturas más bajas, presentándose entonces una inversión térmica de tipo radiativa. La hora de ruptura de las inversiones térmicas se mantiene, en promedio, por debajo de las 9:30 de la mañana (ver Figura 2.4.1).

La frecuencia con que se presentaron las inversiones térmicas en superficie fue de 195 en 1992, seguidas de un incremento de 48 días para el año de 1993, declinando posteriormente la frecuencia hasta el final de la serie 1992-2001, que registró un total de 75 (ver Gráfica 2.4.5).

En cuanto a las intensidades promedio en grados Celsius, entre 1992 y 1997 la intensidad de las inversiones se mantenía con diferencias entre 0.4 °C y 0.7°C, elevándose hasta 3.0°C en 1998 y descendiendo casi

PRECIPITACIÓN PLUVIAL TOTAL ANUAL EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO VARIOS AÑOS (Milímetros)

CUADRO 2.4.6

Estación	Periodo	Precipitación promedio	Precipitación año más seco	Precipitación año más lluvioso
Tacubaya	1921-2000	787.7	460.3	1 161.50
El Guarda	1958-2000	1 356.1	878.9	2 873.00
San Juan de Aragón	1941-2000	586.9	361.5	850.50
Chapingo	1926-2000	657.3	416.7	971.00
Presa Totolica	1963-2000	971.3	743.4	1 350.30
Acolman	1981-2000	596.7	437.6	885.30

FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

PRECIPITACIÓN PLUVIAL TOTAL MENSUAL EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS SELECCIONADAS DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, VARIOS AÑOS
(Milímetros)

CUADRO 2.4.7

Municipio y estación	Periodo	Mes											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Tacubaya	2000	0.0	0.0	4.1	8.0	127.0	225.8	106.8	200.0	80.9	68.6	10.4	7.1
Promedio	De 1921 a 2000	8.0	5.5	10.2	24.2	57.4	134.1	172.0	160.7	137.3	58.0	13.8	6.5
Año más seco	1945	4.9	0.4	13.9	19.1	28.2	84.3	80.8	84.9	91.1	15.9	36.8	0.0
Año más lluvioso	1976	0.0	4.2	2.7	42.3	75.3	99.7	306.2	299.6	171.2	120.3	6.3	33.7
El Guarda	2000	0.0	0.0	0.0	35.0	187.0	490.0	160.0	385.0	195.0	215.0	50.0	13.7
Promedio	De 1958 a 2000	21.2	7.4	19.3	54.6	87.1	235.9	283.6	274.8	226.8	110.5	23.4	11.1
Año más seco	1960	24.0	0.0	0.0	48.7	27.4	157.8	185.5	183.3	107.9	121.3	8.0	15.0
Año más lluvioso	1990	0.0	13.0	83.0	192.0	177.0	389.0	577.0	517.0	475.0	450.0	0.0	0.0
San Juan de Aragón	2000	0.0	94.1	18.2	14.9	74.2	228.0	93.1	171.2	41.2	24.9	3.0	0.5
Promedio	De 1941 a 2000	9.2	8.3	12.5	22.6	47.4	104.6	106.2	113.4	92.7	46.0	13.8	9.6
Año más seco	1957	0.0	6.0	2.0	32.5	44.0	59.0	79.5	38.5	54.5	30.0	11.5	4.0
Año más lluvioso	1992	35.2	17.8	7.9	13.0	81.4	41.5	123.3	169.5	167.2	92.9	100.8	0.0
Chapingo	2000	0.0	ND	21.3	13.5	77.5	148.5	81.0	164.0	83.5	27.0	6.0	6.0
Promedio	De 1926 a 2000	9.0	5.3	10.8	26.6	58.0	103.3	121.4	112.8	96.7	95.4	11.7	6.3
Año más seco	1936	3.5	0.0	4.5	18.8	49.9	14.3	119.4	83.0	91.6	24.0	7.7	0.0
Año más lluvioso	1941	5.3	13.5	0.0	56.5	100.5	197.6	258.8	95.3	118.8	61.0	27.9	35.8
Presa Totolica	2000	0.0	0.0	16.3	29.7	33.4	93.4	191.0	170.2	77.3	85.2	4.2	1.4
Promedio	De 1963 a 2000	7.7	14.4	14.9	29.8	65.2	154.2	216.3	214.6	164.2	71.8	10.4	7.8
Año más seco	1964	22.9	0.0	20.7	19.2	128.5	147.0	145.3	89.6	129.2	17.6	12.9	10.5
Año más lluvioso	1991	9.6	133.9	0.0	31.2	128.9	202.9	356.7	175.4	161.3	134.2	2.7	13.5
Acolman	2000	0.0	0.0	9.6	2.7	43.9	142.4	52.5	98.9	34.2	21.6	30.5	6.9
Promedio	De 1981 a 2000	10.3	7.7	13.8	25.3	38.4	111.4	110.3	112.3	91.2	52.3	16.3	6.9
Año más seco	1993	2.5	14.5	9.5	16.6	22.6	118.4	52.5	55.1	111.2	7.1	27.6	0.0
Año más lluvioso	1981	22.4	1.5	12.6	75.8	88.9	149.1	82.6	231.7	135.8	75.6	7.3	2.0

FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

2°C durante 1999, lo cual marca una disminución que se mantiene por debajo de 1.5°C de intensidad en los últimos años (ver Gráfica 2.4.6).

Por otro lado, la capa de mezclado es, por definición, la región de la atmósfera en la cual se dispersan los contaminantes; su altura varía constantemente dependiendo de las condiciones de calentamiento del aire y de la velocidad del viento, por lo tanto, está en función de la estabilidad de la atmósfera. Al igual que las demás variables, la capa de mezclado presenta una evolución a lo largo del día y a lo largo del año. El valor de este parámetro es importante pues da una idea del volumen de aire en el que se está llevando a cabo el mezclado de los contaminantes a causa de la turbulencia atmosférica en las capas bajas.

El análisis del comportamiento general de la capa de mezclado indica que, durante las primeras horas de la mañana, en todos los años, la altura es mínima y aumenta hasta obtener sus máximos valores entre las

15:00 y 16:00 horas, coincidiendo con las horas de máxima temperatura. Esto permite discernir que en las primeras horas del día se da la mayor concentración de algunos contaminantes por ser menor el volumen de aire en el cual se encuentran esparcidos; y a su vez, durante la tarde, aumenta el volumen de la capa de mezclado, de manera que disminuye la concentración de los mismos (ver Gráfica 2.4.7).

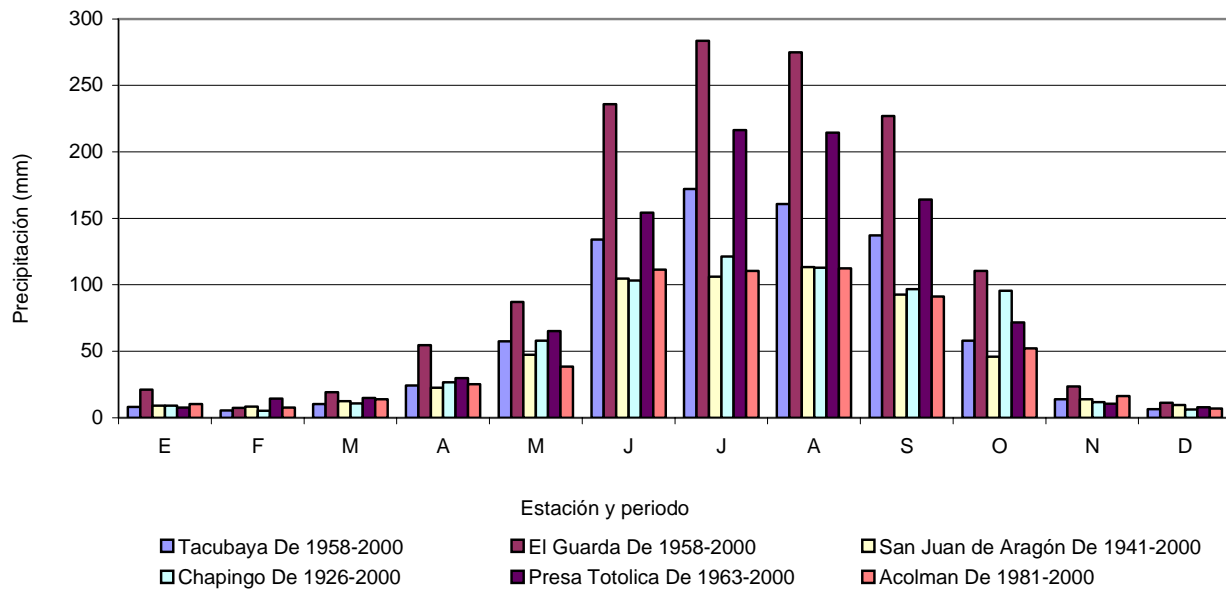
Lo anterior no es aplicable para todos los contaminantes, pues la generación de algunos de ellos, como es el caso del ozono, requiere de algunos procesos químicos, los cuales ocurren conforme avanzan la horas; tienen la mayor concentración en las primeras horas de la tarde, sobre todo cuando los días presentan escasa formación de nubes.

Meteorología

El término meteorología se refiere a la ciencia que estudia el origen de los fenómenos naturales que se pro-

**PROMEDIO MENSUAL HISTÓRICO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL
POR ESTACIÓN METEOROLÓGICA SELECCIONADA DE LA ZONA
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO, VARIOS AÑOS**
(Milímetros)

GRÁFICA 2.4.3



FUENTE: INEGI. Cuaderno Estadístico de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México edición 2002. Aguascalientes, Ags., 2002.

ducen en la atmósfera y que dan lugar al tiempo atmosférico. Establece las leyes físicas o relaciones que describen el estado de la atmósfera y en los estudios meteorológicos se identifican algunas ventajas prácticas como la predicción del tiempo futuro para orientar las actividades humanas y su adaptación al tiempo atmosférico o pruebas para modificarlo.

Los fenómenos atmosféricos inciden en el estado de los contaminantes y sobre todo en la formación, comportamiento y afectación por el ozono, así como también con la generación de contaminantes fotoquímicos.

Como punto importante, el comportamiento del viento tiene su origen en el aire en movimiento, desplazándose de las altas presiones a las bajas. Los vientos se llaman según su dirección: del este y del oeste. Los vientos dominantes (los que soplan de modo bastante regular) se disponen en una serie de cinturones alrededor del globo terrestre. Esta conducta es consecuencia de las diferencias entre los polos y el Ecuador, de temperaturas solares y la velocidad de rotación (ver Mapa 2.4.4).

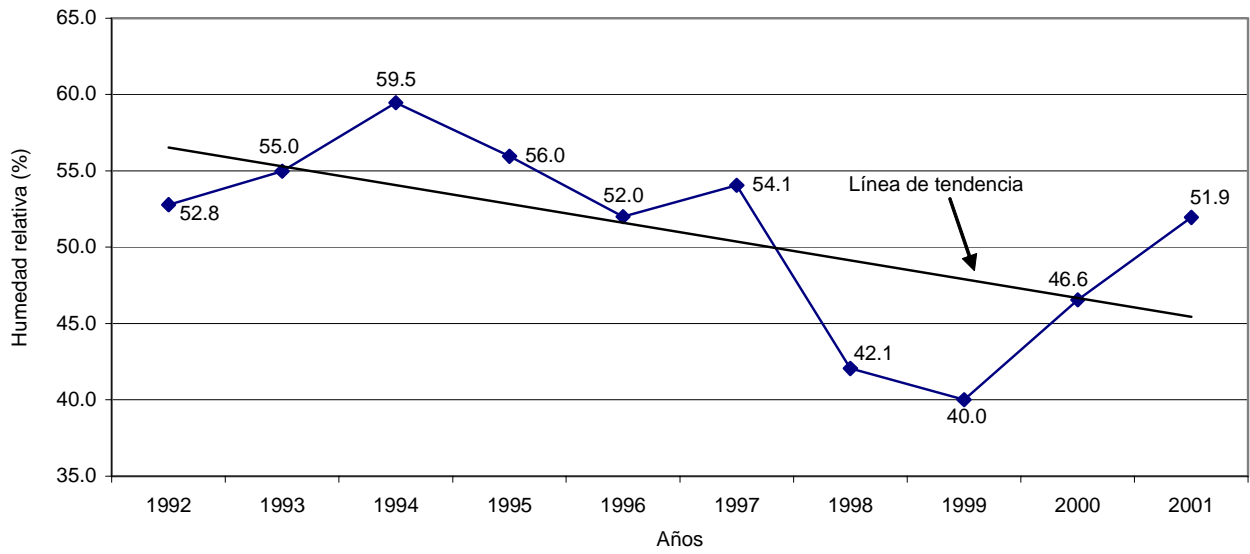
El comportamiento del viento también varía según sea la época del año. Los sistemas meteorológicos siempre están en movimiento, y en ocasiones, a pesar de la humedad ambiental presente en una temporada, se registran días con cielo despejado o con poca nubosidad, haciendo que los índices de ozono tiendan a mostrar valores altos y, sin que sea una regla, esto propicia que la calidad del aire dentro del valle sea mala.

Si se hace referencia a la temporada seca, invierno y primavera principalmente, las condiciones meteorológicas cambian, ya que las masas de aire que normalmente afectan al valle en esta temporada son de tipo frío y, por lo tanto, las variables meteorológicas que las caracterizan son diferentes.

La circulación de viento de tipo anticiclónico, sobre la región donde se ubica el Valle de México, hace posible la estabilidad atmosférica y con mucha frecuencia el viento débil en superficie, lo que tiende a favorecer un estancamiento de los precursores del ozono y a la reacción fotoquímica de los mismos, a causa de la con-

PROMEDIOS ANUALES DE LA HUMEDAD RELATIVA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
 Serie anual de 1992 a 2001

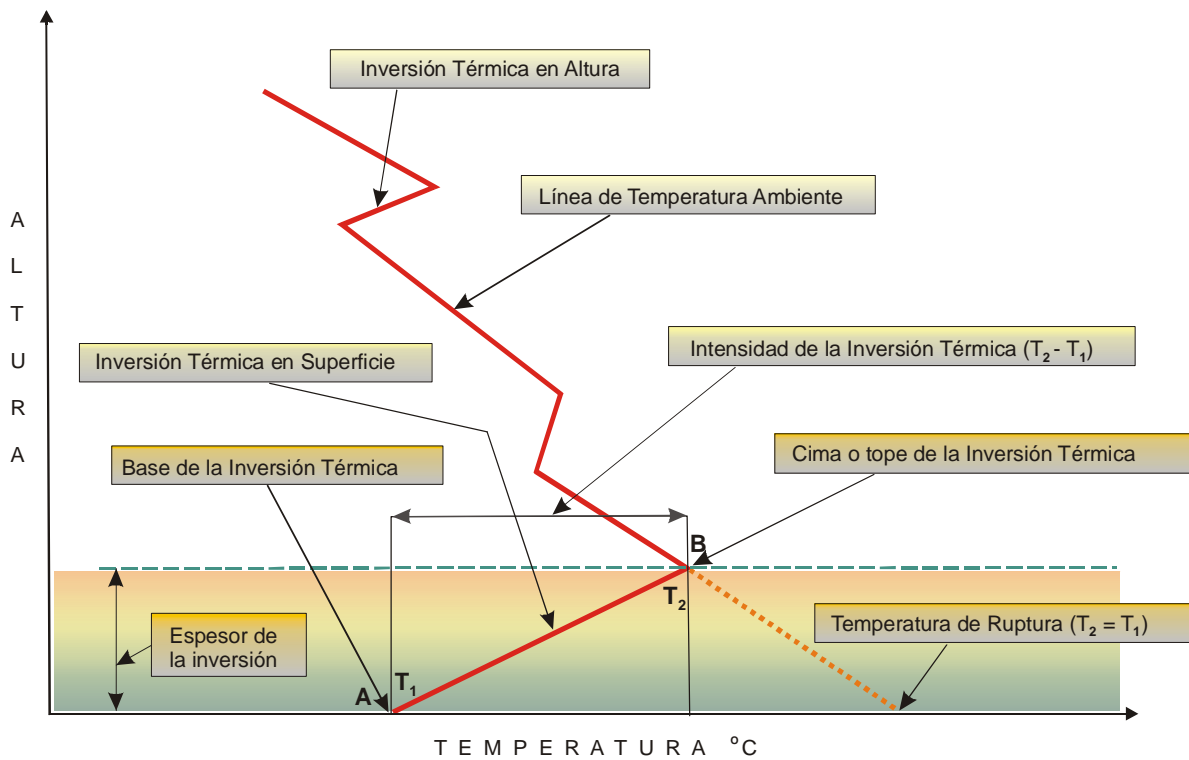
GRÁFICA 2.4.4



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

PARÁMETROS QUE DEFINEN UNA INVERSIÓN TÉRMICA Y ESTRUCTURA VERTICAL

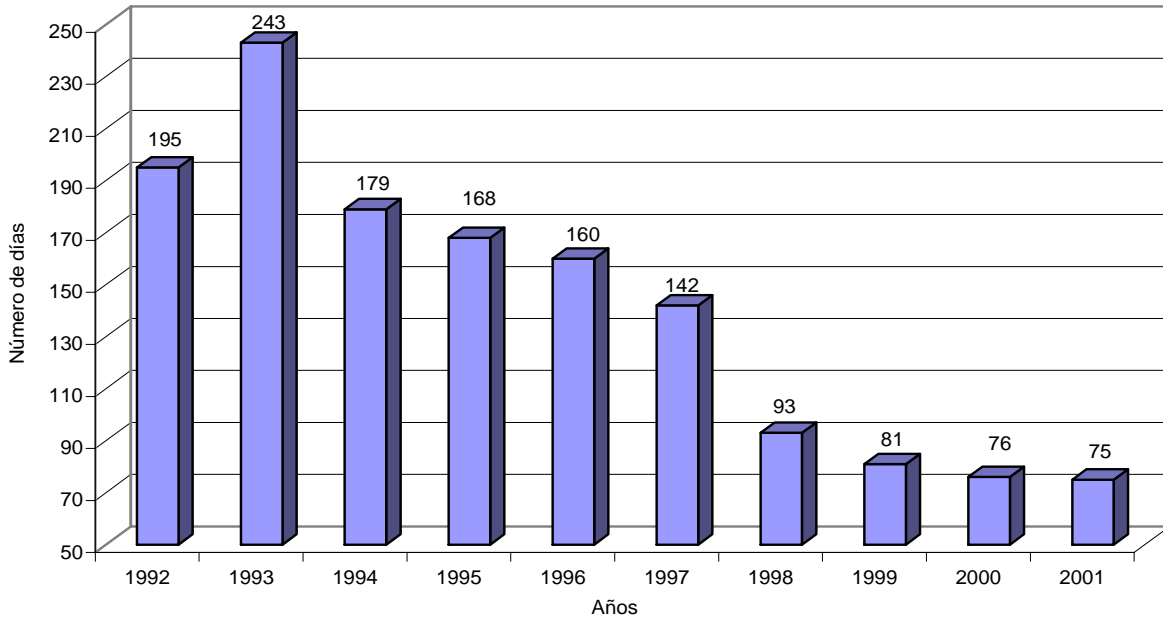
FIGURA 2.4.1



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

FRECUENCIA DE INVERSIONES TÉRMICAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1992 a 2001

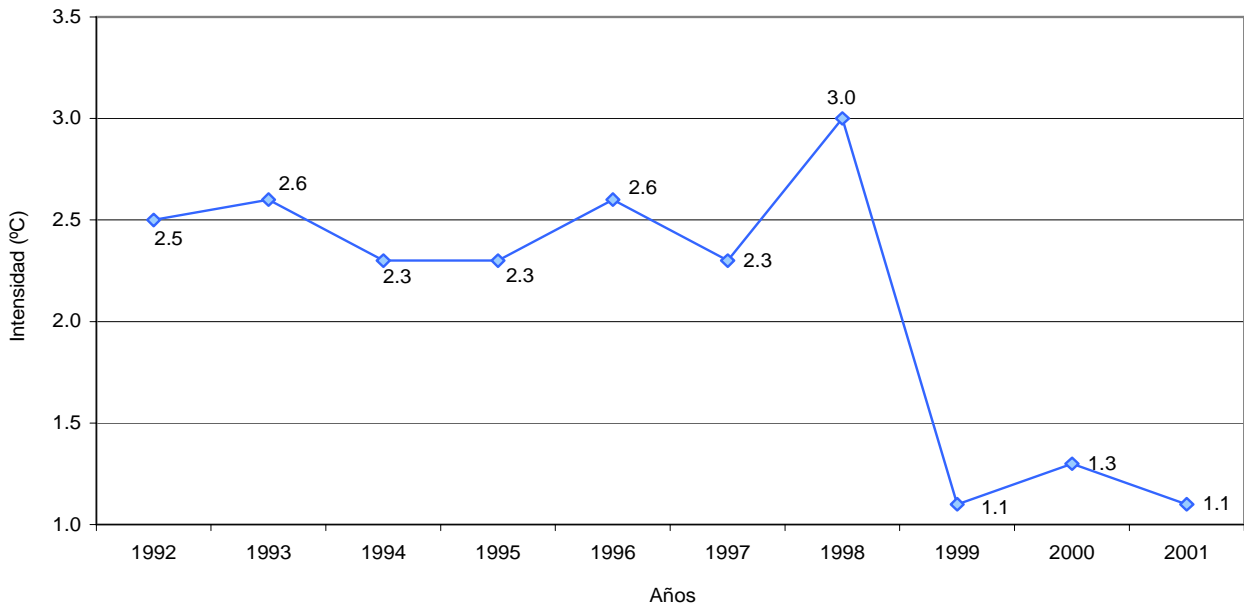
GRÁFICA 2.4.5



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

INTENSIDAD DE INVERSIONES TÉRMICAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1992 a 2001

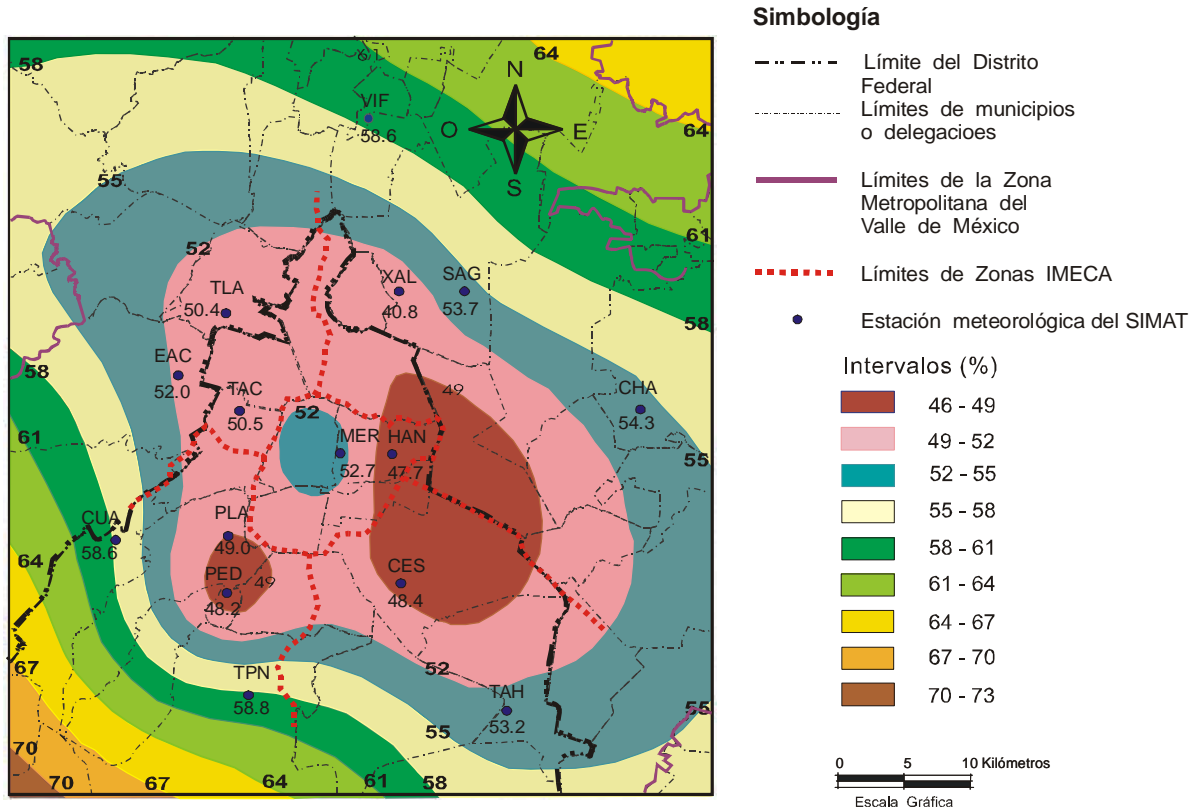
GRÁFICA 2.4.6



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

HUMEDAD RELATIVA MEDIA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1992 a 2001

MAPA 2.4.3



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

tinua influencia solar. Nuevamente, se generan condiciones para que la calidad del aire en el Valle de México sea mala.

Al final del invierno, la zona centro del país normalmente es afectada por un sistema meteorológico de gran escala, conocido como “corriente de chorro”. La estructura de este sistema se asemeja a un tubo formado por un chorro de aire que se mueve a muy alta velocidad.

En los meses de febrero y marzo el sistema puede bajar de altitud y sus fuertes vientos se proyectan con cierta velocidad hasta la superficie del Valle de México, además de que en estos meses comienzan su arribo las masas de aire tropical, la interacción de las dos masas (polar y tropical) hace que se observe un patrón de movimiento más errático y normalmente más rápido, y en-

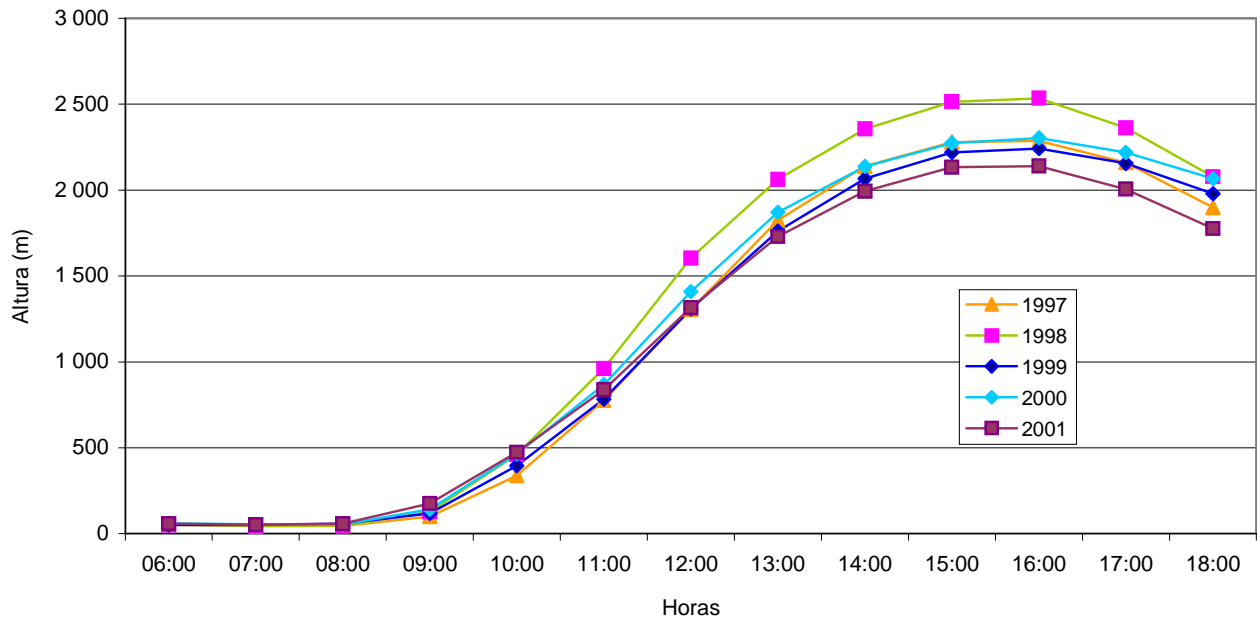
tonces el clima en el valle es más predecible de un día para otro o bien para el mismo día. Cuando la corriente de chorro está ejerciendo su efecto, las concentraciones de ozono son muy bajas, aunque la transparencia del aire puede no ser muy buena debido al material sólido en suspensión levantado por el viento.

Inventarios de emisiones

Los contaminantes en forma de gas o partículas que se suman continuamente a la atmósfera de la ZMVM, son estimados por medio del inventario de emisiones, identificando las fuentes emisoras por tipo de contaminante y las actividades generadoras. Este inventario permite establecer los indicadores ambientales de presión que ejerce cada fuente de emisión y ha sido la base para elaborar y actualizar los programas para mejorar la calidad del aire.

ALTURA PROMEDIO ANUAL DE LA CAPA DE MEZCLADO A LO LARGO DEL DÍA (6:00 A 18:00 HRS.) EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1997 a 2001

GRÁFICA 2.4.7



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección de Inventarios y Modelación de Emisiones.

En 1972, las primeras valoraciones de la contaminación atmosférica en el Valle de México reportaban 626 049 toneladas/año de contaminantes por la operación de aproximadamente 32 000 establecimientos industriales.

En esa misma época se calculaba que los vehículos automotores eran responsables del 70% de la contaminación, la industria del 25% y el restante 5% era resultado de las fuentes naturales (principalmente tolvaneras).

Inventario de emisiones 2000 en la ZMVM

El actual inventario de emisiones se lleva a cabo cada dos años y es un instrumento que logra sistematizar la obtención de información sobre los orígenes de la contaminación del aire. Con excepción del primero en 1989, que aplicó una metodología de cálculo diferente, los siguientes cuantifican cada vez de forma más precisa los cuatro tipos de fuentes y reflejan el comportamiento de las emisiones con sus actividades relacionadas, así como su distribución espacial.

En el inventario del año 2000 se tiene un total de poco más de 3.55 millones de toneladas, estimándose a partir de los contaminantes criterio que son: Partículas Menores de 10µm (PM₁₀), Bióxido de Azufre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), además de las emisiones de Partículas Menores de 2.5µm (PM_{2.5}), Compuestos Orgánicos Totales (COT), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), Amoníaco (NH₃) y Metano (CH₄), como otro nivel de desagregación de los inventarios anteriores.

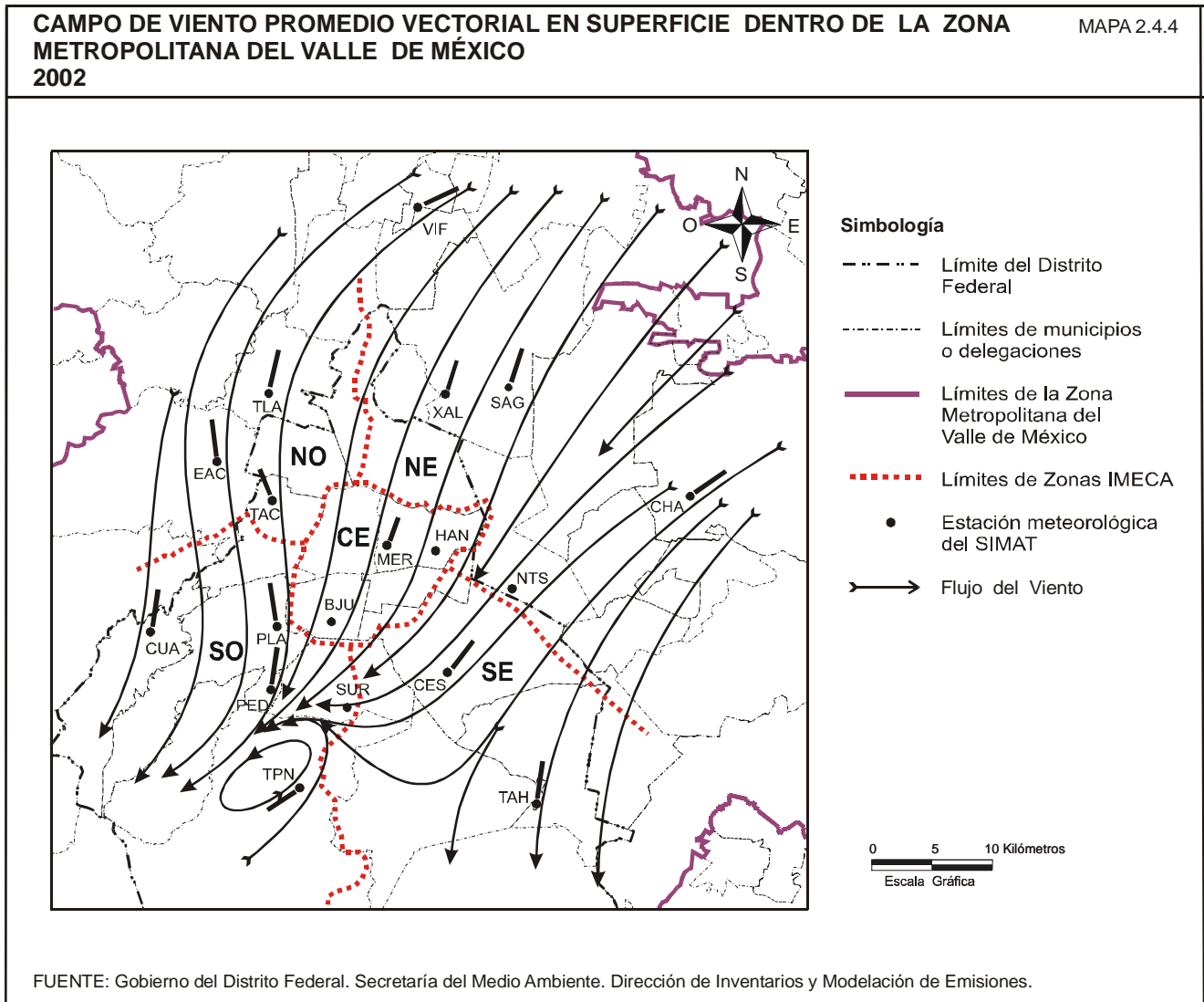
El cálculo de las emisiones correspondientes al año 2000 fue mejorado atendiendo a las recomendaciones del Dr. Mario Molina Pasquel y de la Eastern Research Group Inc., respecto al inventario de emisiones de 1998, además de recalcular los valores para 1994, 1996 y 1998. Estas adecuaciones permiten ver la evolución que han tenido las emisiones entre 1994 y el año 2000 según el contaminante y el tipo de fuente productora. Así, se tiene que: las partículas PM₁₀ muestran una disminución de 11%, el SO₂ un 42%, y los COT el 1%. Se registra un aumento del 21% en el CO y 10% en los COV. Las emi-

siones presentan pocas variaciones en la distribución porcentual para los contaminantes evaluados, esto se debe básicamente a que, en la zona, poco ha crecido el proceso productivo de la industria en los últimos años (ver Recuadro 2.4.1 y Cuadros 2.4.8, 2.4.9 y 2.4.10).

Del total de emisiones en el inventario 2000, el CO aportó el 57.2% y poco menos del 31% se presenta al reunir los COT y los COV, integrando así los valores más significativos. Por otra parte, es notable la participación con 99.2% de las fuentes móviles en el CO que se arroja a la atmósfera, 81.3% en los NO_x y en las PM_{2.5} el 76 por ciento. Adicionalmente, las fuentes de área emiten el 93.4% del Metano, un 84% del Amoniaco, así como el 62.7% de COT y el 46% que aportan los COV (ver Cuadros 2.4.10 y 2.4.11).

Los inventarios de emisiones también aportan conocimiento acerca del comportamiento territorial de las fuentes contaminantes. Por ejemplo, para el CO en el año 2000, el Distrito Federal (con sus fuentes móviles) aporta el 65% de los poco más de dos millones de toneladas al año y los 18 municipios conurbados del inventario, el otro 35%. Adicionalmente, en las fuentes de área con poco más de 418 000 toneladas de compuestos orgánicos totales, son arrojados a la atmósfera por los municipios conurbados en casi dos terceras partes y el restante 35% por el Distrito Federal.

Estas cantidades estimadas enmarcan la idea del intenso movimiento vehicular y el gran número de unidades en el Distrito Federal, y en el segundo caso la gran actividad comercial y de las viviendas de la ZMVM



Evaluación del Inventario de emisiones de 1998 de la Zona Metropolitana del Valle de México. ^a

Realizado por Eastern Research Group. Inc.

- Implementar mejoras en la estimación de emisiones en fuentes de área y puntuales.
- Aumentar el nivel de detalle para que el lector pueda reproducir los resultados del inventario.
- Realizar un análisis de las bases de datos para verificar cuántas empresas están activas y cuántas son históricas.
- No incluir los factores de emisión para combustibles que no se emplean.
- Verificar la nomenclatura en la sección de distribución y venta de gasolina, así como parte de la metodología, ya que esta varía a la propuesta en la EPA.
- Identificar el contenido de solvente en la mezcla de asfalto.
- Anexar nuevas fuentes de emisión de área.
- Emplear algunos modelos para asignar los kilómetros recorridos por vehículo.
- Proveer más detalles en la documentación de los factores de emisión y datos de actividad de fuentes móviles.
- Aplicar los métodos de estimación de emisiones provenientes de volcanes.

Análisis y Diagnóstico del inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México. ^b

Realizado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts

- Asignar el perfil de emisión para cada tipo de fuente de emisión, en específico para aquellas que emiten más de hidrocarburos y partículas.
- Determinar los índices de reactividad química (capacidad oxidativa) en la atmósfera de la ZMVM.
- Adaptar nuevas metodologías que sirvan como complemento a las actuales, aun cuando esto implique el uso de modelos de calidad del aire y de receptores.
- Actualizar el número de empresas presentes en el inventario de emisiones, tratando de incluir el mayor número de industrias posible.
- Definir nuevas categorías para fuentes de área que incluyan al mayor número de actividades.
- Sustituir la metodología actual por otras más detalladas, como mediciones directas en laboratorio, mediciones indirectas y mediciones de túnel.
- Mejorar el inventario de especies vegetales actual, su distribución espacial y la cantidad de biomasa foliar.

^a Evaluation of the 1998 Emissions Inventory for the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico. Prepared for Western Governors' Association. Denver, Colorado. May 7, 2003.

^b M.J. Molina, L.T. Molina, G. Sosa, J.Gasca y J. West. Instituto Tecnológico de Massachusetts Análisis y Diagnóstico del inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

se centra en los municipios conurbados. Con la información obtenida de los inventarios, es posible generar políticas de prevención y control de emisiones en los sectores más contaminantes para cada entidad, así como los habitantes pueden darse cuenta de su participación en el uso de cada fuente de emisiones (ver Cuadro 2.4.12 y Gráfica 2.4.8).

Fuentes móviles

La mayor cantidad de emisiones en todos los inventarios ha sido producto de las fuentes móviles y se considera en el inventario 2000 toda la flota vehicular que circula en la ZMVM, cuantificada en 3 165 210 unidades entre automóviles particulares, taxis, combis y microbuses, pick-ups, motocicletas, camiones de carga, autobuses y tractocamiones. Las emisiones producidas por los vehículos automotores en el 2000 de poco más de 73.4% de los contaminantes, además de que los hidrocarburos y

los óxidos de nitrógeno, con sus grandes cantidades asociadas a este sector, son precursores del ozono. Los autos particulares aportan poco más de un millón de toneladas al año, equivalente a casi el 40.2% de todas estas fuentes en su conjunto, además del 40.7% respecto de todo el monóxido de carbono emitido a la atmósfera en el año 2000 (ver Cuadro 2.4.13).

Fuentes de área

Como fuentes de área, las actividades, vistas como unidades, no representan emisiones considerables, pero en conjunto o agrupadas por actividad, aumentan significativamente su valor. Adicionalmente, en el inventario de emisiones, se ubican las fuentes de área que más contaminan, así como las actividades de mayores emisiones. Los datos para el cálculo de estas emisiones consideran el consumo de combustibles de casi 1 427 millones de m³/año para gas natural y cerca de 2.7 mi-

EVOLUCIÓN DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 1994, 1996 Y 1998
(Toneladas por año)

CUADRO 2.4.8

Año y tipo de fuente	Totales	Emisiones					
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
1994							
Total	2 585 509	11 666	25 082	1 679 889	192 391	676 481	388 987
Fuentes puntuales	77 004	2 844	17 317	8 482	27 518	20 843	20 109
Fuentes de área	482 303	465	57	5 816	11 551	464 414	191 531
Fuentes móviles	2 011 555	6 458	7 708	1 665 591	152 811	178 987	165 110
Vegetación y suelos	14 647	1 899	NA	NA	511	12 237	12 237
1996							
Total	2 712 198	12 027	21 997	1 832 091	204 795	641 288	414 731
Fuentes puntuales	75 618	2 859	15 981	8 491	27 367	20 920	20 183
Fuentes de área	424 249	416	47	5 450	10 465	407 871	197 374
Fuentes móviles	2 195 415	6 959	5 969	1 818 150	166 687	197 650	182 327
Vegetación y suelos	16 916	1 793	NA	NA	276	14 847	14 847
1998							
Total	2 859 218	11 796	17 192	1 960 801	205 726	663 703	423 394
Fuentes puntuales	71 085	2 873	11 295	8 497	27 441	20 979	20 241
Fuentes de área	432 953	460	44	5 645	10 876	415 928	193 006
Fuentes móviles	2 331 941	6 793	5 853	1 946 659	167 095	205 541	188 892
Vegetación y suelos	23 239	1 670	NA	NA	314	21 255	21 255

NOTA: Recálculo para comparabilidad con el inventario de emisiones 2000.

NA: No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LOS INVENTARIOS DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 1994, 1996 Y 1998
(Porcentaje)

CUADRO 2.4.9

Sector	Emisiones					
	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV
1994	100	100	100	100	100	100
Fuentes puntuales	24	69	1	14	5	5
Fuentes de área	4	NS	NS	6	52	49
Fuentes móviles	56	31	99	80	40	43
Vegetación y suelos	16	NA	NA	NS	3	3
1996	100	100	100	100	100	100
Fuentes puntuales	24	73	1	13	3	5
Fuentes de área	3	NS	NS	5	64	47
Fuentes móviles	58	27	99	82	31	44
Vegetación y suelos	15	NA	NA	NS	2	4
1998	100	100	100	100	100	100
Fuentes puntuales	24	66	1	14	3	5
Fuentes de área	4	NS	NS	5	63	45
Fuentes móviles	58	34	99	81	31	45
Vegetación y suelos	14	NA	NA	NS	3	5

NOTA: Recálculo.

NA: No aplicable.

NS: No significativo.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

**INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA
DEL VALLE DE MÉXICO
2000**
(Toneladas por año)

CUADRO 2.4.10

Sector	Total	Emisiones								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	3 553 076	10 341	6 033	14 681	2 035 425	193 451	667 621	180 323	429 755	15 446
Fuentes puntuales	93 591	2 809	572	10 288	10 004	24 717	22 794	181	22 010	216
Fuentes de área	816 222	509	492	45	6 633	10 636	418 586	168 549	197 803	12 969
Fuentes móviles	2 609 438	5 287	4 589	4 348	2 018 788	157 239	210 816	11 593	194 517	2 261
Vegetación y suelos	33 825	1 736	380	NA	NA	859	15 425	NA	15 425	NA

NA: No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL INVENTARIO DE EMISIONES
DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
2000**
(Porcentaje)

CUADRO 2.4.11

Sector	Emisiones								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Fuentes puntuales	27.2	9.5	70.1	0.5	12.8	3.4	0.1	5.1	1.4
Fuentes de área	4.9	8.2	0.3	0.3	5.5	62.7	93.4	46.0	84.0
Fuentes móviles	51.1	76.0	29.6	99.2	81.3	31.6	6.4	45.3	14.6
Vegetación y suelos	16.8	6.3	NA	NA	0.4	2.3	NA	3.6	NA

NA: No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

**DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL INVENTARIO DE EMISIONES
POR TIPO DE FUENTE Y ENTIDAD SEGÚN CONTAMINANTE
DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
2000**
(Porcentaje)

CUADRO 2.4.12

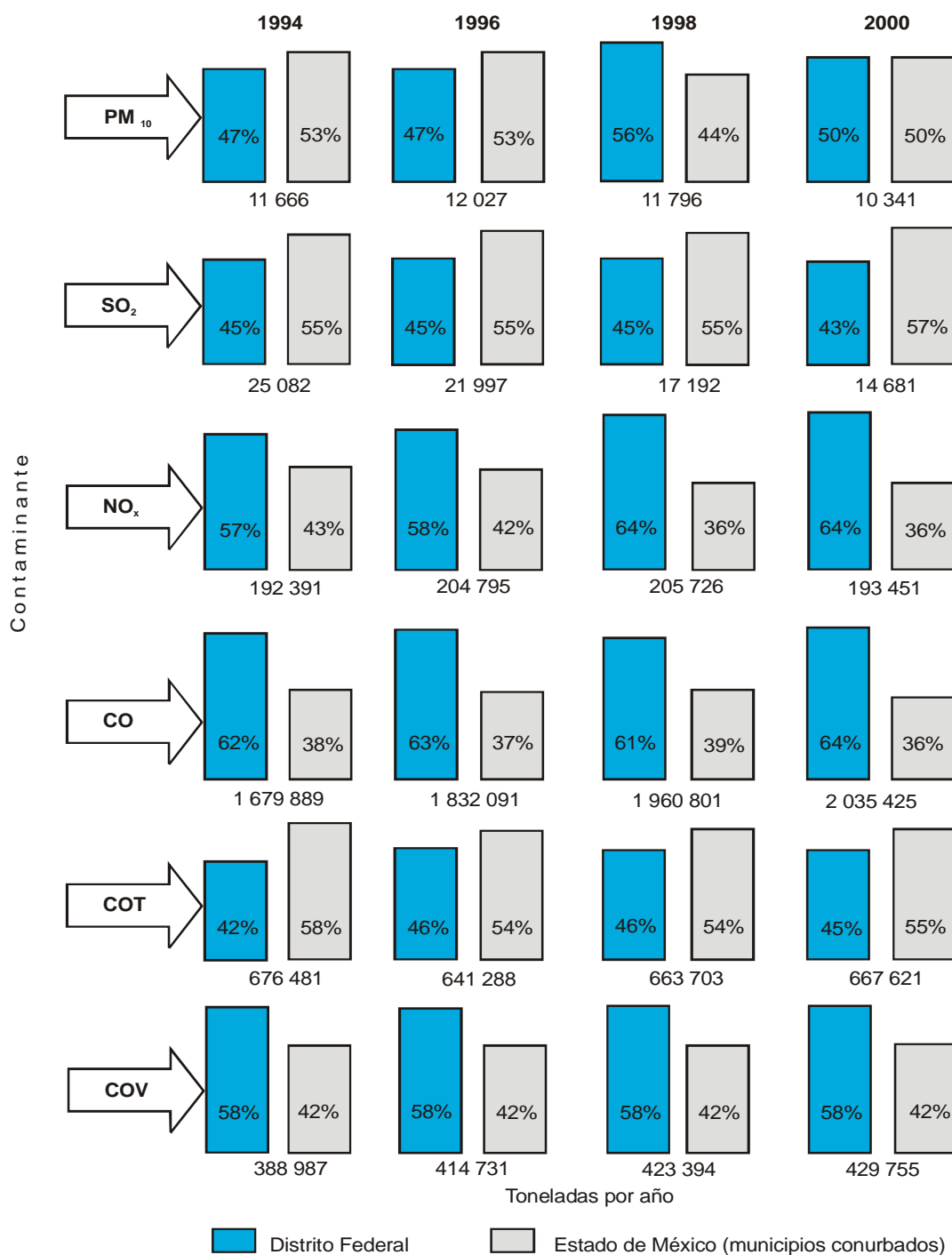
Tipo de fuente y entidad	Emisiones								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Fuentes puntuales	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Distrito Federal	38	22	34	13	16	53	34	54	21
Estado de México	62	78	66	87	84	47	66	46	79
Fuentes de área	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Distrito Federal	44	43	38	61	48	35	12	52	51
Estado de México	56	57	62	39	52	65	88	48	49
Fuentes móviles	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Distrito Federal	73	72	64	65	73	67	67	67	82
Estado de México	27	28	36	35	27	33	33	33	18
Vegetación y suelos	100	100	NA	NA	100	100	NA	100	NA
Distrito Federal	3	3	NA	NA	15	30	NA	30	NA
Estado de México	97	97	NA	NA	85	70	NA	70	NA

NA: No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

EMISIONES POR CONTAMINANTE^a Y PORCENTAJE DE PARTICIPACIÓN POR ENTIDAD DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie bianual de 1994 a 2000
 (Toneladas por año)

GRÁFICA 2.4.8



^aValores recalculados con la metodología del inventario de emisiones 2000.

NOTA: PM₁₀ = Partículas Menores a 10 μm, SO₂ = Bióxido de Azufre, NO_x = Óxidos de Nitrógeno, CO = Monóxido de Carbono, COT = Compuestos Orgánicos Totales, COV = Compuestos Orgánicos Volátiles.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

EMISIONES POR FUENTE MÓVIL EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO SEGÚN CONTAMINANTE 2000
(Toneladas por año)

CUADRO 2.4.13

Fuente móvil	Total	Emisiones								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	2 609 438	5 287	4 589	4 348	2 018 788	157 239	210 816	11 593	194 517	2 261
Autos particulares	1 047 764	963	721	2 181	822 645	52 029	85 058	4 427	78 185	1 555
Taxis	282 395	245	183	518	215 387	16 091	25 126	1 431	23 096	318
Combis	83 962	33	25	93	67 832	3 084	6 571	264	6 040	20
Microbuses	227 836	111	94	143	184 435	8 504	17 469	954	16 108	18
Pick up	165 747	118	93	256	129 259	9 945	12 955	780	12 233	108
Vehículos < 3 ton	524 668	558	485	430	419 384	29 915	37 084	2 465	34 165	182
Tractocamiones	60 858	2 058	1 893	372	18 955	22 199	7 855	330	7 193	3
Autobuses	27 883	949	873	192	10 150	9 256	3 303	133	3 026	1
Vehículos > 3 ton	136 529	213	193	71	117 151	4 118	7 430	416	6 917	20
Motocicletas	40 560	26	20	57	28 324	255	5 935	225	5 682	36
Camiones de carga a gas LP	11 016	13	9	32	5 248	1 797	1 976	119	1 822	NS
Vehículos a GNC	220	NS	NS	3	18	46	54	49	50	NS

NS: No significativo.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

lones de m³/año de gas LP. El diesel en locomotoras fue poco menos de 30.7 millones de litros por año y las operaciones de vuelo suman 136 384, además en las 4 terminales de autobuses de pasajeros del Distrito Federal se cuentan 282 085 autobuses parados con el motor encendido por un tiempo de 15 minutos participando en 2 197 423 corridas al año. Por otro lado, los rellenos sanitarios reportaron para el año 2000 residuos sólidos por 5 575 179 toneladas, resultando en contaminantes 42.1 % del acumulado de las fuentes de área. También, varias fuentes como el lavado en seco, las artes gráficas o la aplicación de pintura automotriz, se calculan en kg/habitante, incrementándose en la misma proporción que aumenta la población.

En el 2000, las fuentes de área acumularon 816 222 toneladas, siendo notorio que los COT significan 51.3% de las emisiones de este sector y las de mayor volumen respecto de las otras fuentes. Otro 44.9% lo cubren en forma conjunta los COV y el metano (ver Cuadro 2.4.14).

Fuentes puntuales

La actualización de los datos de emisiones en fuentes puntuales consideró 1 959 industrias del Distrito Federal y 2 709 del estado de México, con base en la infor-

mación que los establecimientos industriales de la ZMVM proporcionan en la Cédula de Operación Anual (COA) a la Secretaría de Ecología del Estado de México, a la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal y al Instituto Nacional de Ecología de la Federación. La información se analiza y procesa para integrar una base de datos diseñada exprefeso para el cálculo de estas emisiones. En el año 2000, el total de contaminantes emitidos por la industria, se estima fue de 93 591 toneladas, de las cuales 26.4% corresponde a los NO_x, le siguen los COT con casi 23 000 toneladas y los COV con 22 000 toneladas. El resto de los contaminantes en su conjunto aportan algo más del 25.7% del total (ver Cuadro 2.4.15).

Fuentes biogénicas

Las fuentes biogénicas son aquellos agentes naturales cuya dinámica de metabolismo o de interacción con otros agentes naturales o producidos por el hombre generan algún elemento contaminante, tal como los hidrocarburos originados por las reacciones químicas en el desarrollo de la vegetación o los óxidos de nitrógeno ocasionados por los procesos bioquímicos en el suelo y otros fenómenos semejantes. Las grandes áreas de vegetación, así como los lugares donde se practica la agricultura o las zonas boscosas, lo mismo

**EMISIONES POR FUENTE DE ÁREA EN LA ZONA METROPOLITANA
DEL VALLE DE MÉXICO SEGÚN CONTAMINANTE
2000**

CUADRO 2.4.14

(Toneladas por año)

Fuente de área	Total	Emisiones								
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	816 222	509	492	45	6 633	10 636	418 586	168 549	197 803	12 969
Combustión industrial	5 518	192	192	15	2 121	2 524	277	58	139	ND
Combustión comercial/institucional	1 528	37	37	NS	165	1 198	46	16	29	ND
Combustión habitacional	4 599	118	118	1	520	3 559	142	51	90	ND
Operación de aeronaves	6 885	15	14	NS	2 366	1 344	1 530	147	1 469	ND
Locomotoras (foráneas/ patio)	2 442	45	42	22	244	1 928	81	ND	80	NA
Terminales de Autobuses de pasajeros	182	NS	NS	ND	90	50	21	1	20	NS
Recubrimiento de superficies industriales	43 187	NA	NA	NA	NA	NA	21 724	NA	21 463	NA
Pintura automotriz	4 723	NA	NA	NA	NA	NA	2 376	NA	2 347	NA
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	43 162	NA	NA	NA	NA	NA	23 081	NA	20 081	NA
Pintura tránsito	1 350	NA	NA	NA	NA	NA	679	NA	671	NA
Limpieza de superficie industrial	48 878	NA	NA	NA	NA	NA	30 548	NA	18 330	NA
Lavado en seco	16 108	NA	NA	NA	NA	NA	10 195	NA	5 913	NA
Artes gráficas	13 578	NA	NA	NA	NA	NA	6 789	NA	6 789	NA
Aplicación de asfalto	742	ND	ND	NA	NA	NA	371	NA	371	NA
Uso comercial y doméstico de solventes	131 280	NA	NA	NA	NA	NA	77 680	NA	53 600	NA
Distribución y almacenamiento de gasolina	1 906	NA	NA	NA	NA	NA	953	NA	953	NA
Carga de combustible en aeronaves	12	NA	NA	NA	NA	NA	6	NS	6	NA
Distribución y almacenamiento de gas LP	19 890	NA	NA	NA	NA	NA	10 026	NS	9 864	NA
Fugas de gas LP en uso doméstico	45 165	NA	NA	NA	NA	NA	22 763	2	22 400	NA
HCNQ en la combustión de gas LP	53 849	NA	NA	NA	NA	NA	27 141	2	26 706	NA
Panaderías	8 958	NA	NA	NA	NA	NA	4 479	NA	4 479	NA
Esterilización en hospitales	36	NA	NA	NA	NA	NA	18	NA	18	NA
Rellenos sanitarios	343 712	ND	ND	NA	ND	NA	175 472	168 240	ND	ND
Tratamiento de aguas residuales	4 045	NA	NA	NA	NA	NA	2 107	NA	1 938	ND
Incendios forestales	926	72	62	7	665	21	44	32	20	3
Incendio en estructuras	595	30	27	ND	462	12	37	NA	27	NA
Emisiones domésticas de amoníaco	12 966	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	12 966

NA: No aplicable.

ND: No disponible.

NS: No significativo.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

que los terrenos con suelos sin vegetación, son las regiones emisoras donde se estiman los valores de algunos contaminantes, mismas que acumularon 3 590 km² con 1 508 km² en el Distrito Federal y 2 082 km² en los 18 municipios conurbados del estado de México. Las fuentes biogénicas reportaron un total de 33 825 toneladas de contaminantes figurando el 91% en la suma de los COT y COV (ver Cuadro 2.4.16).

Emisiones por contaminante

Como ya se ha mencionado, no todas las fuentes aportan de manera uniforme en cada contaminante; algu-

nas tienen mayor peso en ciertos contaminantes debido a los subsectores y procesos por fuente.

En todos los contaminantes figuran las fuentes móviles y, con excepción del CH₄ y las partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, los autos particulares contribuyen con porcentajes que van del 10% en el Amoníaco hasta el 40% en el CO.

De manera diversificada y con aportaciones importantes, destacan los COT y los COV. Los primeros tienen en las fuentes de área su mayor emisión, 63%, siendo los principales emisores los rellenos sanitarios

EMISIONES POR FUENTE PUNTUAL EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO SEGÚN CONTAMINANTE 2000
(Toneladas por año)

CUADRO 2.4.15

Fuente puntual	Núm. de industrias	Emisiones									
		Total	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	4 668	93 591	2 809	572	10 288	10 004	24 717	22 794	181	22 010	216
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	478	6 040	366	41	1 109	562	1 130	1 414	14	1 384	20
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	399	5 405	350	30	2 213	262	1 307	618	6	611	8
Industria de la madera y productos de madera. Incluye muebles	182	2 450	130	3	240	85	70	1 019	1	901	1
Papel y productos de papel, imprenta y editoriales	551	15 435	163	78	1 793	649	1 194	5 774	16	5 742	26
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1 177	23 833	394	88	2 332	3 380	2 311	7 784	53	7 453	38
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	201	6 712	256	43	768	820	4 350	254	11	191	19
Industrias metálicas básicas	216	4 298	513	34	615	957	1 122	526	6	516	9
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1 218	13 570	374	48	973	1 414	1 441	4 656	11	4 643	10
Otras industrias manufactureras	241	1 403	61	5	229	59	166	457	2	423	1
Generación de energía eléctrica	5	14 445	202	202	16	1 816	11 626	292	61	146	84

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

EMISIONES TOTALES POR FUENTE BIÓGENICA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO, SEGÚN CONTAMINANTE 2000
(Toneladas por año)

CUADRO 2.4.16

Fuente biogénica	Emisiones									
	Total	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT	CH ₄	COV	NH ₃
Total	33 825	1 736	380	NA	NA	859	15 425	NA	15 425	NA
Vegetación	31 709	NA	NA	NA	NA	859	15 425	NA	15 425	NA
Erosión eólica del suelo	2 116	1 736	380	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

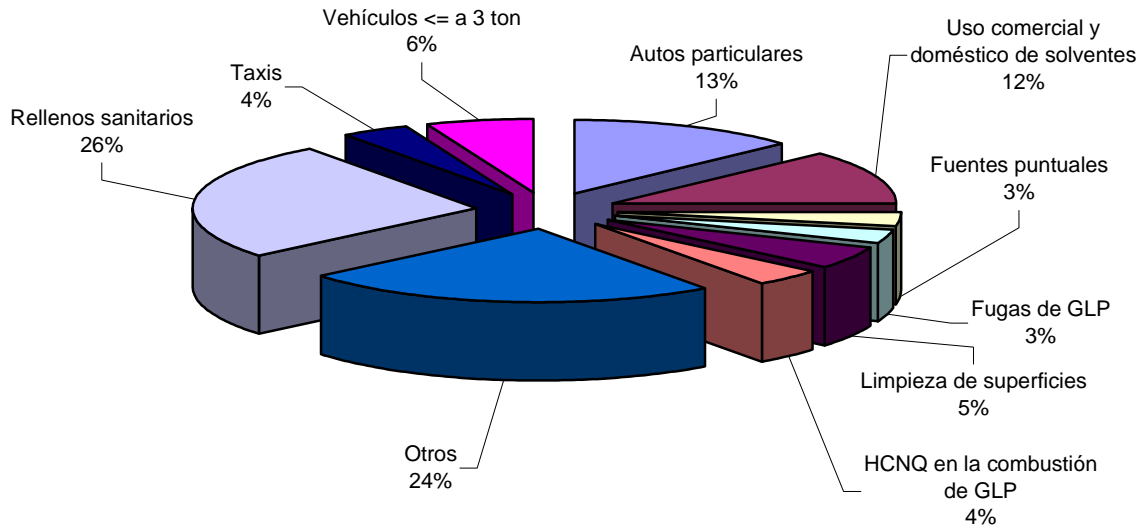
(26%) y el consumo de solventes (12%). Las fuentes móviles contribuyen con 13% en los autos particulares, seguidos por los vehículos menores o iguales a 3 ton (6%) y por los taxis (4%).

Las fuentes puntuales tienen 3% del total y la emisión se encuentra distribuida casi uniformemente en todas las actividades que la conforman (ver Gráfica 2.4.9).

Para el presente inventario, las emisiones calculadas de los COV agrupan las especies de compuestos reactivos que contribuyen a la formación del ozono, uno de los contaminantes más importantes en la ZMVM debido a que se rebasa en más del 80% de los días del año su norma de calidad del aire. Después de algunas fuentes diversas que agrupadas generan el 31% de los COV, las siguientes en importancia son los autos parti-

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS TOTALES POR TIPO DE FUENTE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000

GRÁFICA 2.4.9



NOTA: Se consideró dentro de otros a la vegetación y suelos que generan el 2% de los COV, algunas fuentes móviles contribuyen con cerca del 10% de las emisiones totales de COV, además de las fuentes de área especificadas.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

culares 18%, seguidos por la subcategoría consumo de solventes con un 12%. Con 8% están los vehículos de tres toneladas o menos, los hidrocarburos no quemados en la combustión, y los otros subsectores que registran este contaminante (ver Gráfica 2.4.10).

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010 incorpora una proyección de las emisiones al año 2010 y previene sobre el incremento de los niveles de ozono que se pudieran dar de no mejorarse las medidas actuales (ver Cuadro 2.4.17).

Inventario de emisiones de Gases Efecto Invernadero en la ZMVM

A nivel Internacional, el inventario de Gases Efecto Invernadero (GEI) es un instrumento importante, que se menciona en el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático en las reuniones periódicas de su Conferencia de las

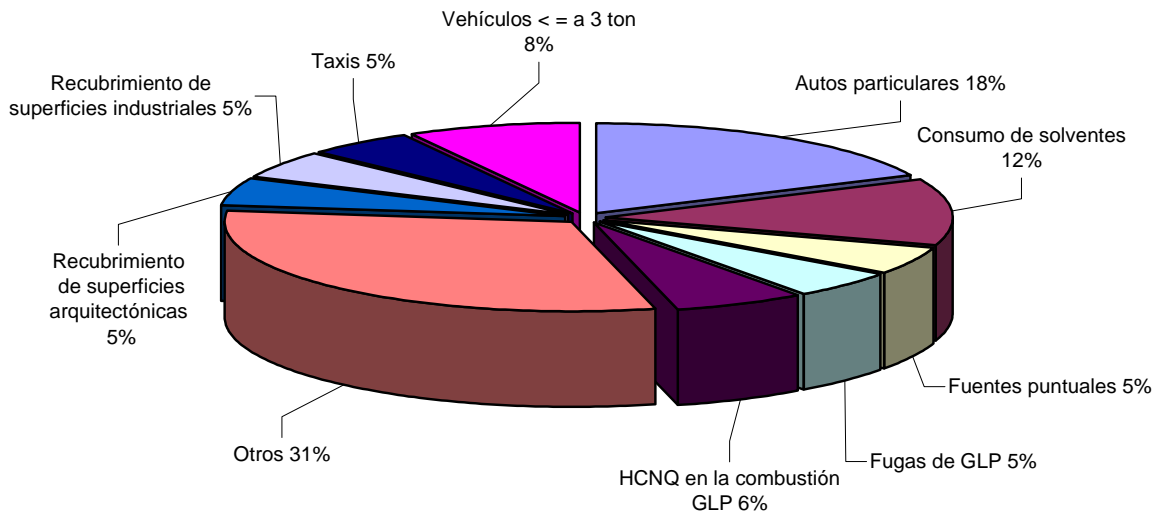
Partes. El inventario de emisiones GEI es un instrumento de política ambiental que aporta elementos de juicio, con bases científicas sólidas, y permite identificar a los sectores con las principales fuentes emisiones y las fuerzas que guían los cambios en las emisiones, a la vez que evalúa las mejores opciones de mitigación y la eficacia de las medidas adoptadas.

El Anexo A del Protocolo de Kioto identifica los sectores y categorías de las fuentes de emisión para tres GEI que deben sujetarse a acciones de reducción. Atendiendo a esta recomendación, en el inventario de emisiones del Distrito Federal y su Zona Metropolitana del año 2000, se cuantificaron los tres principales GEI citados en dicho anexo, (ver Recuadro 2.4.2).

Considerando que la ZMVM presenta una gran diversidad de actividades humanas en sus múltiples sectores y ambientes que influyen en la emisión de GEI de manera regional, ha surgido la necesidad de contar con un inventario de este tipo de emisiones.

DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES POR TIPO DE FUENTE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000

GRÁFICA 2.4.10



NOTA: En otros se encuentran algunas fuentes de área como la limpieza de superficies, el lavado en seco, las panaderías, las artes gráficas, la aplicación de asfalto entre otras; también se consideró la vegetación y el suelo, en fuentes móviles se encuentran combis, microbuses, pick up, autobuses, etc. que en total aportan el 30% restante.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

PROYECCIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO AL AÑO 2010 (Toneladas por año)

CUADRO 2.4.17

Año y tipo de fuente	Totales	Emisiones				
		PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	HC
Total	3 238 934	25 140	33 301	2 300 452	282 781	597 260
Fuentes puntuales	125 235	5 162	20 824	15 343	44 022	39 884
Fuentes de área	348 352	1 824	5 424	26 854	14 198	300 052
Fuentes móviles	2 738 500	10 169	7 053	2 258 255	221 368	241 655
Vegetación y suelos	26 847	7 985	NA	NA	3 193	15 669

NA: No aplicable.

FUENTE: GDF. Secretaría del Medio Ambiente. Dirección General de Gestión del Aire. Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias.

El inventario de la ZMVM se basó en el consumo de energía para 8 sectores: transporte, industria, residencial, comercio, público (gobierno, bombeo de agua y alumbrado), generación de energía, residuos sólidos y rural.

La metodología para realizar el inventario fue del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático

(IPCC por sus siglas en inglés), adecuada de manera local y tomando en cuenta los coeficientes de emisión a partir del Manual de Referencias de las Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI, a excepción de los coeficientes de emisión correspondientes al consumo de electricidad para los años 2000 y 2001, donde se adopta que la emisión generada por un kWh consu-

**RECOMENDACIONES DEL ANEXO A DEL PROTOCOLO DE KIOTO INCLUIDAS
EN EL INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA METROPOLITANA
DEL VALLE MÉXICO
2000**

RECUADRO 2.4.2

Gases de Efecto Invernadero

- Bióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido nitroso (N₂O)

Sectores y categorías de fuentes

- Energía
 - Quema de Combustibles
 - Transporte
 - Industria manufacturera y construcción
 - Industrias de Energía
 - Otros sectores
- Agricultura
 - Fermentación entérica
 - Suelos agrícolas
 - Quema en el campo de residuos agrícolas
 - Otros
- Desechos
 - Eliminación de desechos sólidos en la tierra

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

mido en cualquier momento, depende de la estructura total de generación. De esta forma, se estimó un factor de emisión (ton/kWh), que depende de los combustibles fósiles utilizados para generar un kWh promedio en determinado año y del consumo total de electricidad en el mismo año (Recuadro 2.4.3).

Para las proyecciones del 2002 al 2012 se aplicó la metodología de la Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética, A.C. (ATPAE), en donde el coeficiente se determina considerando el parque de generación actual y las tendencias nacionales en la construcción de nuevas centrales de generación a partir del 2002.

Como resultado del inventario, se estima que al año 2000, se emitieron en la ZMVM 54.1 Mton de CO₂ eq (millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente) y para el Distrito Federal, el 61.9 % de este total metropolitano, es decir, 33.5 Mton de CO₂ eq. La mayor participación es por la quema de gasolinas lo mismo en el Distrito Federal que a nivel de la ZMVM y sólo comparable con la importación de electricidad en esta última.

En cuanto a la integración del total por los diversos GEI, 50.6 Mton de CO₂ eq corresponden a emisiones directas de CO₂, 158 mil toneladas al Metano (CH₄) y

GASES DE EFECTO INVERNADERO, EQUIVALENCIAS Y UNIDADES

RECUADRO 2.4.3

Equivalencias

Los tres principales gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico son el Bióxido de Carbono (CO₂), el Metano (CH₄) y el Óxido Nitroso (N₂O).

Por su capacidad para retener radiación infrarroja, y por lo tanto, para potenciar el efecto invernadero en la atmósfera, un gramo de Metano equivale a 21 gramos de Bióxido de Carbono en una escala de tiempo de 100 años, mientras que un gramo de Óxido Nitroso equivale a 310 gramos de Bióxido de Carbono.

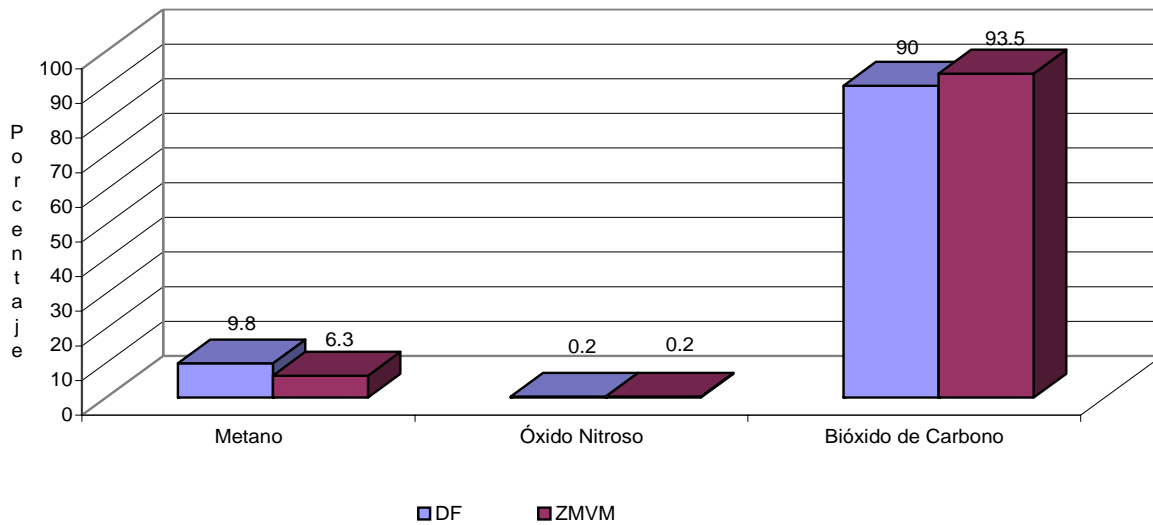
Unidades

Las diferentes equivalencias respecto al Bióxido de Carbono se deben a las propiedades moleculares de cada gas y al tiempo promedio que logran permanecer en la atmósfera antes de ser absorbidos por los ecosistemas. A la suma ponderada de estos tres GEI se le llama Bióxido de Carbono Equivalente (CO₂ eq), donde el CH₄ y el N₂O se calculan previamente en su equivalente de CO₂ de acuerdo con el potencial de calentamiento de estos gases y permite comparar fuentes con emisiones de gases diferentes.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO SEGÚN GAS DE EFECTO INVERNADERO 2000

GRÁFICA 2.4.11



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000
(Millones de toneladas)

CUADRO 2.4.18

Fuente de emisión y tipo	Emisiones de CO ₂ eq	
	Distrito Federal	ZMVM
Total	33.52	54.107
Suelo de conservación	0.183	0.183
Residuos sólidos	3.589	3.589
Energía total:	29.748	50.335
Combustibles	19.94	36.636
Gasolinas	12.414	17.506
GN (incluye generación eléctrica)	1.455	8.003
Gas Licuado de Petróleo	3.053	5.644
Diesel	2.639	4.013
Combustóleo	0.037	0.664
Gasóleo	0.215	0.564
Leña	0.121	0.231
Petróleo diáfano	0.004	0.008
Coque	0.001	0.004
Querosinas	0	0
Consumo de electricidad	9.939	16.779
Generación de electricidad ^a	0.131	3.081
Importación de electricidad	9.808	13.699

NOTA: CO₂ eq = Bióxido de Carbono equivalente.

^a No sumar directamente combustibles y electricidad, ya que esto implica una doble contabilidad, puesto que en la ZMVM el 10% de los combustibles se utilizaron para generación de energía eléctrica.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

378 toneladas a Óxido Nitroso (N₂O). Es importante señalar que del consumo de combustibles y electricidad provino 99% del CO₂ y 92% del N₂O, mientras que 96% del CH₄ provino de los residuos sólidos (ver Gráfica 2.4.11 y Cuadro 2.4.18). La desagregación de los sectores más significativos se muestra enseguida.

Sector transporte

Entre los sectores evaluados por el inventario, el transporte a nivel metropolitano alcanzó en el 2000 casi el 37.3 % y en el Distrito Federal fue de 43.1 % respecto a las emisiones totales para cada región. El CO₂ arrojado de manera directa en la ZMVM se estimó en 20 Mton, mientras que para el CH₄ resultaron 5 177 Mton de CO₂ eq, así como para el N₂O 170 Mton de CO₂ eq.

Los autos particulares, los vehículos de menos de 3 toneladas, los taxis y las camionetas pickup sumaron 76% de las emisiones en la ZMVM y 79% para el Distrito Federal. Los cuatro tipos de vehículos usan predo-

minantemente gasolina, por lo que, en promedio, el 86.5% de las emisiones de GEI en los dos niveles geográficos provino de este combustible. (ver Gráfica 2.4.12 y Cuadro 2.4.19).

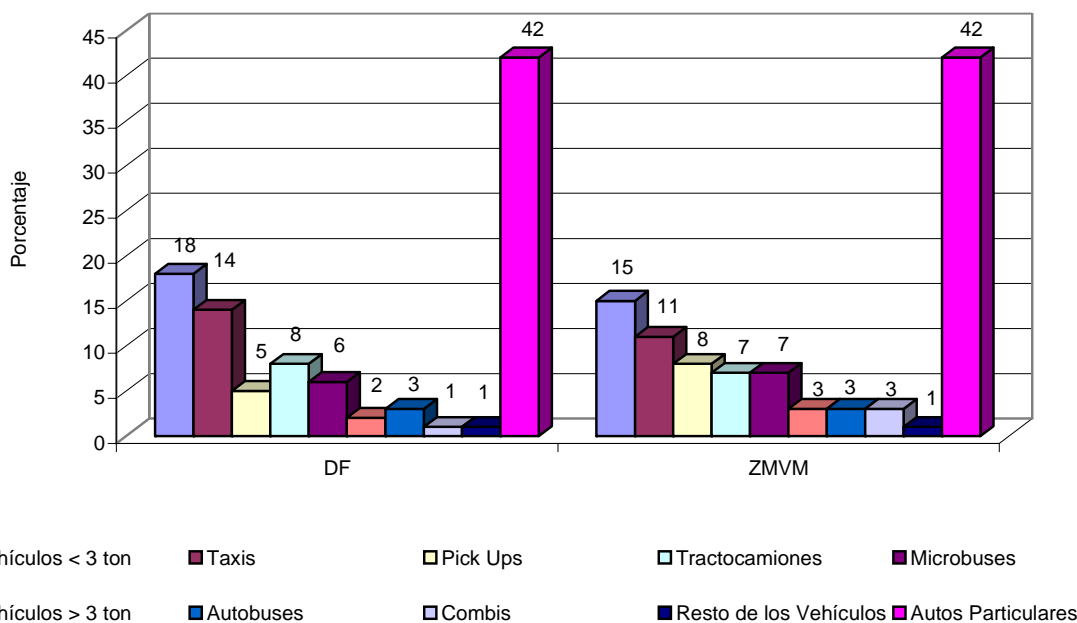
Sector industrial

La industria de la ZMVM emitió cerca de 17.2 Mton de CO₂ eq durante el 2000, de los cuales correspondieron a CO₂ 17.1 Mton, 417 toneladas a CH₄ y 139 toneladas a N₂O. El 54% de las emisiones provienen del consumo eléctrico, mientras el 75% de las originadas en los combustibles, provienen del gas natural y del diesel. La industria química; los alimentos, bebidas y tabaco; y la celulosa, papel e imprentas sumaron 56 por ciento.

Como se muestra en el cuadro 2.4.20, para el Distrito Federal el total industrial fue de casi 7.3 Mton y la emisión directa de CO₂ llegó a 7.2 Mton, para el CH₄ se estimaron 184 toneladas y 64 en N₂O. El 68% de las emisiones de la industria provienen del consumo eléc-

PARTICIPACIÓN EN LAS EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE DEL SECTOR TRANSPORTE EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO POR TIPO DE VEHÍCULO 2000

GRÁFICA 2.4.12



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

trico, mientras que 89% de las originadas en los combustibles provienen del gas natural, diesel y GLP. La industria química; los alimentos, bebidas y tabaco; la maquinaria, productos metálicos y equipo de transporte; sumaron 76% de las emisiones industriales (ver Cuadro 2.4.20 y Gráfica 2.4.13).

Sector residencial

Por otra parte, la vivienda de la ZMVM emitió 8.6 Mton de CO₂ eq durante el año 2000, con 8.5 Mton de CO₂, 229 toneladas a CH₄ y 41 toneladas a N₂O. El consu-

mo residencial de GLP originó prácticamente la mitad (44%) de los GEI, así como el consumo de electricidad generó el 48% de las emisiones; en cuanto a los usos finales, el primer lugar lo ocupa el uso de electrodomésticos con 32%, la cocción de alimentos 27% y del calentamiento de agua 24%. (Cuadro 2.4.21 y Gráfica 2.4.14).

Específicamente en los usos eléctricos, la mayor emisión proviene del uso de electrodomésticos con 66%, mientras que la de iluminación sólo contribuye con 34%. Es notable que los refrigeradores y televiso-

EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE POR EL TRANSPORTE EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000

CUADRO 2.4.19

Tipo de vehículo	Distrito Federal			ZMVM	
	Tipo de combustible	CO ₂ eq (Toneladas)	Porcentaje	CO ₂ eq (Toneladas)	Porcentaje
Total		14 446 287	100%	20 159 043	100%
Autos particulares	Gasolina	6 052 937	41.9	8 508 707	42.2
	Diesel	818	0.01	1 150	0.01
	Gas licuado de petróleo	2 784	0.02	3 914	0.02
Taxis	Gasolina	1 958 102	3.6	2 184 813	10.8
	Gas licuado de petróleo	23	0	25	0
Combis	Gasolina	79 350	0.5	546 547	2.7
Microbuses	Gasolina	764 022	5.3	1 245 226	6.2
	Diesel	20 387	0.1	33 227	0.2
	Gas licuado de petróleo	24 699	0.2	40 256	0.2
	Gas natural comprimido	7	0	12	0
Pickups	Gasolina	758 442	5.3	1 640 582	8.1
	Diesel	3 458	0.02	7 480	0.04
	Gas licuado de petróleo	3 222	0.02	6 969	0.03
Vehículos menores de 3 toneladas	Gasolina	2 400 554	16.6	2 670 884	13.2
	Diesel	245 831	1.7	273 514	1.4
Tractocamiones	Gasolina	2 705	0.02	3 469	0.02
	Diesel	1 103 545	7.6	1 415 067	7
	Gas licuado de petróleo	272	0	349	0
Autobuses	Gasolina	2 543	0.02	3 339	0.02
	Diesel	501 104	3.5	658 031	3.3
	Gas licuado de petróleo	341	0	448	0
Vehículos mayores de 3 toneladas	Gasolina	276 317	1.9	566 885	2.8
	Diesel	64 705	0.4	132 747	0.7
Motocicletas	Gasolina	118 583	0.8	133 893	0.7
Camiones de carga GLP	Gas licuado de petróleo	61 532	0.4	81 505	0.4
Vehículos de GNC	Gas natural comprimido	4	0	4	0

NOTA: CO₂ eq = bióxido de carbono equivalente.
FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE DE LA INDUSTRIA EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000
(Millones de Toneladas)

CUADRO 2.4.20

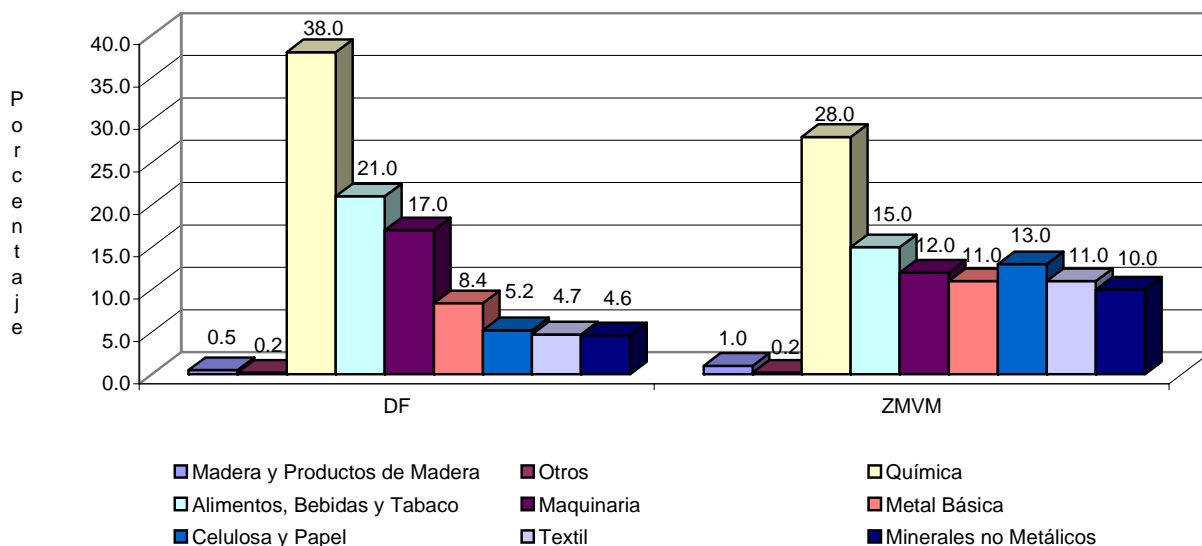
Fuente de emisión	Emisión de CO ₂ eq	
	Distrito Federal	ZMVM
Total	7.296	17.181
Combustibles	2.329	7.948
Gasolinas	0	0.001
Gas Natural	1.097	4.507
Gas Licuado de Petróleo	0.298	0.732
Diesel	0.677	1.469
Combustóleo	0.037	0.664
Gasóleo	0.215	0.564
Petróleo diáfano	0.004	0.008
Coque	0.001	0.004
Electricidad	4.967	9.232

NOTA: CO₂ eq = bióxido de carbono equivalente.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

PARTICIPACIÓN EN LAS EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE DE LA INDUSTRIA EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO POR RAMA INDUSTRIAL 2000

GRÁFICA 2.4.13



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

res en conjunto suman 48% de las emisiones por uso de electricidad. Solamente en el Distrito Federal, la vivienda emitió 4.5 Mton de CO₂ eq durante el año 2000, de los cuales son: 4.4 Mton de CO₂, 120 toneladas de

CH₄ y 21 toneladas de N₂O. Las emisiones por el consumo de GLP, según su uso en las viviendas, tuvo el mismo comportamiento porcentual que para la ZMVM (ver Cuadro 2.4.21 y Gráfica 2.4.14).

Fuentes diversas

Otras fuentes de emisión son las actividades agrícolas y los incendios del suelo de conservación; las primeras incluyen en sus prácticas comunes la quema de residuos agrícolas para el rebrote de pastos. Los modelos agrícola y ganadero emiten principalmente N_2O y CH_4 con sus respectivas equivalencias en términos de CO_2 .

Uno de los tipos de ganado que se maneja en el suelo de conservación es el vacuno, el cual tiene un proceso de fermentación entérica mayor que las emisiones provenientes de otros tipos de ganado, y en cuanto al manejo de estiércol, en términos generales es bajo.

En el segundo caso, las superficies afectadas por incendios forestales son pastizales que emiten N_2O y

CH_4 hacia la atmósfera. Para el año 1999 la cantidad de CO_2 eq fue de 964 toneladas, valor menor al del año 1998 (presencia del fenómeno El Niño).

Los residuos sólidos depositados en los rellenos sanitarios emiten GEI debido al proceso llamado metanogénesis, a través del cual las bacterias degradan la materia orgánica transformando el carbón orgánico disponible en ésta en metano y bióxido de carbono, principalmente. Durante el 2000 funcionaron dos rellenos sanitarios que contaron con membrana PEAD y sistema de recolección de lixiviados. En estos sitios se llevó a cabo la disposición final de 3.8 millones de toneladas anuales de residuos sólidos y las emisiones GEI originadas por los residuos generados en el Distrito Federal, fueron del orden de 3.6 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente al año, del cual 88% lo constituyó el metano (ver Gráfica 2.4.15).

EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE RESIDENCIAL EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000
(Millones de Toneladas)

CUADRO 2.4.21

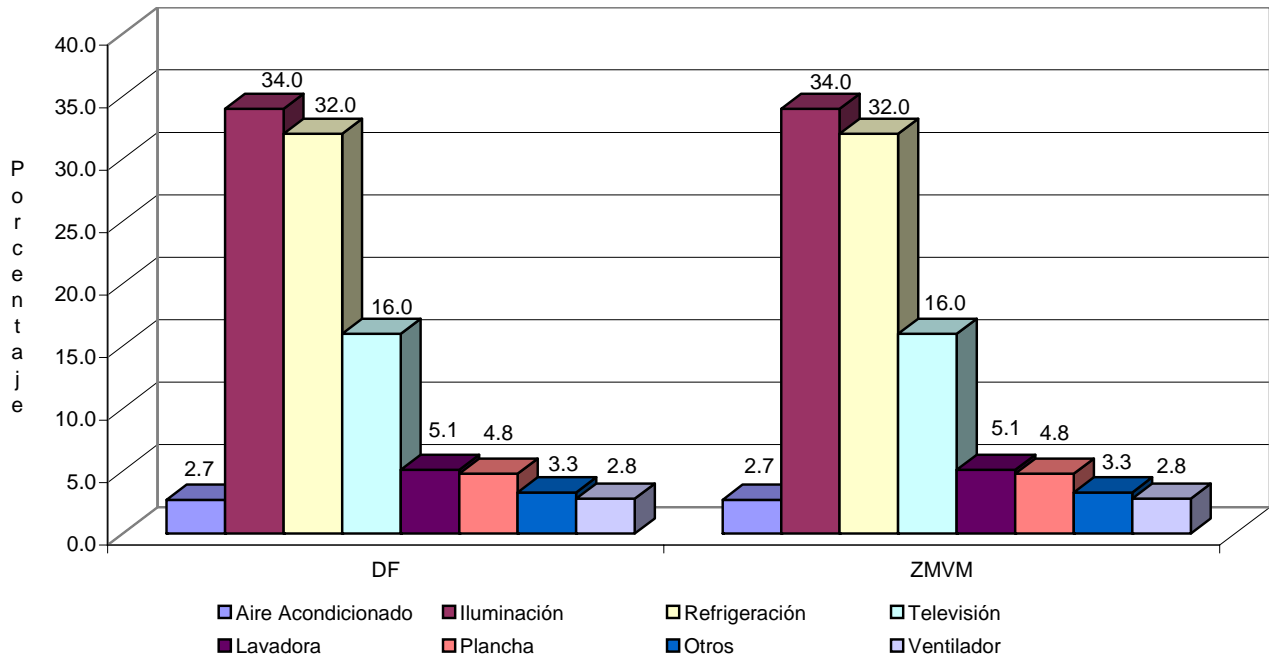
Uso Final y tipo	Emisión de CO_2 eq	
	Distrito Federal	ZMVM
Total	4.478	8.526
Combustibles	2.297	4.373
Gas Licuado de Petróleo	1.988	3.785
Leña	0.121	0.231
Gas Natural	0.188	0.358
Querosinas	0	0
Cocción	1.216	2.314
Gas Licuado de Petróleo	1.118	2.128
Leña	0.018	0.033
Gas Natural	0.081	0.153
Querosinas	0	0
Calentamiento de agua	1.081	2.059
Gas Licuado de Petróleo	0.87	1.657
Leña	0.104	0.197
Gas Natural	0.107	0.204
Electricidad	2.181	4.153
Iluminación	0.738	1.405
Refrigerador	0.694	1.321
Aire acondicionado	0.06	0.114
Televisores	0.338	0.644
Plancha	0.106	0.201
Lavadora	0.112	0.214
Ventilador	0.061	0.117
Otros	0.072	0.138

NOTA: CO_2 eq = Bióxido de carbono equivalente

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

PARTICIPACIÓN EN LAS EMISIONES DE BIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE RESIDENCIAL EN EL DISTRITO FEDERAL Y EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO POR USO ELÉCTRICO 2000

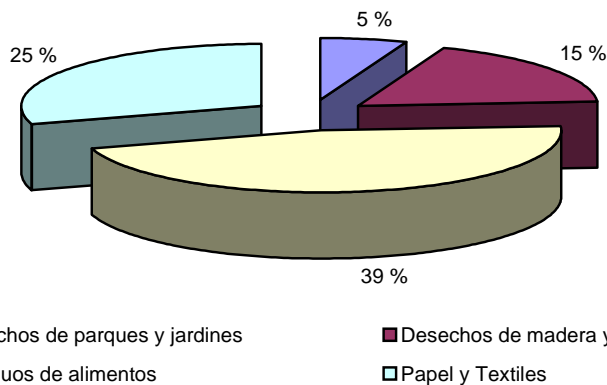
GRÁFICA 2.4.14



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

PORCENTAJE DE CARBÓN ORGÁNICO DISPONIBLE EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO FEDERAL 2000

GRÁFICA 2.4.15



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. *Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México*. México, DF, 2004 (Disco compacto).

Calidad del aire

El aire en la ciudad de México y su área conurbada presenta problemas de contaminación, afectando la salud de los habitantes según sea la concentración de los contaminantes y el tiempo de exposición a éstos. La medición de los contaminantes sirve para evaluar los niveles de concentración y determinar si están dentro de las normas de calidad del aire así como su comportamiento a través del tiempo.

Sistema de Monitoreo Atmosférico

El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) mide la calidad del aire, aplicando también ciertos criterios para seleccionar la información que se detecta. Se integra por cuatro redes de estaciones que cotidianamente miden o monitorean los contaminantes más importantes del aire, así como variables meteorológicas y depósitos diversos que acompañan a la precipitación pluvial. Las redes responden a requerimientos específicos y se conforman según el comportamiento de la contaminación en la zona metropolitana, por esta razón, algunas estaciones se reubican o se añaden para mejorar el control de la calidad del aire.

Un total de 49, estaciones distribuidas en cinco zonas geográficas de monitoreo, proporcionan la información para más de un contaminante o parámetro. Las estaciones con el mayor número de parámetros son: Tlalnepantla (TLA) en la zona noroeste con datos para 18 variables, Xalostoc (XAL) en el noreste con 16 parámetros, y Pedregal (PED) con 15 en la zona suroeste (ver Recuadro 2.4.4 y Mapa 2.4.5).

En el año 2001 se conforma el SIMAT con la finalidad de integrar, analizar y difundir la información relacionada con el monitoreo atmosférico, mediante procedimientos rigurosos de control de calidad. La conjunción de las redes en un solo sistema permite una mejor disposición de los datos, así como un análisis de mayor precisión entre estaciones, lo mismo que entre las redes. La Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) comenzó a operar en 1986 y hoy se forma por 34 estaciones remotas con equipo automático que reporta un registro cada hora; 15 de sus estaciones forman parte de la Red Meteorológica (REDMET). La Red Manual de Monitoreo Atmosférico (REDMA) se constituye de 13 estaciones remotas con equipo manual y obtienen un registro de 24 horas

cada 6 días. En lo concerniente a la Red de Depósito Atmosférico (REDDA), ésta cuenta con 16 estaciones remotas equipadas con colectores semiautomáticos, que reportan un registro a la semana.

La RAMA monitorea gases, partículas y algunos parámetros meteorológicos; en la REDMA se registran metales en partículas y en ambas redes se monitorean partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}), y Bióxido de Azufre (SO_2). En el caso de las PM_{10} , se cuenta con métodos y muestreadores distintos en cada red, permitiendo una mejor especificación de valores para este contaminante. En México, sin embargo, no existe una norma técnica que establezca el método de medición y el procedimiento para calibrar los equipos de medición, por lo que se han adoptado las técnicas y métodos de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos de América (ver Recuadros 2.4.5 y 2.4.6).

El procesamiento de los datos, entre sus criterios de selección, considera las estaciones con mejor desempeño histórico (relacionadas en el cuadro 2.4.22), según tres categorías: *bueno* cuando registró el 75% o más de los datos esperados en el año, *regular* registró más del 50% sin llegar al 75% y *malo* cuando registró 50% o menos de los datos. Un ejemplo, es la estación TLA que por su desempeño se distingue en las cuatro redes y en todas las variables. Los detalles técnicos de las metodologías pueden consultarse en el documento "Informe de Estado y Tendencia de la Calidad del Aire 2002", elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Por otro lado, el plano de comparación en los análisis de la información para determinar la calidad del aire en la ZMVM son las Normas Oficiales Mexicanas dictadas por el sector salud en 1994, por lo cual los indicadores se centran en estos parámetros y unidades (ver Cuadro 2.4.22 y Recuadro 2.4.7).

Evolución de los contaminantes atmosféricos

Para conocer la evolución de los contaminantes atmosféricos en la ZMVM de 1990 a 2001 y evaluar el desempeño ambiental del Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA) y del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PROAIRE 1995–2000), se analizó el comportamiento de las concentraciones máximas que se registran diariamente, tomando como indicador el Percentil 90 anual,

ESTACIONES Y PARÁMETROS REGISTRADOS POR EL SIMAT EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2001

RECUADRO 2.4.4

Zona IMECA y estación	Clave	Red automática							Red manual					Red de dep. atmosférico					
		O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	MET	RAD	GR	PST	PM ₁₀	Pb	Mn	NO ₃	SO ₂	pH	CE	A	C
Noroeste (NO)																			
Vallejo	VAL																		
Tacuba	TAC																		
Enepe Acatlán	EAC																		
Azcapotzalco	AZC																		
Tlalnepantla	TLA																		
I.M.P.	IMP																		
Cuitláhuac	CUI																		
Tultitlán	TLI																		
Atizapán	ATI																		
Legaria	IBM																		
Lab. Bact. y Físicoquímica	LBFQ																		
Secretaría de Hacienda	SHA																		
Noreste (NE)																			
Los Laureles	LLA																		
La Presa	LPR																		
La Villa	LVI																		
San Agustín	SAG																		
Xalostoc	XAL																		
Aragón	ARA																		
Nezahualcóyotl	NET																		
Villa de Flores	VIF																		
Chapingo	CHA																		
Nezahualcóyotl Sur	NTS																		
Cerro del Tepeyac	TEC																		
Centro (CE)																			
Lagunilla	LAG																		
Merced	MER																		
Hangares	HAN																		
Benito Juárez	BJU																		
Metro Insurgentes	MIN																		
Museo de la Cd. Méx.	MCM																		
Plaza Sta. Catarina	PSC																		
Suroeste (SO)																			
Santa Úrsula	SUR																		
Pedregal	PED																		
Plateros	PLA																		
Cuajimalpa	CUA																		
Tlalpan	TPN																		
Lomas	LOM																		
Diconsa	DIC																		
Ecoguardas Ajusco	EAJ																		
Picacho																			
Exconv. Desierto Leones	EDL																		
Parres	PAR																		
San Nicolás Totolapán	SNT																		
Sureste (SE)																			
Cerro de la Estrella	CES																		
UAM Iztapalapa	UIZ																		
Taxqueña	TAX																		
Tláhuac	TAH																		
C. Edu. Amb. Acuexcómatl	CEA																		
Milpa Alta	MPA																		

NOTA: En la REDDA hubo estaciones que fueron reubicadas y renombradas de la siguiente manera: SHA cambió a IMB; MCM cambió a PSC; FAN cambió a DIC; PED cambió a EDL; XCH cambió a CEA.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PARÁMETROS QUE SE REGISTRAN EN EL SIMAT POR TIPO DE RED DE MONITOREO Y TIEMPO DE MEDICIÓN EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

RECUADRO 2.4.5

Tipo de RED

RAMA	Concentraciones horarias de: O ₃ , NO ₂ , CO, SO ₂ y PM ₁₀
REDMET	Registros horarios de las variables meteorológicas, velocidad del viento (VV), dirección del viento (DV), humedad relativa (HR), temperatura ambiente (TMP), radiación solar UV-b (Uvb), radiación solar UV-a (Uva), y radiación global (GR).
REDMA	Concentraciones de partículas suspendidas totales (PST) y PM ₁₀ en muestreos de 24 horas cada 6 días, así como la concentración de algunos metales pesados, entre ellos el Pb.
REDDA	Muestreos semanales de depósito seco y depósito húmedo (aguas de lluvia) en este último se determina el pH, la conductividad específica, concentraciones de aniones (nitratos, sulfatos y cloruros) y de cationes (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio).

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PARÁMETROS Y UNIDADES DE MEDICIÓN DEL SIMAT EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

RECUADRO 2.4.6

Gases y partículas		Unidades	Parámetros meteorológicos		Unidades
Símbolo	Parámetro		Símbolo	Parámetro	
O ₃	Ozono	ppm	V V	Velocidad del viento	m/s
SO ₂	Bióxido de azufre	ppm	TMP	Temperatura	°C
NO ₂	Bióxido de nitrógeno	ppm	DV	Dirección del viento	grados (azimut)
CO	Monóxido de carbono	ppm	HR	Humedad relativa	%
PM ₁₀	Partículas menores a 10 micrómetros	µg/m ³	RAD	Radiación UV-b, UV-a	med/hr, mw/cm ²
PST	Partículas suspendidas totales	µg/m ³	GR	Radiación global	watts/m ²
Metales en partículas			Depósito atmosférico		
Mn	Manganeso		pH	Potencial de hidrógeno	unidades de pH
NO ₃	Nitratos		A	Aniones (nitratos y sulfatos)	mg/l
SO ₄	Sulfatos		C	Cationes (amonio, calcio, magnesio, sodio y potasio)	mg/l
Pb	Plomo	µg/m ³	CE	Conductividad electrolítica	µS/cm

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

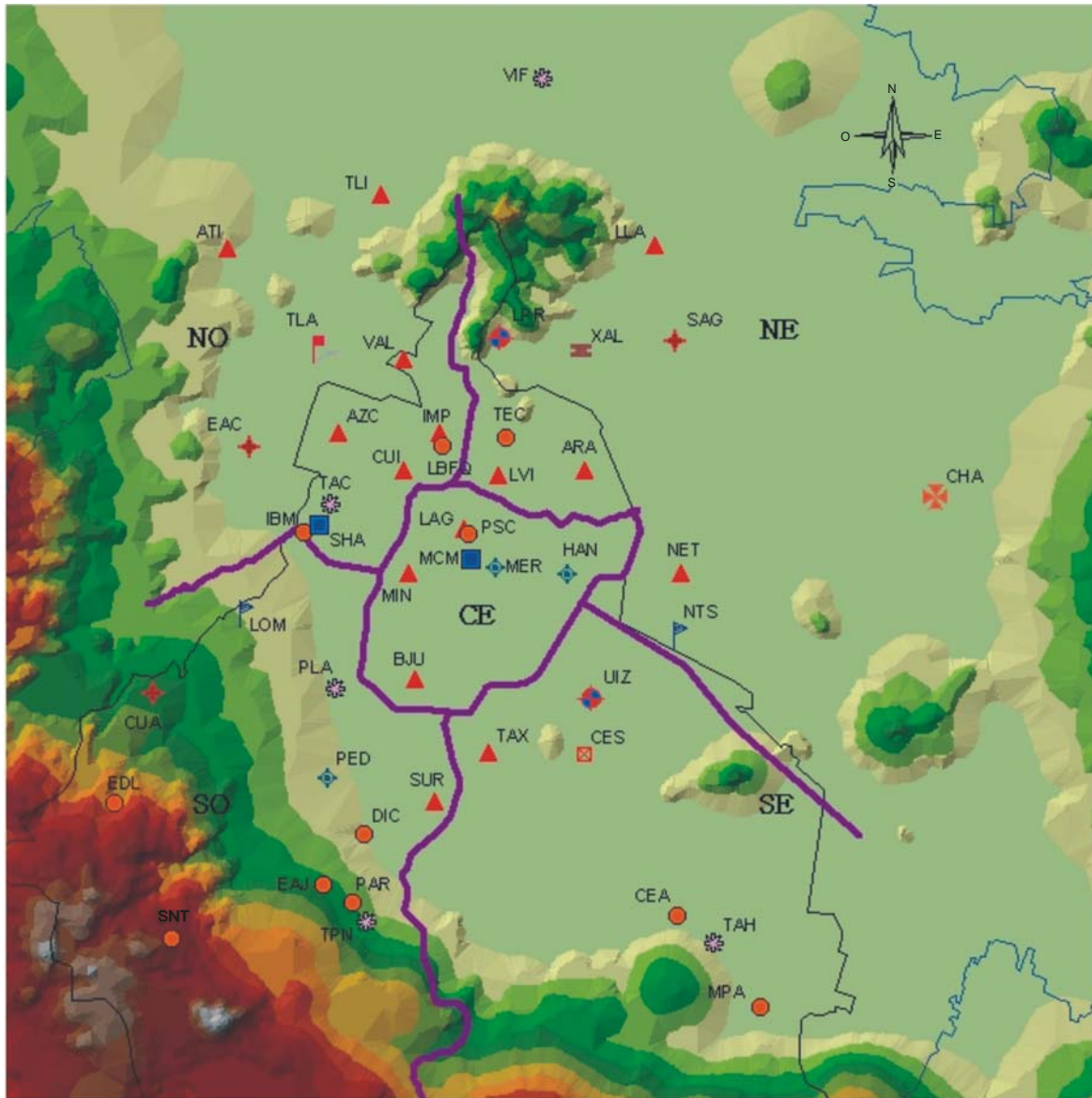
evitando la influencia de concentraciones extremas asociadas a eventos extraordinarios o locales, como son los desfuegos industriales ocasionales, las tolvaneras o episodios generados por vehículos automotores.

Ozono

El ozono es un compuesto gaseoso de formación natural y variante del oxígeno, característico de las grandes ciudades, debido a la reacción fotoquímica entre la radiación solar y los NOx e HC que se generan en grandes volúmenes. La evolución del ozono (O₃) en la ZMVM entre 1990 y 2001, presentó una tendencia homogénea decreciente, con un cambio promedio de 27%, comportamiento consistente con el periodo de vigencia del PROAIRE 1995–2000.

El O₃ rebasa cotidianamente la norma de protección a la salud; sin embargo, ésta se refiere a eventos de una hora y no a periodos prolongados de exposición que tienen un mayor riesgo para la salud de la población. Por esta razón, se evaluó el estado de la calidad del aire en función de la exposición diaria a concentraciones que superan el límite permisible de 0.11 ppm de la norma.

El porcentaje de días con concentraciones superiores al límite de la Norma Oficial Mexicana (NOM) muestra una tendencia irregular a la disminución en el periodo de 1990 a 2001. Así, durante 1990, únicamente en 30 días del año no se rebasó el límite de 0.11 ppm, mientras que en 2001 fueron 92 días; de hecho, este último año registró el mayor número de días con



SIMBOLOGÍA

- ▲ RAMA
- ◆ RAMA, REDMA
- ▣ RAMA, REDMA, REDDA, REDMET, REDRAS
- ◆ RAMA, REDMA, REDMET, REDRAS
- ⊠ RAMA, REDMA, REDMET
- ✱ RAMA, REDMET

- ▣ RAMA, REDMA, REDDA, REDMET
- ✱ RAMA, REDMET, REDRAS
- REDDA
- ▣ REDMA
- ▣ REDMA, REDDA
- ✱ RAMA, REDDA, REDMET, REDRAS

LÍMITES

- Límite de la Zona Metropolitana del Valle de México
- Límite Distrito Federal
- Límites de altitudes
- Límites de Zonas IMECA

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

**ESTACIONES DEL SIMAT CON MEJOR DESEMPEÑO HISTÓRICO
EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
1990 a 2001**

CUADRO 2.4.22

Parámetro	RAMA				REDMET			REDMA				REDDA		
	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	HR	TMP	V V	PST	Pb_PST	PM10	Pb_PM10	pH	Aniones	Cationes
Total de estaciones	13	15	17	15	9	10	8	13	8	7	5	8	8	8
	LAG	LAG	SUR	TAC	TAC	TAC	EAC	TLA	TLA	TLA	TLA	EDL	EDL	EDL
	TAC	TAC	TAC	EAC	SAG	EAC	SAG	XAL	XAL	XAL	XAL	XCH	XCH	XCH
	AZC	EAC	EAC	SAG	TLA	SAG	TLA	MER	MER	MER	MER	FAN	FAN	FAN
	TLA	TLA	LPR	TLA	XAL	TLA	XAL	PED	PED	PED	PED	LOM	LOM	LOM
	XAL	XAL	LVI	XAL	MER	XAL	PED	CES	CES	CES	CES	TEC	TEC	TEC
	MER	MER	AZC	MER	PED	MER	CES	UIZ	FAN	NTS		TLA	TLA	TLA
	PED	PED	TLA	PED	CES	PED	PLA	FAN	TEC	UIZ		MCM	MCM	MCM
	CES	CES	XAL	CES	PLA	CES	HAN	HAN	CFE			LBFQ	LBFQ	LBFQ
	PLA	PLA	MER	HAN	HAN	PLA		POT						
	HAN	HAN	PED	BJU			HAN	TAX						
	UIZ	UIZ	CES	PLA				TEC						
	BJU	BJU	ARA	LAG				CFE						
	TAX	SAG	LAG	AZC				CHA						
		VAL	PLA	UIZ										
		AZC	UIZ	TAX										
			BJU											
			TAX											

NOTA: Las estaciones FAN, MCM y XCH, se renombraron Diconsa (DIC), Plaza Santa Catarina (PSC) y C. Edu. Amb. Acuexcómatl (CEA) respectivamente, y se reubicaron en 1998.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

**NORMAS OFICIALES MEXICANAS, SALUD AMBIENTAL
1994**

RECUADRO 2.4.7

Contaminante y Norma Oficial Mexicana	Valores límite		
	Exposición Aguda ^a		Exposición Crónica ^b
	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio
Ozono (O ₃) (NOM-020-SSA1-1993)	0.11 ppm (1 hora) 0.080 ppm (máximo diario de promedio móvil de 8 horas)	1 vez al año cada 3 años ^c 4 veces al año	- -
Monóxido de Carbono (CO) (NOM-021-SSA1-1993)	11 ppm (máximo diario de promedio móvil de 8 horas)	1 vez al año	-
Bióxido de Azufre (SO ₂) (NOM-022-SSA1-1993)	0.13 ppm (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm (promedio aritmético anual)
Bióxido de Nitrógeno (NO ₂) (NOM-023-SSA1-1993)	0.21 ppm (1 hora)	1 vez al año	-
Partículas Suspendidas totales (PST) (NOM-024-SSA1-1993)	260 µg/m ³ (24 horas) 210 µg/m ³ (24 horas) ^d	1 vez al año	75 µg/m ³ (promedio aritmético anual)
Partículas menores a 10 micrómetros (PM ₁₀) (NOM-025-SSA1-1993)	260 µg/m ³ (24 horas) 210 µg/m ³ (24 horas) ^d	1 vez al año	50 µg/m ³ (promedio aritmético anual)
Plomo (Pb) (NOM-026-SSA1-1993)	-	-	1.5 µg/m ³ (promedio aritmético de 3 meses)

NOTAS: Publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994.

^a La exposición aguda se produce en periodos de tiempo reducidos (a lo más 24 horas) ante concentraciones altas de un contaminante.

^b La exposición crónica, se produce en periodos prolongados de tiempo (de 3 meses a 1 año) ante concentraciones relativamente bajas y que pueden causar efectos dañinos a la salud.

^c En la modificación de la norma se plantea 1 vez al año, nuevas especificaciones por publicarse en el Diario Oficial de la Federación.

^d Nuevas especificaciones y valores por publicarse en el Diario Oficial de la Federación.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

mejor calidad del aire en dicho periodo. El máximo de ozono en 2001 registró pocos días con concentraciones por arriba de los 0.232 partes por millón, además de no existir en 2000 y 2001 valores mayores a 0.282 ppm (Gráfica 2.4.16 y Cuadro 2.4.23).

No obstante que aún se presenta un alto porcentaje de días con concentración máxima de O_3 por arriba de la NOM, la disminución de la intensidad ha motivado que sólo se instrumente el Programa de Contingencia Ambiental Atmosférica (PCAA) una vez en el año 2000 y otra en el 2002. Si este programa hubiese tenido un límite más estricto que el actual (0.257 ppm), sólo se habría instrumentarlo en dos ocasiones durante 2001 (ver Gráfica 2.4.17).

Ante la necesidad de proteger la salud de la población de la ZMVM de los efectos ocasionados por una exposición a periodos de tiempo prolongados, se realizó una modificación a la NOM-020-SSA1-1993, añadiendo como límite de protección una concentración de 0.080 ppm (promedio móvil de 8 horas), que podrá excederse hasta el 1.09% de los días del año, es decir, 4 de 365 días.

La misma norma también establece como límite para evaluar la calidad del aire con respecto al O_3 una con-

centración máxima de 0.110 ppm, para no ser rebasada más de una hora, una vez al año cada tres años. Estas características permiten establecer un indicador de exposición aguda, referido como el porcentaje de días al año en que se rebasa el límite señalado.

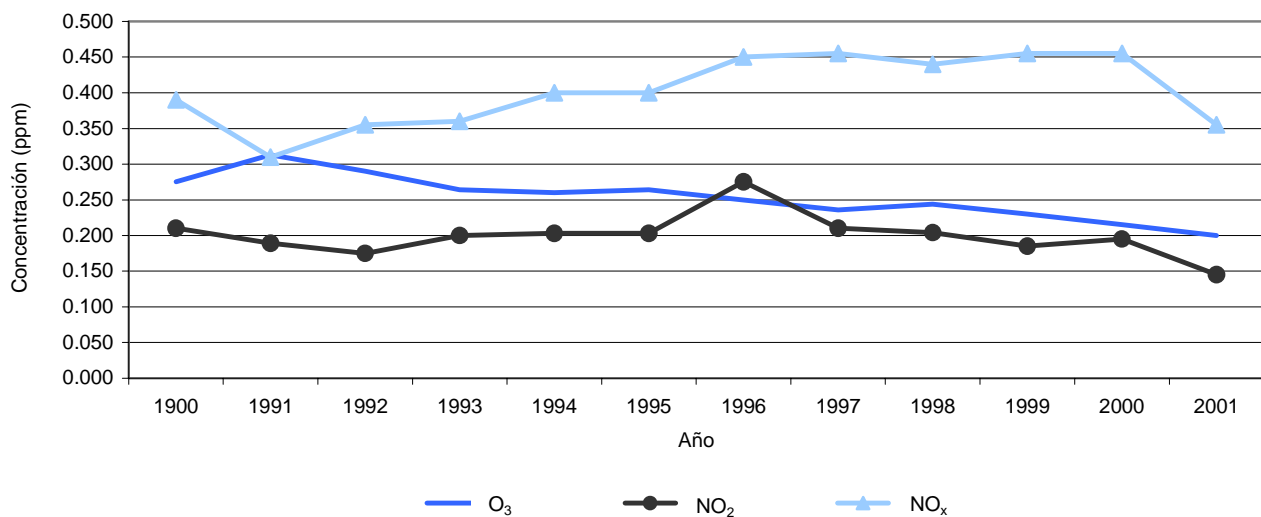
En los trastornos asociados con la exposición de corto plazo a O_3 , destacan la mortalidad prematura asociada con la exposición a concentraciones altas. Esto ocurre principalmente en personas con padecimientos cardiovasculares y/o respiratorios, uno y cinco días después de la exposición (ver Recuadro 2.4.8)

Para los años de 1990, 1995, 2000 y 2001, hubo una disminución significativa en los valores altos de este indicador en toda la ZMVM y en la actualidad tiene una distribución más homogénea. En 1990 las exposición más alta por encima del límite permisible fue de 0.53 ppm en el suroeste de la ZMVM, mientras que en 2001 fue de 0.032 ppm (ver Mapa 2.4.6)

Respecto de las regiones de mayor riesgo para la población, destaca la zona que comprende a las delegaciones Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras, Coyoacán, Tlalpan y Cuajimalpa de Morelos. Sólo en 1995 la región que comprende las delegaciones Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, representó un mayor ries-

COMPORTAMIENTO DEL PERCENTIL 90 ANUAL DE O_3 , NO_2 Y NO_x EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.16



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE OZONO DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2002

CUADRO 2.4.23

Año / Rango (ppm)	0 - 0.110	0.111 - 0.232	0.233 - 0.282	0.283 - 0.355	mayor a 0.355	Total	Total mayor NOM ^a
1990	30	226	69	25	5	355	325
1991	10	170	93	65	7	345	335
1992	35	216	64	28	9	352	317
1993	43	247	57	15	1	363	320
1994	25	252	75	13	0	365	340
1995	46	234	71	14	0	365	319
1996	49	260	49	8	0	366	317
1997	54	273	34	4	0	365	311
1998	60	255	45	5	0	365	305
1999	79	259	24	3	0	365	286
2000	58	298	10	0	0	366	308
2001	92	267	6	0	0	365	273
2002	84	273	7	1	0	365	281

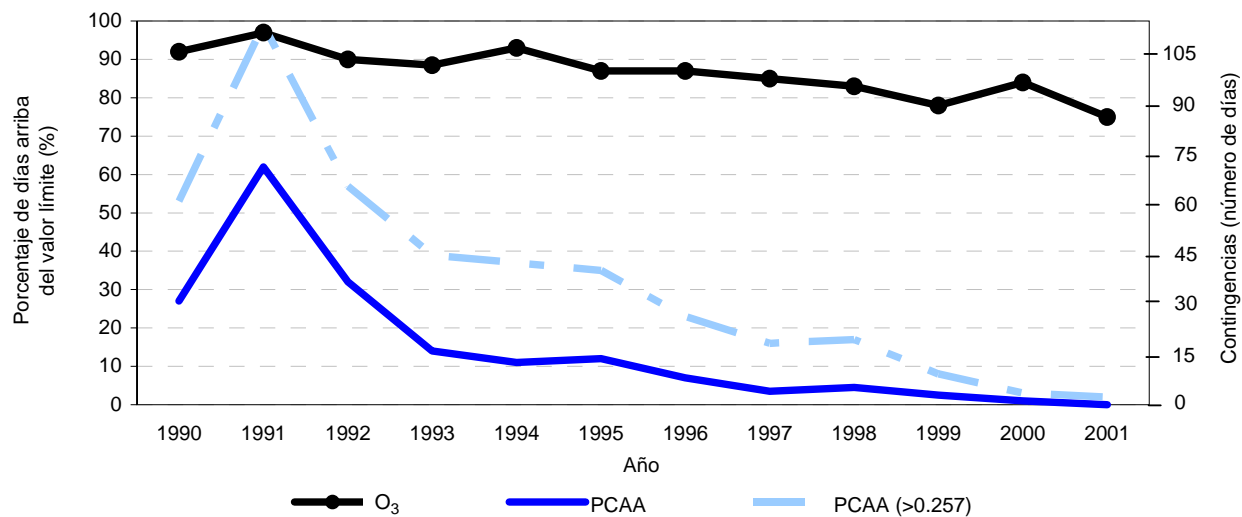
NOTA: NOM=Norma Oficial Mexicana.

^a NOM-020-SSAI-1993 (O₃): No debe rebasar el límite máximo normado de 0.11 ppm (216 µg/m³), en una hora una vez al año, en un periodo de tres años.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PORCENTAJE DE DÍAS ARRIBA DEL LÍMITE DE O₃ Y DÍAS CON INSTRUMENTACIÓN DEL PCAA E INSTRUMENTACIÓN DE OTRO PCAA PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO^a
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.17



^a Definido en 0.257 ppm (equivalente a 200 puntos IMECA).

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

go. En 2001 la homogeneidad de los valores de este indicador, dificultó la conformación de regiones de mayor riesgo; sin embargo, las delegaciones Benito Juárez, Álvaro Obregón, Cuajimalpa de Morelos, Coyoacán, Tlalpan y La Magdalena Contreras, destacaron por tener los valores más altos. En la región aledaña a la estación SUR se obtuvo el valor más alto de éste indicador (0.032 ppm).

Óxidos de Nitrógeno

Los NO_x comprenden una gama de compuestos químicos que involucran al Oxígeno (O₂) y al Nitrógeno (N₂), como son: el Óxido Nítrico (NO), y el Bióxido de Nitrógeno (NO₂), entre otros. Este último se forma por efecto de las reacciones de oxidación del NO y se caracteriza por su color café rojizo, además de formarse

EFFECTOS EN LA SALUD ASOCIADOS CON LA EXPOSICIÓN AL O₃ y AL PM₁₀ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

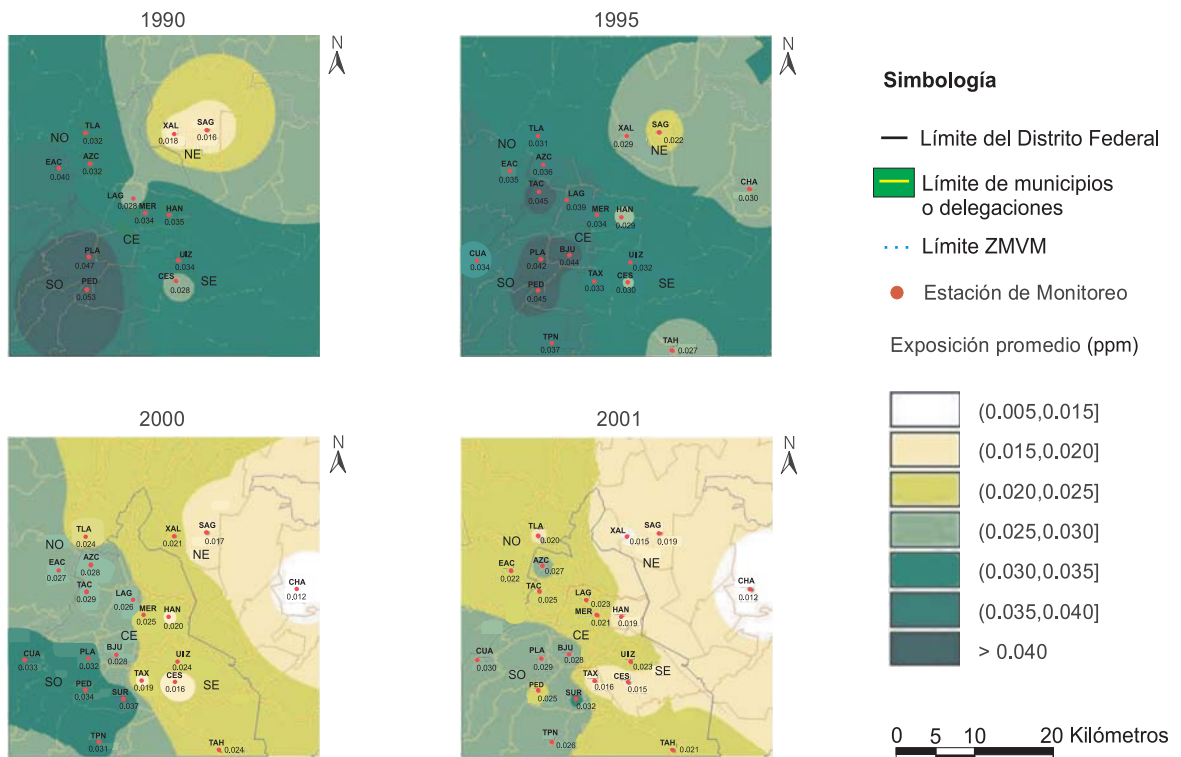
RECUADRO 2.4.8

Mortalidad	O ₃	PM ₁₀	Efectos en asmáticos	O ₃	PM ₁₀
Admisión en hospitales			Ataques de asma	█	█
General			Tos sin flema (niños)		█
Afecciones respiratorias	█	█	Tos con flema (niños)		█
Cardio-cerebrovascular	█	█	Tos con flema y uso de broncodilatador		█
Falla congestiva del corazón		█	Síntomas respiratorios (niños)	█	
Visita a la sala de emergencia			Síntomas respiratorios menores	█	
Respiratoria	█	█	Morbilidad crónica		
Síntomas respiratorios			Bronquitis crónica, casos adicionales		█
Síntomas en vías respiratorias superiores	█	█	Tos crónica, prevalencia (niños)		█
Síntomas en vías respiratorias inferiores	█	█	Mortalidad por exposición crónica		
Sibilancia	█		Total		█
Bronquitis aguda		█	Mortalidad por exposición aguda		
			Total	█	█
			Infantil		█

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Proyecto: Ecosistema Urbano y Salud de los Habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA EXPOSICIÓN PROMEDIO AL O₃ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 1990 a 2001

MAPA 2.4.6



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

en la combustión industrial y de vehículos automotores. El NO_2 se disocia por la acción de la luz solar en oxígeno (muy reactivo para la formación de O_3) y NO , que al combinarse con agua produce ácido nítrico (HNO_3), óxido nítrico o bien HNO_3 y ácido nitroso (HNO_2), según la cantidad de NO que reaccione con el agua. A su vez, el HNO_3 , en solución acuosa origina ion hidronio (H^+), que es uno de los precursores de la acidez en el agua de lluvia.

Los NO_x tuvieron un comportamiento irregular entre 1990 y 2001, pero al mostrar el análisis por períodos entre 1995 y 2001, se presentó una tendencia homogénea decreciente con un cambio promedio de 1%. En el caso del NO_2 , prosigue la misma tendencia homogénea decreciente de 1990 a 2001, con un cambio promedio de 34%. Este comportamiento también tuvo mayor consistencia de 1995 a 2001, al verse un cambio promedio de 23%, mientras que en el período 1990–1995 no presentó tendencia.

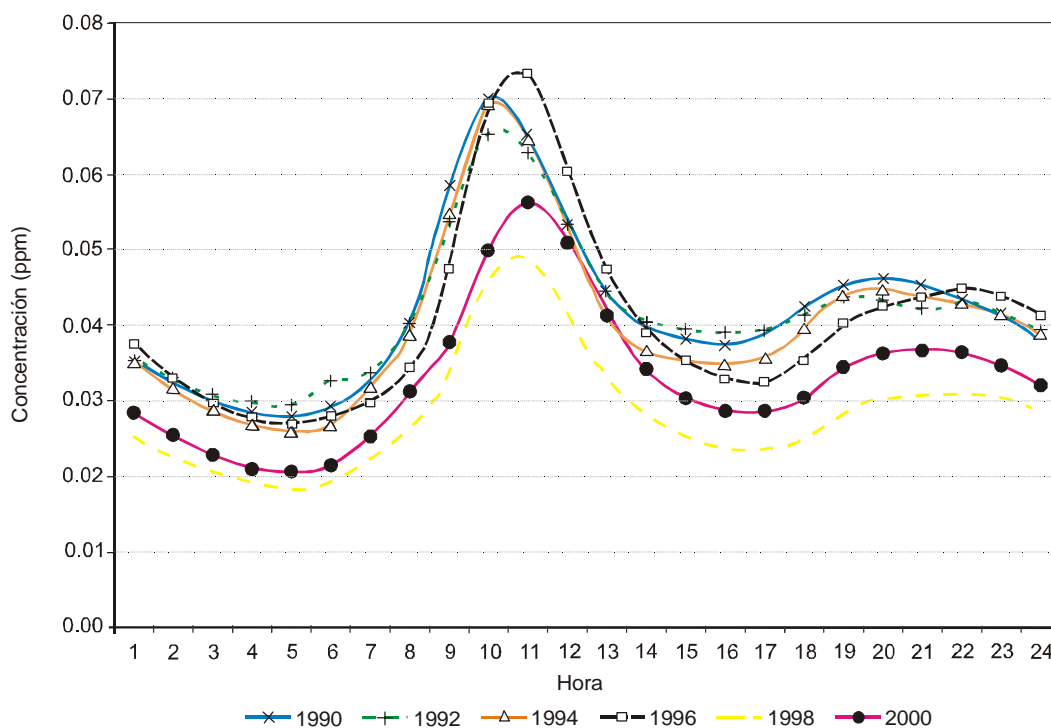
En el comportamiento diario del NO_2 , las concentraciones descienden durante la noche y se elevan entre las 10 hrs., y las 13 hrs., como se observa en la gráfica 2.4.18, igualmente aumenta la radiación solar y desencadena las reacciones fotoquímicas que originan el ozono (Gráfica 2.4.18).

De acuerdo con la NOM–023–SSA1–1993, el NO_2 no debe rebasar una concentración de 0.210 ppm en una hora, una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible. El porcentaje de días al año en que se supera el valor de la norma se puede utilizar como un indicador de exposición aguda.

Entre 1990 y 2001 no se rebasó la norma en más del 10% de los días (a excepción de 1996 y 1997 cuando las excedencias representaron 22.9% y 10.3% de días al año, respectivamente), en 2001 tan sólo un día y en 2002 llegó a cero. (ver Gráfica 2.4.19 y Cuadro 2.4.24).

COMPORTAMIENTO DIARIO DEL BIÓXIDO DE NITRÓGENO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie bianual de 1990 a 2000

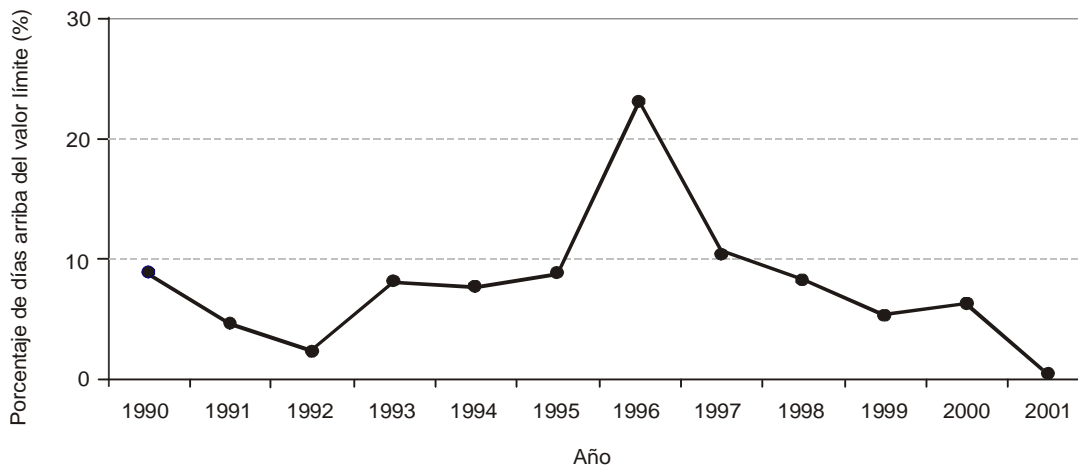
GRÁFICA 2.4.18



FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

PORCENTAJE DE DÍAS ARRIBA DEL VALOR LÍMITE PERMISIBLE DE NO₂ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.19



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE BIÓXIDO DE NITRÓGENO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2002

CUADRO 2.4.24

Año / Rango (ppm)	0 - 0.210	0.214 - 0.657	Total	Total mayor NOM ^a
1990	317	31	348	31
1991	328	16	344	16
1992	345	8	353	8
1993	334	29	363	29
1994	337	28	365	28
1995	333	32	365	32
1996	282	84	366	84
1997	327	38	365	38
1998	335	30	365	30
1999	346	19	365	19
2000	343	23	366	23
2001	364	1	365	1
2002	365	0	365	0

NOTA: NOM=Norma Oficial Mexicana.

^a NOM-023-SSAI-1993 (NO₂): No debe rebasar el valor permisible de 0.21 ppm (395 µg/m³), en una hora una vez al año.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

La población expuesta a concentraciones elevadas de este contaminante, presenta enfermedades de las vías respiratorias y disminución de la presión arterial. La exposición a concentraciones bajas durante periodos prolongados, puede provocar irritación pulmonar y bronquitis.

Sin embargo, el daño provocado por este contaminante no es consistente.

Partículas Suspendidas Totales y Partículas menores a 10 micrómetros

Las PST son fragmentos diminutos de materia sólida o líquida, cuyo tamaño oscila entre 0.3 y 50 micrómetros de diámetro, pueden provenir del polvo, hollín, ceniza, cemento o polen. También existen partículas más pequeñas, denominadas PM₁₀, cuyo tamaño fluctúa entre 2.5 y 10 micrómetros. Entre los elementos que contie-

nen las partículas destacan por su toxicidad los metales pesados, como el mercurio y el plomo.

Las concentraciones de PST tuvieron una disminución considerable durante la gestión del PICCA y posteriormente su comportamiento ha sido irregular; no obstante, es notable que las concentraciones registradas en 2001 son significativamente menores a las que se registraron en 1991 pero todavía no se logra su control, sobre todo por las fluctuaciones entre 1996 y el 2000. En el caso de las PM_{10} , aún persisten concentraciones extremas.

El Pb contenido en PST y en PM_{10} disminuyó considerablemente de 1990 a 2001, de tal forma que en ambos casos tuvo una tendencia homogéneamente decreciente. Para PST, el cambio promedio en este período fue de 93% y para PM_{10} de 95%; esta reducción fue mayor de 1990 a 1995 que de 1995 a 2001. La absorción de Pb en el organismo humano se realiza principalmente por las vías respiratorias y, en segundo término, por la ingesta de alimentos. Se ha demostrado que entre el 30 y 50% del Pb que llega a los alvéolos pasa a la circulación sanguínea, mientras que por vía digestiva los adultos absorben entre un 10 y 15%, en los niños la absorción llega a ser de un 50%. En la

ZMVM la erosión del suelo es la fuente principal de PM_{10} , así como los vehículos que usan diesel (camiones de 3 o más toneladas, tractocamiones y autobuses) y los autos particulares (Gráfica 2.4.20).

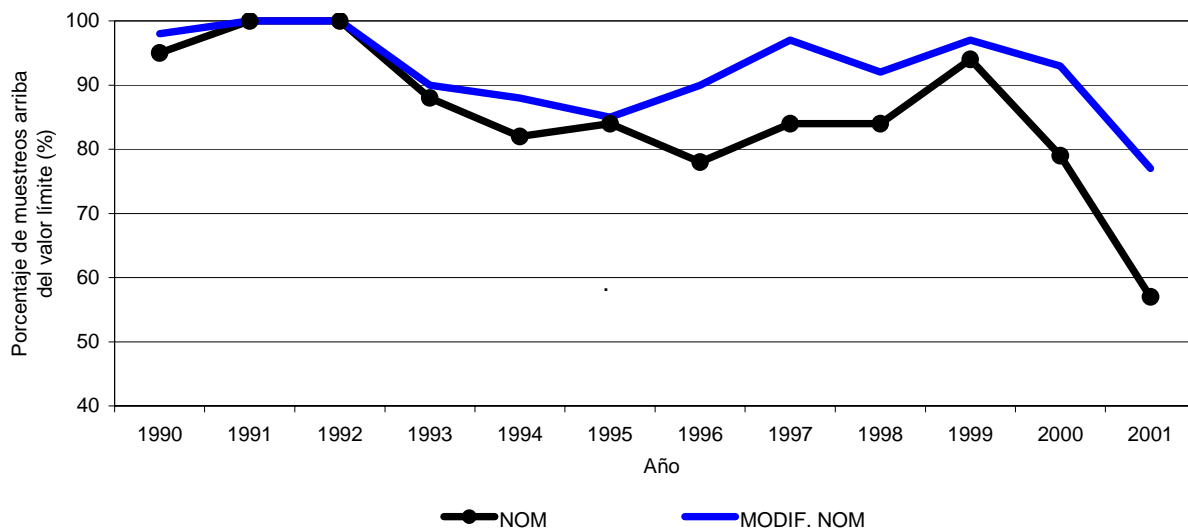
La NOM-024-SSA1-1993 señala como límites, para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las PST, concentraciones de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas y $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media aritmética anual para evaluar la exposición crónica. El proyecto de modificación de la NOM, contempla reducir el límite de 24 horas a $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

El porcentaje de muestreos que exceden los $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ha disminuido paulatinamente de 1990 a 2001, destacando este último año por tener el menor porcentaje, ya que aproximadamente cinco de cada diez muestras rebasaron el límite mencionado, pero todavía la exposición durante períodos de tiempo prolongados representa un riesgo para la salud (ver Gráfica 2.4.21 y Cuadro 2.4.25).

El análisis detallado de la información mostró que esta situación es particularmente grave en ciertas regiones de la ZMVM. Entre 1990 y 1992 los promedios anuales más altos correspondieron a la estación

PORCENTAJE DE MUESTREOS AL AÑO POR ARRIBA DEL VALOR LÍMITE PERMISIBLE DE PST EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

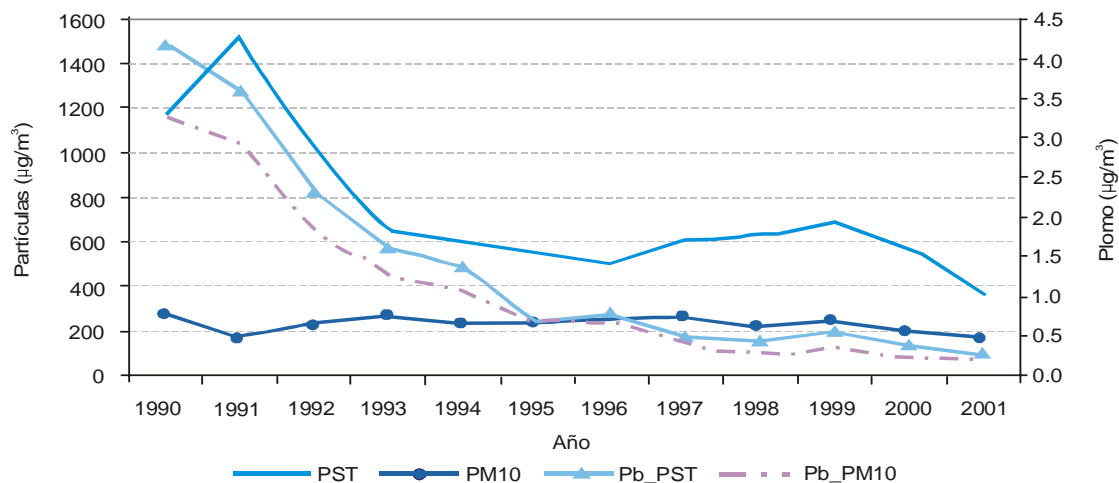
GRÁFICA 2.4.20



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

COMPORTAMIENTO DEL PERCENTIL 90 ANUAL DE PST, PM10, Pb_PST Y Pb_PM10 EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.21



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PROMEDIO ARITMÉTICO ANUAL DE MUESTREOS DE PST EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

CUADRO 2.4.25

Promedio aritmético anual (µg/m³)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Máximo	639	957	702	433	413	375	365	405	431	466	369	277
Mínimo	125	130	91	108	101	100	109	92	156	140	127	97

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

Taxqueña (TAX) (entre 630 y 960 µg/m³) y desde 1993 corresponden a la estación Xalostoc (XAL) (entre 270 y 470 µg/m³). Al igual que las PM₁₀, el control de las PST en localidades donde se rebasan los indicadores como el de exposición crónica, disminuiría la presencia de concentraciones extremas que influyen en las evaluaciones al nivel metropolitano y permitiría alcanzar niveles adecuados para la salud de sus habitantes. Además, se podrán cumplir estándares de PST más estrictos que los actuales.

Para la exposición a concentraciones en periodos de 24 horas y en periodos anuales, en la ZMVM las PM₁₀ se consideran como el segundo contaminante criterio de importancia, teniéndose ciertas enfermedades asociadas con el aumento de sus concentraciones, así como algunas causas de mortalidad (ver Recuadro 2.4.8).

La NOM-025-SSA1-1993 de salud ambiental establece dos límites para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a las PM₁₀: el primero es de 150 µg/m³ en 24 horas y el segundo de 50 µg/m³ como media aritmética anual. Se empleó también el porcentaje de muestreos al año en que se rebasó la norma de 24 horas, como un indicador de exposición aguda; el límite anual que establece la NOM se empleó como indicador de exposición crónica.

Se observa una variación considerable del porcentaje anual de muestreos que superan el límite de la NOM. Destacan 2001 y 2002 como los años con mejor calidad del aire en términos de protección a salud, con sólo el 8.2% y 8.3% de los muestreos respectivamente, rebasaron el límite marcado por la NOM (ver Cuadros 2.4.26; 2.4.27 y Gráfica 2.4.22).

DISTRIBUCION DE CONCENTRACIONES DE LOS MUESTREOS DE PM₁₀ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2002

CUADRO 2.4.26

Año / Rango (µg/m ³)	0 - 150	151 - 270	271 - 300	Mayor a 300	Total de muestras ^a	Total mayor NOM ^b
1990	13	31	7	2	53	40
1991	42	12	1	0	55	13
1992	36	18	2	1	57	21
1993	19	34	6	1	60	41
1994	27	30	2	1	60	33
1995	31	27	2	1	61	30
1996	16	37	4	1	58	42
1997	33	23	2	3	61	28
1998	34	24	3	0	61	27
1999	28	30	1	2	61	33
2000	45	15	0	1	61	16
2001	56	5	0	0	61	5
2002	55	5	0	0	60	5

NOTA: NOM=Norma Oficial Mexicana.

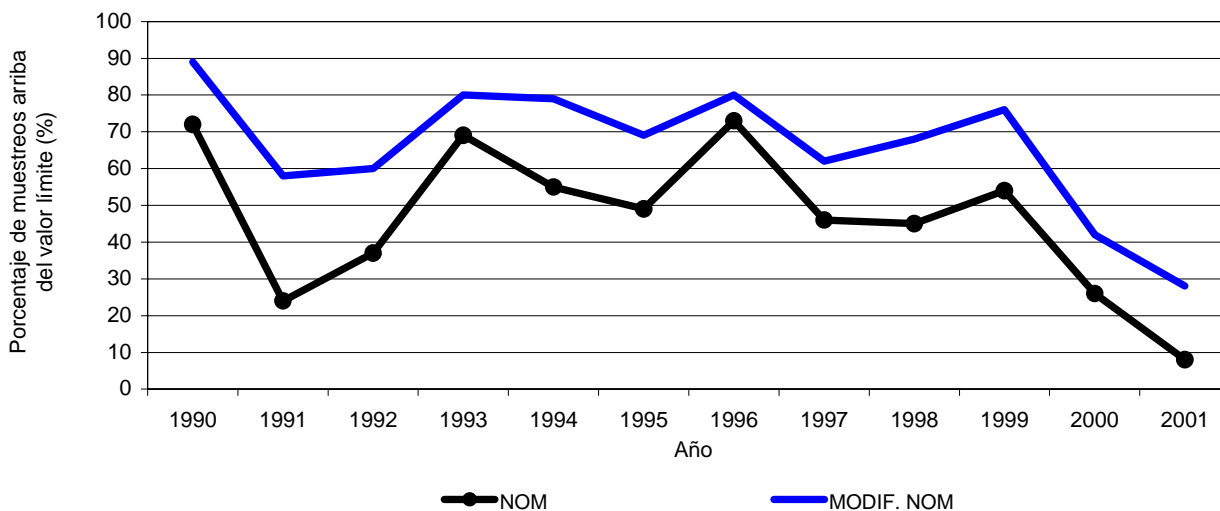
^a Los datos se obtienen de muestreos de 24 horas cada 6 días en la Red Manual de Monitoreo Atmosférico que opera con equipo de alto volumen (HI-VOL)

^b NOM-025-SSAI-1993: No debe rebasar el límite permisible de 150 µg/m³, en 24 horas una vez al año.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PORCENTAJE DE MUESTREOS AL AÑO POR ARRIBA DEL VALOR LÍMITE PERMISIBLE DE PM₁₀ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.22



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

Los resultados del promedio anual de PM₁₀ como indicador de exposición crónica, señalan una problemática general, ya que después de 1995 sólo una estación cumple con el límite de 50 µg/m³. Este análisis destaca el decremento del 51% que tuvo este indicador de 1990 a 2001 (ver Cuadro 2.4.27).

El análisis espacial de las PM₁₀ con el indicador de exposición promedio para 1990, 1995, 2000 y 2001 ilustra también la mejora de la calidad del aire en relación a este contaminante, siendo notable que el valor de este indicador en 2001 fue casi igual a 150 µg/m³ en la mayor parte de la ZMVM.

**PROMEDIO ARITMÉTICO ANUAL DE MUESTREOS DE PM₁₀
EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO
1990 a 2001**

CUADRO 2.4.27

Promedio aritmético anual (µg/m ³)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Máximo	187	127	139	188	163	155	191	155	144	159	125	95
Mínimo	64	62	50	58	55	50	46	38	52	43	44	42
Número de estaciones que cumplen con la NOM	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	1	1

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

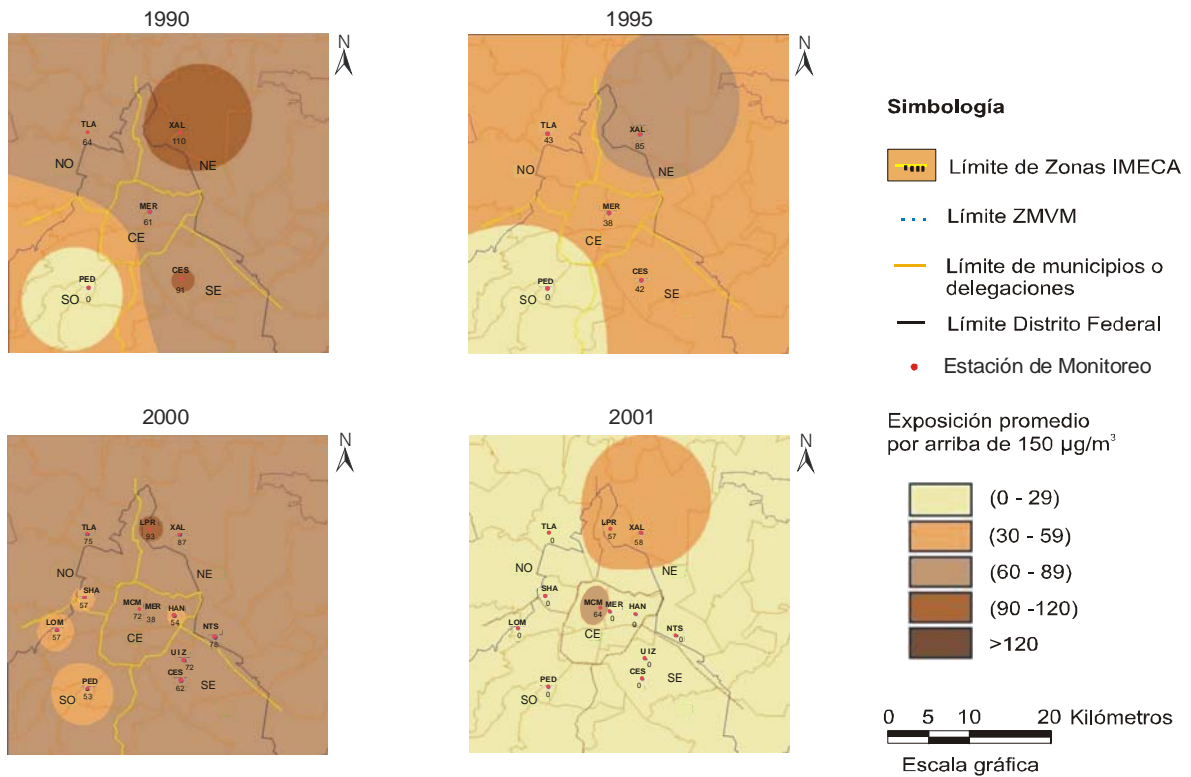
También se observa al comparar la máxima exposición promedio, que pasó de 110 µg/m³ en 1990 a 64 µg/m³ en 2001. Esto evidentemente tiene repercusiones positivas para la salud de los habitantes de la ciudad (Mapa 2.4.7).

Monóxido de Carbono

El CO es un gas inodoro e incoloro, producido por la combustión de carbón u otros combustibles como: gas, gasolina, queroseno, petróleo o madera. Entre

**EXPOSICIÓN PROMEDIO A PM₁₀ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MEXICO
1990 a 2001**

MAPA 2.4.7



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

las acciones gubernamentales encaminadas a su disminución y control, se encuentran la introducción de gasolinas oxigenadas y de convertidores catalíticos, el programa Hoy No Circula y la Verificación Vehicular. Estos programas se modernizaron entre 1990 y 2001, restringiendo la circulación de los autos más contaminantes, instrumentando límites máximos permisibles más estrictos y con el programa de renovación de convertidores catalíticos.

El promedio horario anual indica las máximas concentraciones entre las 8 hrs. y las 11 hrs. habiendo disminuido considerablemente en todos los valores del día desde 1990 al año 2000. También el comportamiento que presenta el CO en la ZMVM hasta el 2001 muestra una disminución gradual.

El análisis para este periodo indicó tendencia decreciente, con un cambio promedio de 49% (ver Gráficas 2.4.23 y 2.4.24).

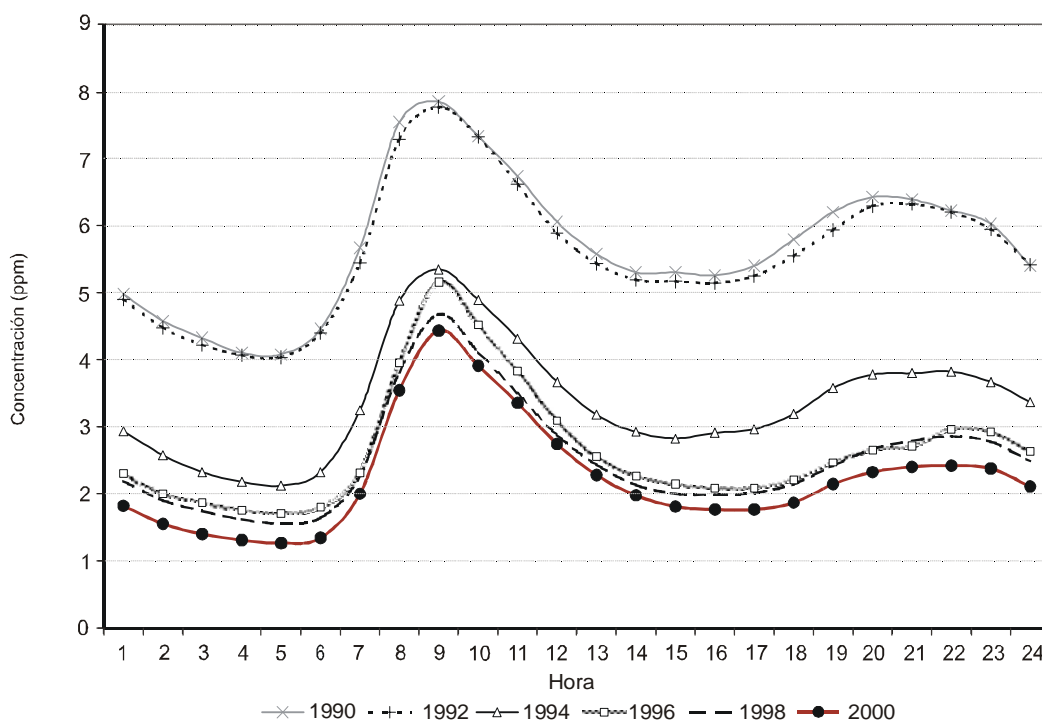
Estos resultados indican que durante la gestión del PICCA se logró un abatimiento importante de la magnitud de las concentraciones máximas diarias de CO y que durante la gestión del PROAIRE 1995-2000, se lograron controlar e inclusive continuar disminuyendo sus niveles.

La NOM-021-SSA1-1993 especifica que la concentración de CO, como contaminante atmosférico, no debe rebasar una concentración de 11 ppm, como promedio móvil de 8 horas. Al considerar como indicador el porcentaje de días del año que rebasan este límite, desde 1994 la NOM se rebasa en menos del 2% de los días del año hasta llegar a cero en el 2001 y 2002, mientras que en 1990 se excedía cerca del 40% de los días (ver Gráfica 2.4.25 y Cuadro 2.4.28).

Estos resultados señalan la importancia de las acciones para proteger la salud de la población, sobre todo en niños, ancianos, personas con problemas de

**COMPORTAMIENTO DIARIO DEL MONÓXIDO DE CARBONO
ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie bianual de 1990 a 2000**

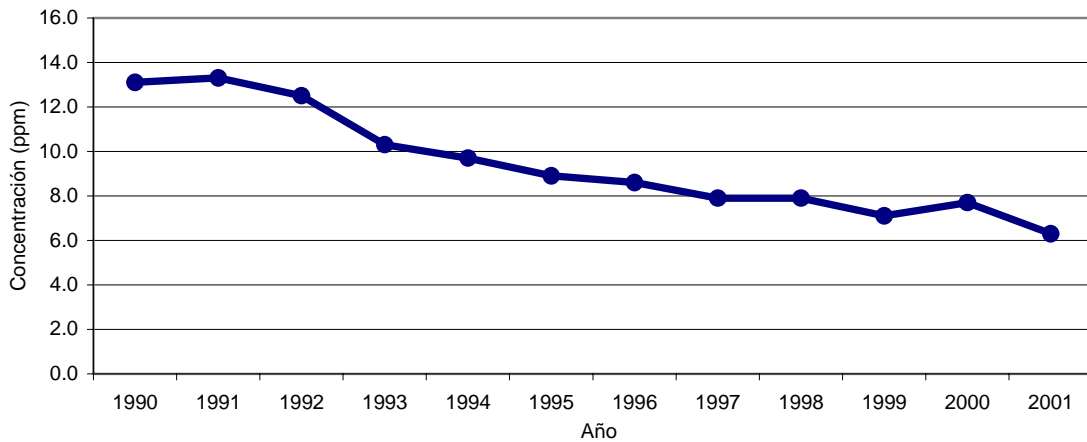
GRÁFICA 2.4.23



NOTA: Promedio horario anual de las concentraciones horarias de las estaciones LAG, TLA, XAL, MER, PED, Ces, PLA, BJU, y MIN.
FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

COMPORTAMIENTO DEL PERCENTIL 90 ANUAL DE CO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

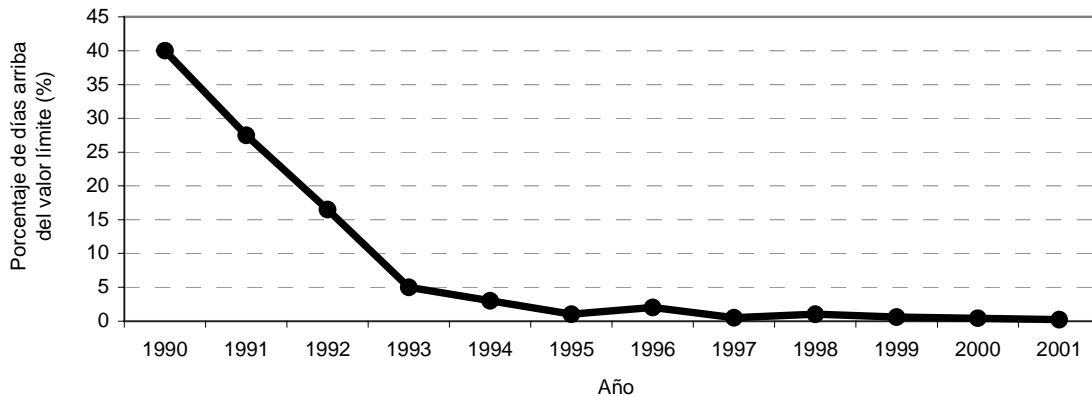
GRÁFICA 2.4.24



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PORCENTAJE DE DÍAS AL AÑO POR ARRIBA DEL VALOR LÍMITE PERMISIBLE DE CO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.25



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

nutrición y personas con tipos de hemoglobina anormal. Sus efectos principales son: cansancio, reduce la percepción visual, destreza manual y habilidad para el aprendizaje; en áreas cerradas puede provocar la muerte por insuficiencia cardíaca o pérdida de la conciencia.

Bióxido de Azufre

El SO₂, es un gas incoloro que, en altas concentraciones, tiene un olor irritante, además de ser uno de los principales precursores de la precipitación ácida. Entre las acciones implementadas para reducir los niveles

de este contaminante en la atmósfera, destaca la mejora del diesel al disminuir su contenido de azufre, así como la salida del mercado de combustibles industria-

les más contaminantes, como el combustóleo cuya venta se prohibió en el año 1992 (Gráfica 2.4.26). La magnitud de las concentraciones máximas diarias de

DISTRIBUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE MONÓXIDO DE CARBONO EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2002

CUADRO 2.4.28

Año / Rango (ppm)	0-100	101-200	Total	Total mayor NOM ^a
1990	213	141	354	43
1991	246	93	339	42
1992	277	56	333	24
1993	332	17	349	5
1994	353	11	364	4
1995	360	4	364	4
1996	359	6	365	6
1997	364	1	365	1
1998	360	4	364	4
1999	363	2	365	2
2000	365	1	366	1
2001	365	0	365	0
2002	365	0	365	0

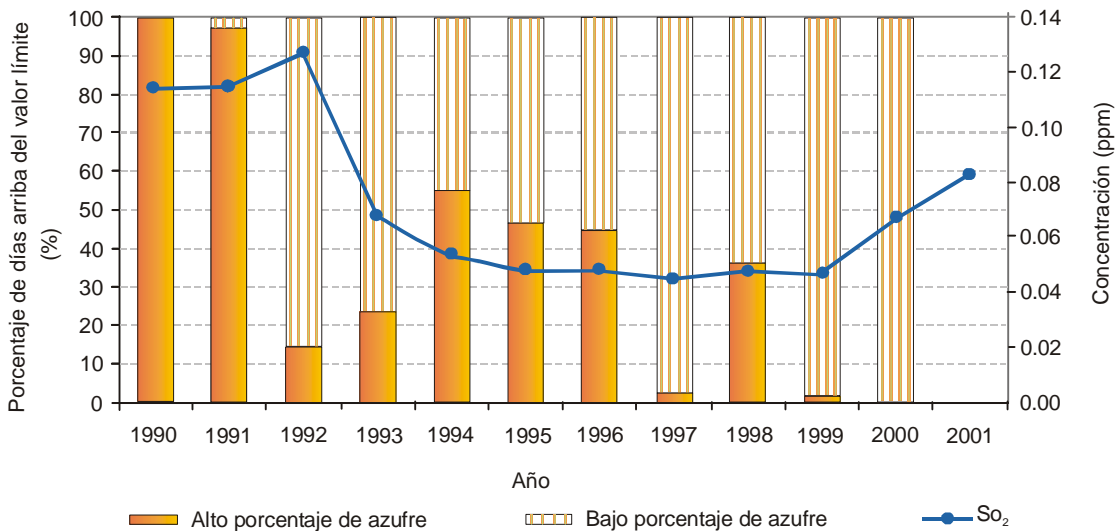
NOTA: NOM=Norma Oficial Mexicana.

^a NOM-021-SSA1-1993 (CO): De 1995 a la fecha No debe rebasar el valor permisible de 11 ppm (12 595 µg/m³), en promedio móvil de ocho horas una vez al año. De 1990 a 1994 el valor permisible era de 13 ppm.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

COMPORTAMIENTO DEL PERCENTIL 90 ANUAL DE SO₂ Y CONSUMO DE COMBUSTIBLE QUE CONTIENE AZUFRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.26



NOTA: Alto porcentaje, estimado en el consumo de: diesel industrial, combustóleo y diesel. Bajo porcentaje, estimado con el consumo de: diesel industrial bajo en azufre, gasóleo industrial, combustible industrial y diesel sin.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

SO₂ registradas en 2000 y 2001 aumentaron considerablemente. En el periodo de 1995 a 2001, el comportamiento no es homogéneo en toda la ZMVM, se asocia con la presencia de eventos extraordinarios de contaminación por SO₂ en el norte de la zona metropolitana, provocando un sesgo en los análisis de tendencia (Cuadro 2.4.29).

Por otro lado, el análisis del periodo 1990-1995, mostró tendencia homogénea decreciente, con un cambio promedio de 78%, a pesar del aumento de SO₂ registrado en 1992.

El suministro actual de combustibles con bajo contenido de azufre y los niveles de SO₂ presentes en la atmósfera de la ZMVM tienen una relación inversa; sin embargo, los resultados de este análisis indican que la presencia de SO₂ en algunas regiones es preocupante, por lo que deben instrumentarse acciones de vigilancia para evitar el consumo de combustibles contaminantes o certificar de mejor manera la calidad de los que se distribuyen en la ZMVM.

La exposición a SO₂ provoca enfermedades respiratorias y aumento de síntomas, anomalías en la defensa pulmonar, agravación de enfermedades respiratorias y cardiovasculares existentes. La NOM-022-SSA1-1993 señala como límite máximo aceptable una concentración de 0.130 ppm, durante 24 horas, una vez al año y 0.030 ppm como promedio anual. Este límite permite definir como indicador de exposición aguda al porcentaje de días del año en que se rebasa el valor normado

y al promedio anual como indicador de exposición crónica. Los resultados de la exposición de 24 horas indican que durante 2001 hubo un incremento considerable del porcentaje de días con excedencias (ver Gráfica 2.4.27 y Cuadro 2.4.30).

Con relación a la exposición crónica a SO₂, durante 2000 y 2001 se obtuvieron promedios anuales máximos que superaron el límite establecido en la NOM. Estos promedios correspondieron a la estación TLA (ver Cuadro 2.4.31).

Existe la necesidad de instrumentar acciones inmediatas de vigilancia, sobre todo en el norte de la ZMVM, donde se han registrado eventos extraordinarios de este contaminante en los últimos dos años y su presencia puede representar un riesgo para la salud de la población, ya sea por exposición durante periodos de 24 horas o por exposición crónica.

Lluvia ácida

La lluvia ácida es producto de la contaminación de la atmósfera, la cual puede generarse y depositarse localmente, pero también puede ser arrastrada a cientos o miles de kilómetros por los vientos prevaletientes. Este fenómeno es conocido como "Transporte Aéreo de Contaminantes a Grandes Distancias" (TAGD).

La lluvia ácida, como el depósito húmedo y el depósito seco, forman el depósito atmosférico, proceso por el cual las partículas suspendidas y los gases son trans-

EVENTOS EXTRAORDINARIOS Y CONCENTRACIONES HORARIAS DE SO₂ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2000 y 2001

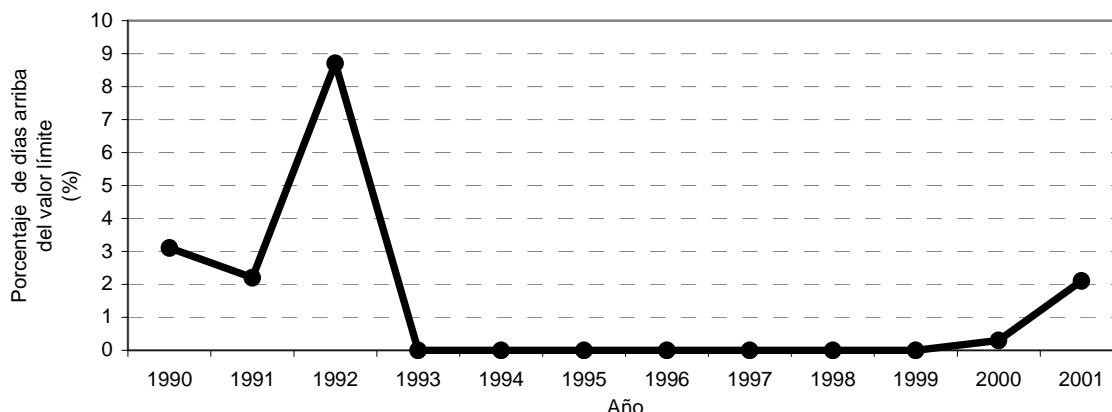
CUADRO 2.4.29

Año	Estación	Zona	Número eventos	Concentraciones horarias (partes por millón)	
				Mínimo	Máximo
2000	TLA	NO	2	0.208	0.400
	XAL	NE	1	0.131	0.131
2001	TLA	NO	27	0.204	0.499
	XAL	NE	2	0.233	0.241
	ATI	NO	2	0.270	0.373
	EAC	NO	3	0.240	0.481
	TLI	NO	2	0.278	0.386
	LPR	NE	2	0.273	0.273
	LLA	NE	2	0.305	0.424
AZC	NO	1	0.289	0.289	

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PORCENTAJE DE DÍAS AL AÑO POR ARRIBA DEL VALOR LÍMITE PERMISIBLE DE SO₂ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

GRÁFICA 2.4.27



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

DISTRIBUCIÓN DE CONCENTRACIONES MÁXIMAS DIARIAS DE BIÓXIDO DE AZUFRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2002

CUADRO 2.4.30

Año / Rango (ppm)	0 - 0.130	0.132 - 0.347	Total	Total mayor NOM ^a
1990	343	11	354	11
1991	341	8	349	8
1992	308	29	337	29
1993	357	0	357	0
1994	365	0	365	0
1995	365	0	365	0
1996	366	0	366	0
1997	365	0	365	0
1998	365	0	365	0
1999	365	0	365	0
2000	365	1	366	1
2001	357	8	365	8
2002	365	0	365	0

NOTA: NOM=Norma Oficial Mexicana.

^a NOM-022-SSAI-1993: 0.030 ppm (79 µg/m³) en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible (criterio de exposición crónica).

NOM-022-SSAI-1993: 0.13 ppm (341 µg/m³) en 24 horas una vez al año.

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

portados del aire hacia el suelo. Su monitoreo permite estimar la transferencia de compuestos químicos suspendidos en la atmósfera a los ecosistemas terrestres y acuáticos, permitiendo ampliar el conocimiento acerca del flujo químico de estos compuestos y la dinámica de la contaminación, sus fuentes e impactos.

El SO₂ y los NO_x, presentes en la atmósfera, pueden transformarse en compuestos ácidos a través de

reacciones que involucran el vapor de agua, la luz solar y otros gases. Es importante señalar que en condiciones normales, el agua de lluvia presenta una ligera acidez, causada por el equilibrio del ácido carbónico (CO₂) en el agua. En algunas circunstancias, puede tornarse alcalina por efecto del polvo de origen geológico. La composición del depósito húmedo es un indicador del impacto en los ecosistemas y materiales antes señalados y permite ampliar el conocimiento acer-

PROMEDIO ARITMÉTICO ANUAL DE LAS CONCENTRACIONES DE SO₂ EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1990 a 2001

CUADRO 2.4.31

Promedio aritmético (partes por millón)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Máximo	0.069	0.081	0.072	0.032	0.025	0.023	0.020	0.020	0.018	0.019	0.030	0.036
Mínimo	0.040	0.037	0.025	0.012	0.015	0.013	0.012	0.010	0.009	0.008	0.010	0.010
Número de estaciones que cumplen con la NOM	11	11	11	2	0	0	0	0	0	0	1	1

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

ca del flujo de sustancias químicas de la atmósfera a la superficie terrestre. Los compuestos analizados en la REDDA son del tipo iones (H⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻) y cationes (NH₄⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺).

Debido al “lavado” de la atmósfera durante la época de lluvias de la ZMVM (junio a octubre), la mayoría de los contaminantes atmosféricos presentan concentraciones bajas, lo que permite una mejor calidad del aire. No obstante, el análisis de la composición y propiedades del agua de lluvia, por medio del depósito húmedo, permite estimar el impacto que puede provocar en los ecosistemas y materiales (Recuadro 2.4.9).

Al evaluar el comportamiento del indicador de depósito acumulado para los compuestos del agua captada durante la época de lluvias del periodo 1997-2001, se aprecia que en 1998 se registró el mayor depósito de estos compuestos (ver Gráfica 2.4.28). Por el contrario, en 1997, cuando se registraron niveles bajos de precipitación pluvial, los compuestos de origen natural (K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ y Na⁺), tuvieron un menor depósito húmedo.

El año 2000 destaca por haber presentado niveles bajos del Ión Hidrógeno (H⁺), aun cuando los niveles de Ión Nitrato (NO₃⁻) y Ión Sulfato (SO₄²⁻) aumentaron. Al mismo tiempo, se presentó un aumento en el depósito de los compuestos de origen natural (K⁺, NH₄⁺, Mg²⁺ y Na⁺) (ver Gráfica 2.4.28).

El análisis del depósito mostró que la región comprendida por las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Alvaro Obregón, La Magdalena Contreras, Tlalpan y Coyoacán, y el municipio de Huixquilucan del estado de México, recibió la mayor cantidad de iones depositados. Esta región se caracteriza por recibir la mayor cantidad de precipitación pluvial. Por otro lado, la región que comprenden las delegaciones Gustavo A. Madero, Tláhuac y Milpa Alta, y el municipio de Tlalnepantla, se caracterizaron por registrar un menor depósito (ver Mapa 2.4.8).

Programas para mejorar la calidad del aire

La elaboración y ejecución de programas de mejoramiento de la calidad del aire inició desde 1990 y han involucrado tanto a las autoridades federales, estata-

CATIONES ANÁLIZADOS DEL AGUA DE LLUVIA EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

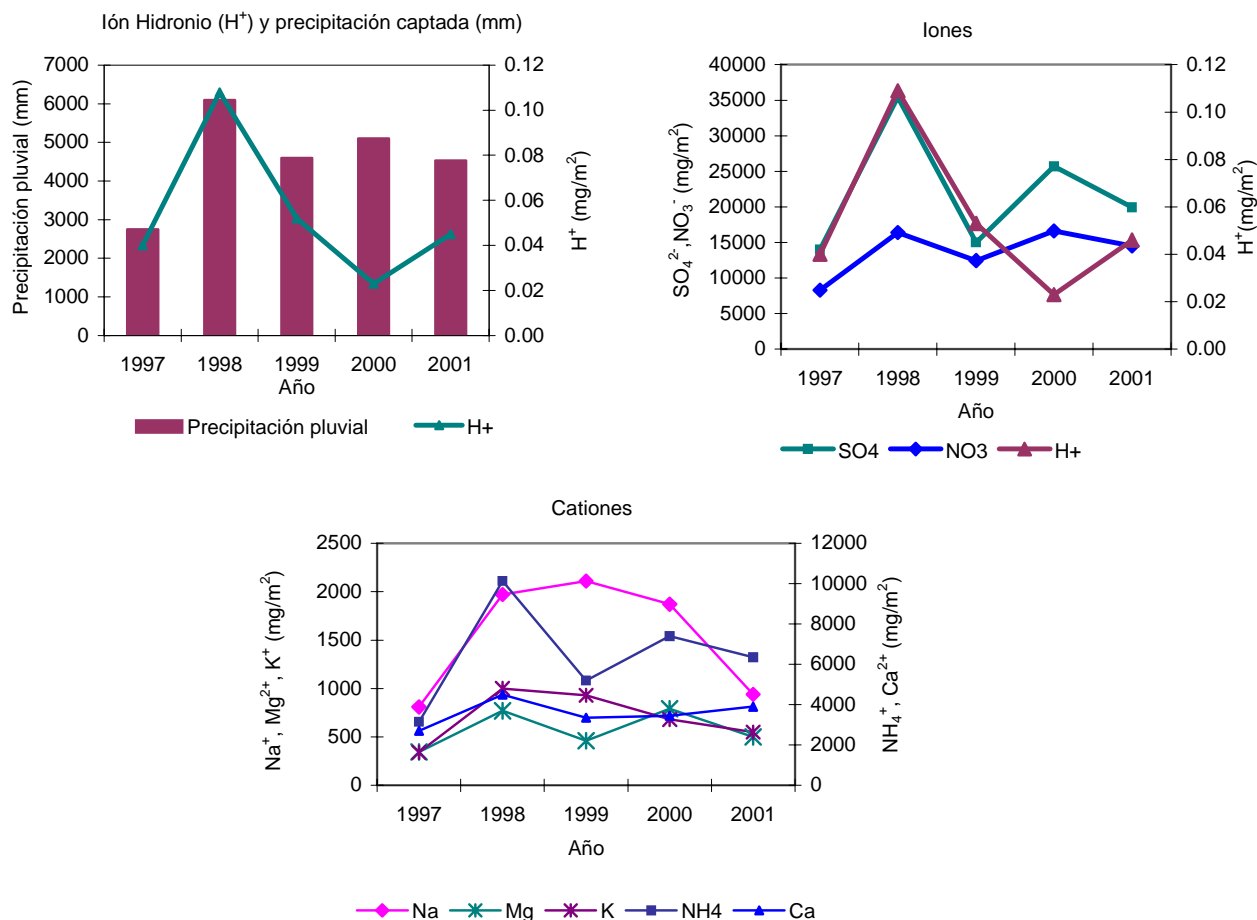
RECUADRO 2.4.9

Parámetro	Fuentes de origen	Precusores
Amonio (NH ₄ ⁺)	Producción ganadera, uso de fertilizantes, procesos industriales (elaboración de alimentos y forrajes), en menor proporción por flujo vehicular, combustión de carbón, actividad bacteriana y de la respiración humana, materia en descomposición abundante en tiraderos a cielo abierto.	Amoniaco
Calcio (Ca ²⁺)	Erosión del suelo, origen natural en rocas silíceas.	Suelos alcalinos
Magnesio (Mg ²⁺)	Erosión del suelo, origen natural en plantas, agua de mar y corteza terrestre.	Suelos ricos en magnesita y dolomita
Sodio (Na ⁺)	Erosión del suelo, polvos provenientes de la corteza terrestre.	Cloruro de sodio
Potasio (K ⁺)	Erosión del suelo e incendios, polvos provenientes de la corteza terrestre.	Combustión de material vegetal

FUENTE: Gobierno de Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

DEPÓSITO HÚMEDO PARA LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO
Serie anual de 1997 a 2001

GRÁFICA 2.4.28



FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

les y municipales, como a los sectores del transporte, energía y desarrollo urbano, entre otros, además de una participación amplia de la sociedad. El Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica en la ZMCM (PICCA) 1990 logró mejoras en la calidad de los combustibles tales como la reducción del contenido de azufre en el combustóleo y en el diesel, y una gasolina adecuada para vehículos con el convertidor catalítico (ver Recuadro 2.4.10).

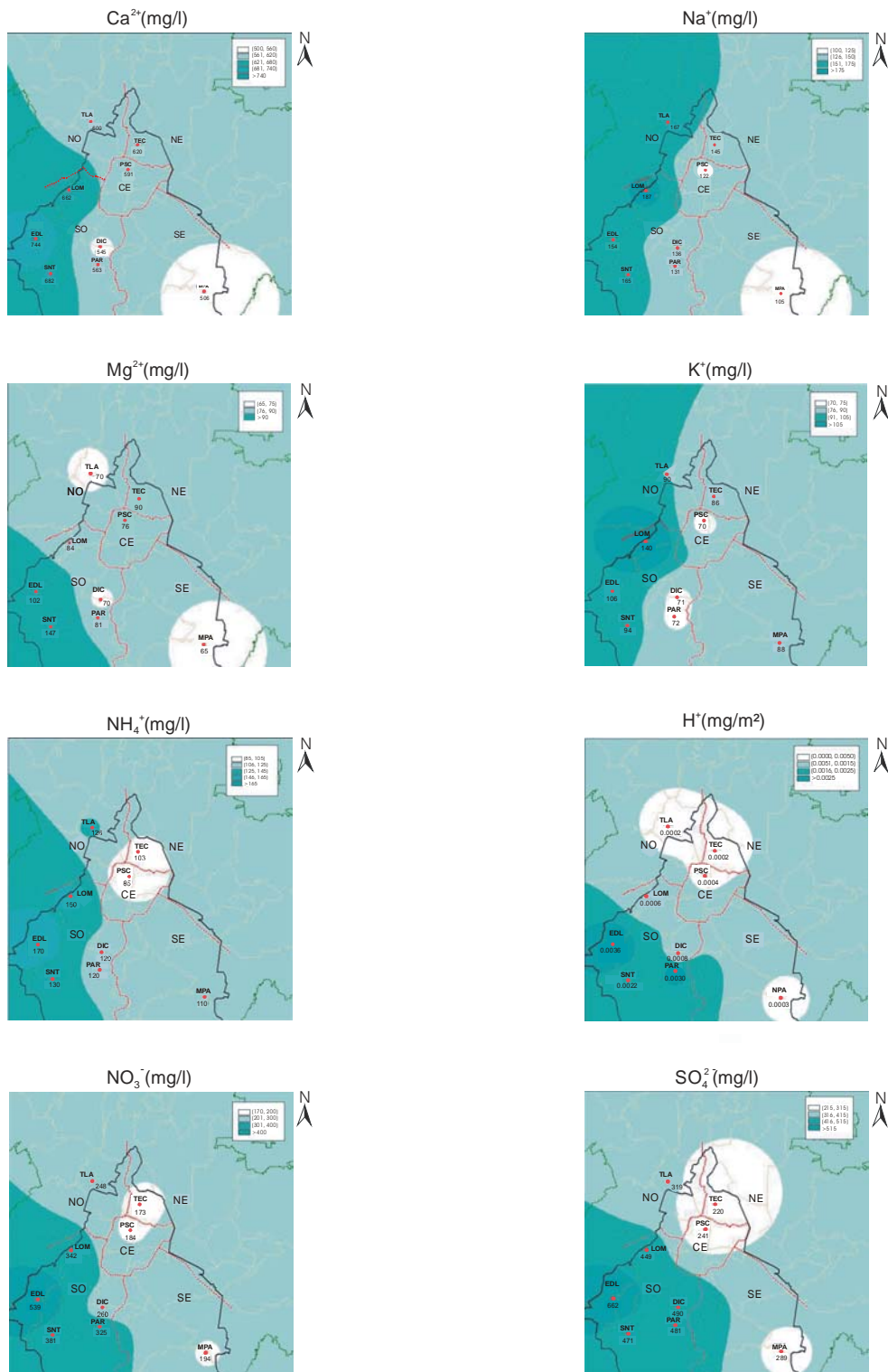
En el periodo 1995-2000, junto con el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000 (PROAIRE), se establecieron normas más estrictas para las emisiones vehiculares, la composi-

ción del gas LP y las emisiones de COV provenientes de pinturas domésticas y pintado automotriz. También se actualizaron los programas de verificación y restricción vehicular, lo mismo que de contingencias ambientales (ver Recuadros 2.4.11 y 2.4.12).

Actualmente, el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la ZMVM 2002-2010 (PROAIRE 2002-2010) tiene como objetivos la reducción de las concentraciones de contaminantes y de los niveles de ozono y PM₁₀ para cumplir las normas de protección a la salud. Como estrategia, se proponen 89 medidas para lograrlo, de las cuales poco más del 42% son para los vehículos y el transporte (ver Recuadro 2.4.13).

DEPÓSITO HÚMEDO DE LOS COMPUESTOS CAPTADOS EN AGUA DE LLUVIA Y EN ÉPOCA DE LLUVIAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2001

MAPA 2.4.8



10 5 0 10 20 kilómetros
Escala gráfica

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México.

PROGRAMA INTEGRAL CONTRA LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL VALLE DE MÉXICO (PICCA) 1990

RECUADRO 2.4.10

- Objetivos** Los esfuerzos del PICCA se dirigieron a la reducción de las emisiones del plomo, bióxido de azufre, monóxido de carbono, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, así como las partículas generadas por la destrucción de bosques, erosión de zonas deforestadas, tiraderos clandestinos y calles sin pavimentar.
- Estrategias**
- Mejoramiento de la Calidad de los Combustibles
 - Reducción de Emisiones en Vehículos
 - Modernización Tecnológica y el Control de Emisiones en Industrias y Servicios
 - Restauración Ecológica de las Áreas Boscosas que circundan el Valle de México
- Logros**
- Convertidores catalíticos de dos vías apartir del modelo 1991
 - Suministro de gasolina sin plomo
 - Se restringió el contenido de compuestos reactivos en la gasolina
 - Comercialización en 1993 de diesel de bajo azufre (0.05 % peso)
 - Se establecieron normas vehiculares que propiciaron los convertidores catalíticos de 3 vías en vehículos nuevos
 - Sustitución de combustóleo por gas natural en termoeléctricas de la ZMVM

FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE MÉXICO 1995 a 2000

RECUADRO 2.4.11

- Objetivos**
- Se busca lograr gradualmente, para el año 2000, menores niveles de contaminación durante el día y tener menos contingencias al año, como resultado de un abatimiento de 50% de las emisiones de hidrocarburos, 40% de óxidos de nitrógeno y 45 % de partículas suspendidas de origen antropogénico.
- Esto, se traduce en desplazar hacia la izquierda la distribución de frecuencias del IMECA, logrando que la media de esta distribución se reduzca de 170 puntos en la actualidad a un nivel de entre 140 y 150 puntos para el año 2000; y que se abata en un 75% la probabilidad de ocurrencia de contingencias por encima de los 250 puntos. Evidentemente, el mantenimiento del Programa de Contingencias Ambientales permitirá minimizar el número de días en que efectivamente el IMECA supere los 250 puntos al reducir las emisiones de contaminantes durante episodios de estancamiento atmosférico.
- De la misma forma, prácticamente se duplicará el número de días en que se cumple la norma (100 IMECA) En forma consecuente, se lograrán importantes beneficios para la salud de la población de la ZMVM, especialmente la de niños y grupos sensibles. Tan sólo en épocas invernales se espera, para el año 2000, una disminución de más de 300 000 casos de enfermedades respiratorias agudas.
- Metas**
- I.- Industria limpia Reducción de Emisiones por Unidad de Valor Agregado en la Industria y Establecimientos de Servicios.
- II.- Vehículos limpios Disminución de Emisiones por Kilómetro Recorrido
- III.- Nuevo orden urbano y transporte limpio Regulación del Total de Kilómetros Recorridos por los Vehículos Automotores.
- IV.- Recuperación ecológica Abatimiento de la Erosión.

FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

Como complemento de los programas anteriores, existe el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA), que se aplica en el Distrito Federal así como en 18 municipios conurbados de la zona metropolitana, de acuerdo con las NOM para las concentraciones de contaminantes y con base en el monitoreo continuo de la contaminación del aire. Se dan distintos niveles de activación y desactivación del PCAA, que pue-

den ser de una precontingencia y dos fases según las concentraciones de ozono y de PM_{10} .

En el periodo 1998 al 2002 el PCAA se aplicó sólo en su fase I y la máxima duración fue de 5 días. El día 15 de octubre de 1999, se registró el valor más alto del IMECA máximo con 272 en la delegación Álvaro Obregón (ver Recuadros 2.4.14 y 2.4.15).

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 130. Las disposiciones del presente capítulo son aplicables a las fuentes fijas y móviles de jurisdicción local.

Artículo 131. Para la protección a la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:

- I. Las políticas y programas de las autoridades ambientales deberán estar dirigidas a garantizar que la calidad del aire sea satisfactoria en el Distrito Federal; y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para la salud y bienestar de la población y el mantenimiento del equilibrio ecológico.
- II. Las emisiones de todo tipo de contaminantes a la atmósfera, sean de fuentes fijas o móviles, deben ser prevenidas, reguladas, reducidas y controladas, para asegurar una calidad del aire satisfactoria para la salud y bienestar de la población y el mantenimiento del equilibrio ecológico.

Artículo 132. Los criterios anteriores serán considerados en:

- I. La expedición de normas ambientales del distrito federal para la prevención y control de la contaminación de la atmósfera;
- II. La ordenación, regulación y designación de áreas y zonas industriales, así como en la determinación de los usos de suelo que establezcan los programas de desarrollo urbano respectivos, particularmente en lo relativo a las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes;
- III. La clasificación de áreas o zonas atmosféricas, de acuerdo a su capacidad de asimilación o dilución, y la carga de contaminantes que estos puedan recibir; y
- IV. El otorgamiento de todo tipo de autorizaciones, licencias, registros o permisos para emitir contaminantes a la atmósfera.

Artículo 133. Para regular, prevenir, controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría tendrá las siguientes facultades:

- I. Coordinarse con la Federación, entidades federativas y municipios de la zona conurbada para la planeación y ejecución de acciones coordinadas en materia de gestión de la calidad del aire;
- II. Elaborar un programa local de gestión de calidad del aire, sujeto a revisión y ajuste periódico;
- III. Requerir a los responsables de fuentes emisoras de su competencia, el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes, las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal, de conformidad con esta ley, la ley general, en materias de competencia local, y sus reglamentos;
- IV. Promover ante los responsables de la operación de fuentes contaminantes, la aplicación de la mejor tecnología disponible, con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera;
- V. Integrar y mantener actualizado el inventario de las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera de su competencia;
- VI. Establecer y operar sistemas de monitoreo de la calidad del aire en el Distrito Federal;
- VII. Expedir normas ambientales del Distrito Federal para regular las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles que no sean de jurisdicción federal, y las medidas de tránsito, y en su caso, la suspensión de circulación, en casos graves de contaminación;
- VIII. Elaborar y emitir un Pronóstico de la Calidad del Aire, en forma diaria, en función de los sistemas meteorológicos;
- IX. Expedir normas ambientales del Distrito Federal para regular las emisiones provenientes de fuentes fijas y móviles que no sean de jurisdicción federal, y las medidas de tránsito, y en su caso, la suspensión de circulación, en casos graves de contaminación;
- X. Tomar las medidas necesarias para prevenir, regular y controlar las contingencias ambientales por contaminación atmosférica.
- XI. Establecer y operar sistemas de verificación de emisiones de automotores en circulación, y en su caso, expedir la constancia de verificación de emisiones;
- XII. Aplicar las normas oficiales mexicanas y normas ambientales del Distrito Federal para la protección de la atmósfera en las materias y supuestos de su competencia;
- XIII. Requerir la instalación de equipos o sistemas de control de emisiones a quienes realicen actividades que las generen;
- XIV. Establecer y operar sistemas de verificación de emisiones de automotores en circulación, y en su caso, expedir la constancia de verificación de emisiones;
- XV. Proponer el monto de las tarifas que deberán cubrirse por los servicios de verificación de automotores en circulación;
- XVI. Llevar un registro de los centros de verificación de automotores en circulación, y mantener un informe actualizado de los resultados obtenidos;
- XVII. Entregar, cuando proceda, a los propietarios de vehículos automotores, el documento que acredite que dicha fuente no rebasa los límites máximos permisibles de emisión, conforme a las normas oficiales mexicanas y normas ambientales para el Distrito Federal; y
- XVIII. Fomentar la participación de la sociedad en el desarrollo de programas para impulsar alternativas de transporte que reduzcan el uso de vehículos particulares.

Artículo 134. Para prevenir y controlar la contaminación de la atmósfera, las Delegaciones, tomarán las medidas necesarias en coordinación con la Secretaría.

CONTROL DE EMISIONES CONTAMINANTES PROVENIENTES DE FUENTES FIJAS

Artículo 135. Para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción local que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá la Licencia Ambiental Única del Distrito Federal que expedirá la Secretaría a los interesados que demuestren cumplir con los requisitos y límites determinados en las normas correspondientes y cumplir además con las siguientes obligaciones:

- I. Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales locales correspondientes;
- II. Integrar un inventario anual de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;
- III. Instalar plataformas y puertos de muestreo en chimeneas para realizar la medición de emisiones en campo, de acuerdo a lo establecido en las normas correspondientes;
- IV. Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta la información que se determine en el reglamento, a fin de demostrar que opera dentro de los límites permisibles;
- V. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de combustión, de proceso y de control;
- VI. Dar aviso anticipado a la secretaria del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados y de inmediato en el caso de que éstos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación; y
- VII. Dar aviso inmediato a la Secretaría en el caso de falla del equipo o sistema de control.

La Secretaría, de conformidad con lo que establezca el reglamento de esta Ley, determinará los casos de fuentes fijas que por los niveles de emisión de contaminantes quedarán exentos del cumplimiento de las obligaciones a que se refiere este artículo.

(Continúa)

Artículo 138. En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas, la Secretaría establecerá las medidas preventivas y correctivas para reducir las emisiones contaminantes; y promoverá ante los responsables de operación de las fuentes, la aplicación de nuevas tecnologías con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera. Los responsables de las fuentes fijas podrán solicitar su exención al Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, a través del formato que determine la Secretaría y que además demuestre cumplir con el marco normativo vigente y programas de contingencias correspondientes, así mismo podrán solicitarla todas las fuentes fijas que operen y apliquen tecnologías encaminadas a la reducción de sus emisiones a la atmósfera.

CONTROL DE EMISIONES PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES

Artículo 139. La Secretaría podrá limitar la circulación de vehículos automotores en el Distrito Federal, incluyendo los que cuenten con placas expedidas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, por otras entidades federativas o por el extranjero, para prevenir y reducir las emisiones contaminantes, en los términos de las disposiciones jurídicas aplicables.

Artículo 140. Los propietarios o poseedores de vehículos automotores en circulación matriculados en el Distrito Federal, deberán someter sus unidades a la verificación de emisiones contaminantes, en los centros de verificación autorizados por la Secretaría dentro del periodo que le corresponda en los términos del programa de verificación vehicular obligatoria que al efecto se expida y, en su caso, reparar los sistemas de emisión de contaminantes y sustituir los equipos y dispositivos que no funcionen adecuadamente, en los términos que determine el Programa de Verificación correspondiente.

Artículo 141. El propietario o poseedor del vehículo deberá pagar al centro de verificación respectivo, la tarifa autorizada por la Secretaría en los términos del programa de verificación vehicular obligatoria para el Distrito Federal.

Artículo 142. El propietario o poseedor de un vehículo que no haya realizado la verificación dentro del periodo que le corresponda, de acuerdo al calendario establecido en el programa de verificación vehicular obligatoria que al efecto se expida, podrá trasladarse en un término de treinta días únicamente a un taller mecánico o a un Centro de Verificación, previo pago de la multa correspondiente, independientemente de la multa que establezca el Reglamento de Tránsito del Distrito Federal.

En caso que no se apruebe la verificación dentro del plazo señalado, o si durante el mismo el vehículo circula hacia un lugar distinto al taller o al Centro de Verificación, se duplicará la multa, una vez pagada, contará con un nuevo plazo de treinta días naturales a partir de su imposición para agredir dicho cumplimiento. De no presentarse éste dentro del plazo citado se duplicará la segunda multa señalada.

Artículo 143. Si los vehículos en circulación rebasan los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes fijados por las normas correspondientes, serán retirados de la misma por la autoridad competente, hasta que acredite su cumplimiento.

Artículo 144. El propietario o poseedor del vehículo que incumpla con las Normas Oficiales Mexicanas o las Normas Ambientales del Distrito Federal de acuerdo con el artículo anterior, tendrá un plazo de treinta días naturales para hacer las reparaciones necesarias y presentarlo a una nueva verificación. El vehículo podrá circular en ese período sólo para ser conducido al taller mecánico o ante el verificador ambiental.

Artículo 145. La Secretaría, en coordinación con las Secretarías de Transporte y Vialidad, y de Seguridad Pública podrán restringir y sujetar a horarios nocturnos el tránsito vehicular y las maniobras respectivas en la vía pública de los vehículos de carga, a fin de agilizar la circulación vehicular diurna y reducir, de esta forma, las emisiones contaminantes generadas por las fuentes móviles. Para estos efectos, el Jefe de Gobierno del Distrito Federal publicará el acuerdo correspondiente en la Gaceta Oficial. La Secretaría podrá otorgar permisos, autorizaciones y acreditaciones a fabricantes, distribuidores, importadores y talleres, para el servicio de diagnóstico, reparación, comercialización e instalación de dispositivos y equipos de reducción de emisiones contaminantes y de sistemas de gas, conforme a las convocatorias que al efecto emita, en las que se incluyan las condiciones y características a que deba sujetarse su actividad.

Artículo 146. Los vehículos que transporten en el Distrito Federal materiales o residuos peligrosos, deberán cumplir con los requisitos y condiciones establecidos en esta Ley y las demás disposiciones aplicables.

Artículo 147. Los vehículos matriculados en el Distrito Federal, así como de servicio público de transporte de pasajeros o carga que requieran de sistemas, dispositivos y equipos para prevenir o minimizar sus emisiones contaminantes, lo harán conforme a las características o especificaciones que determine la Secretaría.

Artículo 148. La secretaria, en coordinación con la Secretaría de Transporte y Vialidad, deberá publicar en la Gaceta Oficial las determinaciones referidas en el artículo anterior.

Artículo 149. Para prevenir y reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera, la Secretaría promoverá ante las autoridades competentes, programas de ordenamiento vial y de agilización del tránsito vehicular.

REGULACIÓN DE QUEMAS A CIELO ABIERTO

Artículo 150. Queda prohibida la quema de cualquier tipo de material o residuo sólido o líquido a cielo abierto salvo en los siguientes casos y previo aviso a la Secretaría:

- I. Para acciones de adiestramiento y capacitación de personal encargado del combate de incendios;
- II. Cuando con esta medida se evite un riesgo mayor a la comunidad o los elementos naturales, y medie recomendación de alguna autoridad de atención a emergencias; y
- III. En caso de quemas agrícolas, cuando medie autorización de alguna autoridad forestal o agropecuaria.

La Secretaría establecerá las condicionantes y medidas de seguridad que deberán de observarse.

DE LA CONTAMINACIÓN TÉRMICA, VISUAL Y LA GENERADA POR RUIDO, OLORES, VAPORES Y FUENTES LUMINOSAS

Artículo 151. Quedan prohibidas las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, gases, olores y vapores, así como la contaminación visual que rebasen las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal correspondientes. La Secretaría, en coordinación con las demarcaciones territoriales del Distrito Federal, adoptarán las medidas necesarias para cumplir estas disposiciones, e impondrán las sanciones necesarias en caso de incumplimiento.

Los propietarios de fuentes que generen cualquiera de estos contaminantes, están obligados a instalar mecanismos para recuperación y disminución de vapores, olores, ruido, energía y gases o a retirar los elementos que generan contaminación visual.

NOTA: Los artículos 136 y 137 fueron derogados (Gaceta Oficial del Distrito Federal del 10 de febrero de 2004).

FUENTE: "Ley Ambiental del Distrito Federal". Gaceta Oficial del Distrito Federal, México, DF, 2003. www.df.gob.mx (17 de noviembre de 2004).

PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002 a 2010

RECUADRO 2.4.13

Objetivos	Reducir los niveles de ozono y PM ₁₀ hasta alcanzar niveles que aseguren la protección a la salud. Continuar con la reducción de la concentración del resto de los contaminantes y/o asegurar que sus concentraciones en el aire se mantengan en niveles seguros, desde el punto de vista de la protección a la salud.
Metas	
Ozono	Eliminar las concentraciones de ozono superiores a 200 IMECA. Reducir el número de días en que las concentraciones de ozono se encuentren en el intervalo de 101 a 200 IMECA. Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).
Partículas menores a 10 micrómetros	Aumentar el número de días en que las concentraciones diarias de PM10 se encuentran dentro del límite establecido por la norma.
Carbono	Reducir el promedio anual de las concentraciones de PM10. Eliminar las concentraciones de monóxido de carbono que excedan el límite de 9 ppm (promedio de 8 horas). Reducir las concentraciones actuales de monóxido de carbono.
Bióxido de azufre	Reducir las concentraciones promedio diario de bióxido de azufre. Reducir la concentración promedio anual. Evitar la ocurrencia de picos extraordinarios asociados con el uso indebido de combustibles de alto contenido de azufre.
Bióxido de nitrógeno	Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).
Medidas	
Vehículos y transporte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a gasolina. 2. Reducción del contenido de azufre en la gasolina a 50 ppm. 3. Mejoramiento continuo del programa de verificación vehicular obligatoria. 4. Modernización y actualización del programa hoy no circula como incentivo para la renovación de la flota vehicular. 5. Rediseño del programa integral de reducción de emisiones contaminantes. 6. Adaptación de sistemas de control de emisiones a vehículos no equipados desde fábrica (RETROFIT). 7. Rediseño del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes y unidades sin verificar. 8. Renovación de la flota vehicular de transporte de pasajeros de baja capacidad. 9. Sustitución del transporte de pasajeros de mediana capacidad por vehículos nuevos de alta capacidad. 10. Establecimiento de disposiciones normativas y mecanismos de control para evitar la introducción de vehículos importados fuera de especificaciones ambientales. 11. Diseño e instrumentación de un programa de prueba de aditivos y dispositivos anticontaminantes incluyendo un protocolo de pruebas y procedimientos administrativos. 12. Establecimiento y aplicación de límites de emisión más estrictos para vehículos nuevos a diesel. 13. Reducción del contenido de azufre en el diesel. 14. Actualización del programa de verificación de vehículos a diesel a nivel federal y homologación con los Estados Unidos de América y Canadá. 15. Instrumentar un programa de sustitución de motores y trenes motrices de vehículos a diesel y/o retroadaptación de sistemas de control de emisiones. 16. Revisión y reforzamiento del programa de autorregulación de vehículos a diesel. 17. Diseño, evaluación y/o ejecución de proyectos piloto demostrativos. 18. Expansión de la red de estaciones de recarga de gas natural comprimido (GNC). 19. Introducción de vehículos eléctricos. 20. Establecimiento de corredores de transporte. 21. Eliminación de vehículos contaminantes de mayor edad de uso privado. 22. Renovación de autobuses de la red de transporte de pasajeros (RTP) y del servicio de transportes eléctricos (STE). 23. Renovación de la flota de transporte de carga local. 24. Regulación del horario de circulación para los vehículos de carga. 25. Expansión del metro. 26. Establecimiento de una red de trenes suburbanos. 27. Ampliación de la red de trolebuses y tren ligero. 28. Localización de taxis en bases. 29. Elaboración de estudios de volúmenes y movilidad en el transporte público de pasajeros en la ZMVM. 30. Fomento del uso de combustibles alternativos en vehículos del sistema de transporte público de pasajeros.

(Continúa)

PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002 a 2010

RECUADRO 2.4.13

Medidas	
Vehículos y transporte	<ul style="list-style-type: none"> 31. Implantación del registro estatal del transporte público. 32. Programa integral para el transporte público de carga. 33. Promoción de rutas directas o exprés, locales y metropolitanas. 34. Modernización de los sistemas de gestión del tránsito metropolitano. 35. Promoción de la gestión y coordinación para la pavimentación de vialidades en zonas marginadas de la ZMVM. 36. Fomento a la gestión y coordinación para la construcción de anillos y libramientos en la ZMVM. 37. Fomentar la coordinación para mejorar la infraestructura vial metropolitana. 38. Gestión y coordinación para mejorar la construcción y modernización de los paraderos de la ZMVM.
Industria	<ul style="list-style-type: none"> 39. Reconversión energética en la industria. 40. Control de emisiones de contaminantes en el sector industrial. 41. Instrumentación de programas de producción más limpia. 42. Consolidación del sistema integrado de regulación de la industria (SIRG). 43. Fortalecimiento de los programas de autorregulación en la industria. 44. Fortalecer las actividades de inspección y vigilancia en la industria. 45. Disminución de emisiones generadas por las plantas de energía eléctrica situadas en la ZMVM.
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> 46. Reducción de emisiones de hidrocarburos en lavanderías de lavado en seco. 47. Mecanismos de autorregulación y mejoramiento de la gestión ambiental en pequeños y medianos establecimientos. 48. Capacitación en prácticas eficientes de combustión en establecimientos comerciales y de servicios que cuenten con calderas. 49. Reducción de emisiones por fugas de gas LP en instalaciones domésticas de la ZMVM. 50. Verificación de los sistemas de recuperación de vapores instalados en las estaciones de servicio. 51. Regulación de las actividades de extracción en bancos de materiales pétreos no consolidados. 52. Lineamientos del uso de combustibles y la operación de hornos artesanales para la fabricación de tabique. 53. Promover el uso de energía solar en sustitución de combustibles fósiles. 54. Promover y desarrollar instrumentos económicos de fomento ambiental para los establecimientos industriales y de servicios en la ZMVM.
Conservación de recursos naturales	<ul style="list-style-type: none"> 55. Instrumentación de programas de ordenamiento ecológico. 56. Refuerzo de los instrumentos legales en materia de uso del suelo. 57. Control y ordenamiento de los asentamientos humanos. 58. Contención del crecimiento de la mancha urbana en el área rural de la ZMVM. 59. Proteger, inspeccionar y vigilar los recursos naturales. 60. Mejorar la prevención y combate de incendios forestales. 61. Inversión ambiental para la vigilancia social del suelo del área rural de la ZMVM, mediante el pago compensatorio por servicios ambientales. 62. Monitoreo del estado de conservación de los recursos naturales en la ZMVM. 63. Manejo de áreas naturales protegidas. 64. Programa de recuperación de hábitats a través de la plantación de especies adecuadas. 65. Saneamiento y restauración de recursos naturales. 66. Recuperación, restauración, conservación y ampliación de las áreas verdes urbanas de la ZMVM. 67. Programa de capacitación, instrumentación y establecimiento de esquemas de financiamiento para la producción agropecuaria y forestal sustentable. 68. Proyecto de conservación ecológica de la Zona Metropolitana del Valle de México. 69. Programa de recuperación de suelos erosionados en la cuenca oriental del Valle de México.
Protección de la salud	<ul style="list-style-type: none"> 70. Modernización y actualización del programa de contingencias ambientales atmosféricas (PCAA). 71. Comunicación de las medidas particulares para reducir la exposición de la población a la contaminación. 72. Implementación de un programa de percepción social y comunicación de riesgos. 73. Actualización de la evaluación de costos económicos asociados a efectos en salud. 74. Desarrollo de un sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica. 75. Creación y revisión de normas de calidad del aire. 76. Fortalecimiento de la investigación de efectos de la contaminación atmosférica en la salud en la ZMVM. 77. Evaluación de efectos en la salud asociados con fuentes puntuales de emisión de contaminantes.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> 78. Subprograma de educación ambiental formal. 79. Subprograma de educación ambiental no formal. 80. Subprograma de información, formación y capacitación ambiental. 81. Subprograma de comunicación y difusión educativa ambiental.
Fortalecimiento institucional	<ul style="list-style-type: none"> 82. Elaborar la caracterización y diagnóstico de los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, ubicados en la ZMVM. 83. Integración de un comité metropolitano de evaluación y seguimiento de nuevas tecnologías para el control de emisiones atmosféricas.

(Continúa)

PROGRAMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002 a 2010

RECUADRO 2.4.13

Medidas

- Fortalecimiento institucional
- 84. Elaborar los reglamentos de la Ley Ambiental del Distrito Federal en materia de fuentes fijas y móviles.
 - 85. Actualización del inventario de emisiones.
 - 86. Reactivación del fideicomiso ambiental del Valle de México.
 - 87. Modernización de la red automática de monitoreo atmosférico.
 - 88. Fortalecimiento del registro de emisiones y transferencia de contaminantes en la ZMVM.
 - 89. Investigación de la calidad del aire en el Valle de México 2002-2010.

FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

NIVELES DE ACTIVACIÓN Y DESACTIVACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS (PCAA) EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 2002

RECUADRO 2.4.14

Fase tipo	Contaminante	Nivel IMECA	
		Activación	Desactivación
Precontingencia	Ozono	Entre: 200 y 240	Menor a: 180
	PM10	Entre: 160 y 175	Menor a: 150
Fase I	Ozono	Mayor a: 240	Menor a: 180
	PM10	Mayor a: 175	Menor a: 150
Combinada	Ozono y PM ₁₀	Registro simultáneo de niveles mayores a 225 de O ₃ y 125 de PM ₁₀	Ozono menor a 180
Fase II	Ozono	Mayor a: 300	Menor a: 180
	PM10	Mayor a: 250	Menor a: 150

FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

CONTINGENCIAS AMBIENTALES ATMOSFÉRICAS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO 1998 a 2002

RECUADRO 2.4.15

Zona de Aplicación	ZMVM	Estación	Fecha / hora	Valor IMECA / Valor máximo	Fase aplicada y duración
SO	Coyoacán	Pedregal - DF	25-05-98 / 14:00 Hrs	251 / 251	Fase I / 5 días
SO ^a	Coyoacán	Pedregal - DF	05-06-98 / 14:00 Hrs	243 / 251	Fase I / 1 días
NE	Ecatepec	San Agustín	06-10-98 / 14:00 Hrs	243 / 243	Fase I / 1 días
NO	Naucalpan	ENEP Acatlán	03-12-98 / 15:00 Hrs	262 / 262	Fase I / 3 días
NE ^d	Nezahualcóyotl	Nezahualcóyotl	19-12-98 / 03:00 Hrs	179 / 230	Fase I / 3 días
SO	Coyoacán	Pedregal - DF	11-01-99 / 17:00 Hrs	262 / 262	Fase I / 3 días
NO	Azcapotzalco	Azcapotzalco - DF	11-03-99 / 17:00 Hrs	242 / 242	Fase I / 1 días
SO	Alvaro Obregón	Plateros	15-10-99 / 15:00 Hrs	272 / 272	Fase I / 1 días
SE ^c	Tláhuac	Tláhuac	30-01-00 / 07:00 Hrs	185 / 385	Fase I / 2 días
SO ^a	Coyoacán	Pedregal - DF	18-09-02 / 16:00 Hrs	242 / 242	Fase I / 1 días

^a La aplicación del PCAA será a partir del nuevo criterio, acordado el 29 de mayo 1998 que es de 241 puntos IMECA de O₃.

La Norma de Calidad del Aire para PM₁₀ es de 150 ug/m³ en 24 Hrs.

^b Aplicación por partículas bajo el criterio de 175 puntos IMECA de PM₁₀

^c La aplicación de la Fase I fue de carácter regional por PM₁₀.

FUENTE: Gobierno del Estado de México. Secretaría de Ecología.

Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático Global de las Naciones Unidas (IPCC), declaró que el sistema climático mundial experimenta alteraciones asociadas a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por otro lado, estudios recientes de la ZMVM, concluyen que esta región contribuye con el 7.8 % de las emisiones de GEI del país, siendo el centro de población con mayores emisiones de este tipo de gases a escala nacional, así como una de las zonas de mayor vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático global.

En este contexto, y bajo el imperativo de ampliar la agenda ambiental a temas tradicionalmente poco tratados como lo es el de cambio climático, se crea la Subdirección de Gestión Ambiental y Cambio Climático como parte de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, con la responsabilidad de elaborar e instrumentar la Estrategia de Acción Climática del Distrito Federal (EACLDF), así como, diseñar, implementar y evaluar proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía y del agua, en los sectores industrial, de servicios y vivienda (Recuadro 2.4.16)

La ELACDF se conforma con el propósito de conjuntar las diversas opciones para reducir las emisiones GEI y está enmarcada en los principios de la Conven-

ción Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y se basa en que el conjunto de acciones locales suman sus efectos en el sistema climático global y contribuyen a la reducción de GEI. También se apoya en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la ZMVM 2002-2010 y en el Programa de Restauración Ecológica del Suelo de Conservación del Distrito Federal.

En México no existe la normatividad específica para el control de las emisiones de GEI, las normas vigentes para limitar otros contaminantes influyen positivamente reduciendo la formación de los GEI. Internacionalmente se han establecido algunos parámetros y normas con el fin de reducir las emisiones de GEI (ver Recuadro 2.4.17).

Aunque la ELACDF se establece para la entidad, abarca el contexto regional, trascendiendo los límites territoriales. También incluye aspectos de riesgo y vulnerabilidad a los que está expuesta la ciudad de México, advirtiendo que la infraestructura local para la atención de desastres naturales provocados por el Cambio Climático (CC) es aún muy deficiente y limitada. Por lo cual, se han definido las medidas de adaptación que la ciudad deberá seguir para prevenir los efectos del CC (ver Recuadro 2.4.18).

Las medidas de mitigación serán instrumentos eficaces, si se establecen con el conocimiento y com-

LÍNEAS DE TRABAJO Y OBJETIVOS DE LA ESTRATEGIA LOCAL DE ACCIÓN CLIMÁTICA DEL DISTRITO FEDERAL

RECUADRO 2.4.16

Líneas de trabajo y objetivos

1. Establecimiento de un inventario de emisiones de GEI para el Distrito Federal, con base en la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático Global de las Naciones Unidas (IPCC), adecuado a la escala local.
2. Definición de una línea base de emisiones de GEI asociadas al consumo de energía y la captura de carbono.
3. Identificación de las medidas y acciones planteadas en el PROAIRE 2002-2010 que contribuyen a la reducción de emisiones de GEI y cuantificación de sus efectos.
4. Identificación y valoración de los factores de vulnerabilidad de la ciudad de México al cambio climático.
5. Análisis de las tendencias de las emisiones de GEI y escenarios para la ciudad de México.
6. Análisis de la adaptabilidad de la ciudad de México a los efectos del cambio climático e identificación de medidas de adaptación.
7. Identificación de medidas de mitigación de las emisiones de GEI.
8. Definición de estrategias, medidas y acciones para la reducción de emisiones de GEI en el Distrito Federal.
9. Propuesta para el establecimiento de una oficina del Gobierno del Distrito Federal que impulse proyectos dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. "Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal". México, DF, 2004. (disco compacto).

NORMAS INTERNACIONALES RELACIONADAS CON LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO

RECUADRO 2.4.17

Norma y País	Título	Parámetro
Núm. 1029 European Environmental Agency 1990	Valor límite para la concentración de CH ₄ en la atmósfera	Estabilización de emisiones de CH ₄ al nivel que se presentaban en 1990
Núm. 1390 European Environmental Agency 1992	Límite de emisión de gases de efecto invernadero	22,804 Mt/año de CO ₂ equivalente, en combinación con otros GEI
Núm. 1025 European Environmental Agency Japón enero 2002	Valor máximo permisible para el incremento de temperatura Ley para la promoción de medidas para mitigar el calentamiento global	0.1°C por década CH ₄ , N ₂ O, CO y CO ₂
GOST 17.2.3.01-86 Rusia	Estándar de calidad del aire para la presencia de NO ₂ en la atmósfera para la protección de la naturaleza	NO ₂ 0.04 mg/m ³ anual
GOST 17.23.3.01-86 Rusia	Estándar de calidad del aire para la presencia de NO ₂ en la atmósfera para la protección de la naturaleza	NO ₂ 0.05 mg/m ³ mensual
European Environmental Agency 1986	Valor máximo permitido para la concentración de NO ₂ en la atmósfera	NO ₂ 80 microgramos/m ³
Núm. 5516 Unión Europea	Importación y venta de productos y equipos que contienen HFC	CERO contenido para el año 2000
Núm. 3379 Unión Europea 1994	Prohibición de venta de vehículos sin convertidor catalítico	
Núm. 5543 Unión Europea	Prohibición para el uso de clorofluorocarbonos	CERO después de 2025
Ley 1 marzo 1993 Francia	Valor límite para emisiones de NO _x	500 mg/m ³
1994.11.17 Eslovenia	Límite de emisión de NO _x para la industria del cemento, cerámica y ladrillos	1300-1800 mg/m ³
Núm. 3272 Unión Europea	Límite de emisión para NO ₂ de aparatos domésticos que utilizan gas	500 mg
EPA 335-3-7	Control de la concentración de NO ₂	NO ₂
EPA 335-3-9	Emisiones vehiculares	NO ₂ , CO, CO ₂
335-3-7-01 Estado de Alabama	Emisiones de NO ₂ en la producción de metales	NO ₂
335-3-7-02 Estado de Alabama	Emisiones de NO ₂ en el cracking de petróleo	NO ₂
IPCC 1996 Japón 1996	Prohibición para el uso de CFC	CFC, HFC
Proyecto Kobelco Japón 1998	Ley para el reciclamiento de productos del hogar	HFC

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. "Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal". México, DF, 2004. (disco compacto).

ACCIONES DE ADAPTACIÓN POR EFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO FEDERAL

RECUADRO 2.4.18

Sector	Impacto	Acciones de adaptación	Propuesta
1. Agua	ALTO Limitaciones para su abasto	Creación del SACM	Elaborar estrategia a largo plazo para la gestión integral del agua
	Contaminación de acuífero, y cuerpos de agua	Norma Ambiental para la Recarga Artificial del Acuífero	
	Afectación a otras cuencas	Revisión del sistema de tarifas del agua	
	Anticuada y en mal estado de la infraestructura Hidráulica	Racionalización / Ciudadana	
2. Ecosistemas	ALTO	Fuentes alternativas de abasto	Programa para la Venta de Carbono Capturado por Reforestación
	Degradación y pérdida de continuidad	Establecimiento y fortalecimiento del Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SANP)	
	Pérdida de biodiversidad	Gestión ambiental territorial	CEFOCAR
	Incendios forestales	Declaratorias de REC	
	Erosión	Fortalecimiento del Sistema de Vigilancia Ambiental	
	Plagas y enfermedades	Política de diálogo y pacto con las comunidades originarias	
	Pérdida de grandes extensiones boscosas	Impulso del manejo de los recursos naturales con enfoque sistémico	
Rompimiento del ciclo hidrológico	Difusión del valor de las zonas de conservación		
3. Desarrollo rural (actividades agropecuarias)	Propagación de plagas y enfermedades	Norma Ambiental de Agricultura Ecológica	CEFOCAR
	Sequía	Aplicación de los programas de incentivos económicos con criterios ambientales	
	Lluvias torrenciales Contaminación de tierras	Nuevas prácticas agropecuarias	
4. Energía	Excesivo consumo de energía en vehículos y hogares	Inventario de Emisiones de GEI	Proyectos de Normas de calentamiento solar
	Cortes y suspensión del suministro eléctrico	Propuesta de estudio de vulnerabilidad de la ZMVM	
	Contaminación atmosférica	Precalentamiento solar del agua en deportivos Cuantificación de reducción de emisiones de GEI por programas y proyectos del GDF	

(Continúa)

ACCIONES DE ADAPTACIÓN POR EFECTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DISTRITO FEDERAL

RECUADRO 2.4.18

5. Asentamientos humanos y equidad	Inundaciones	Manejo integral, sistémico de los recursos naturales para evitar inundaciones, deslaves y azolve del drenaje	Programa de mejoramiento y sustitución del arbolado de alto riesgo y del eucalipto
	Derrumbes	Norma de Podas y trasplantes	
	Hundimientos	Norma de Áreas Verdes Urbanas (En elaboración)	
	Afectación a la infraestructura Urbana	Programa de Protección Civil	
	Vientos intensos / caídas de árboles, techos y espectaculares	Programa de movilidad de habitantes en edificios y lugares en riesgo	
	Tormentas eléctricas	Programa anual "En frío invierno, calor humano"	
	Fríos extremos	Programas delegacionales "Crecimiento cero"	
6. Salud	Nuevas enfermedades	Programa de abasto de medicinas	Investigación
	Expansión y propagación de enfermedades por vectores		Consolidar infraestructura de salud
	Infraestructura de salud deficiente e insuficiente Personal no suficientemente capacitado para las situaciones extremas		
7. Información, formación y capacitación	Vivir las evidencias del CC sin contar con la información ni la comprensión de lo que ocurre.	Incluir en los planes de estudio de todos los niveles educativos lo referente al CC, su origen y sus efectos	Campaña permanente de información y difusión sobre CC
	Accidentes y situaciones de riesgo por no saber qué hacer en eventos extremos climatológicos	Elaboración de materiales educativos que estimulen esquemas de disminución del uso del automóvil	Centro de información y asesoría sobre el CC
	Elaboración de cartillas informativas sobre el qué hacer ante eventos climatológicos extremos	Centro de Investigación sobre el CC y sus efectos en la ZMCM	

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. "Estrategia Local de Acción Climática del Distrito Federal". México, DF, 2004. (disco compacto).

promiso de todos los sectores que participan en la implantación, ejecución y seguimiento de los proyectos específicos para reducir las emisiones de GEI, así como para aumentar la fijación del carbono en contenedores. Con base en el inventario local de emisiones GEI, se formuló una metodología y una

jerarquización de proyectos, implementando algunos de éstos, tanto para el área urbana como para el suelo de conservación del Distrito Federal, de los cuales se tienen distintos resultados y proyecciones futuras del comportamiento de las reducciones de GEI (ver Cuadro 2.4.32).

**REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL DISTRITO FEDERAL
POR PROGRAMAS Y PROYECTOS EN EJECUCIÓN
2001 y 2002**
(Toneladas de CO₂ equivalente/año)

CUADRO 2.4.32

Programas y proyectos en ejecución	Total	2001	2002
Total	1 239 921	580 857	659 064
Programa Hoy No Circula	542 075	282 935	259 140
Conversión de microbuses a gas natural comprimido	0	0	0
Renovación de taxis	0	0	0
Lámparas ahorradoras en el sector residencial	147 263	34 487	112 776
Conversión de gas licuado de petróleo a gas natural en viviendas	393 699	195 574	198 125
Sustitución de iluminación en comercios y servicios	35 767	7 636	28 131
Sistema de administración ambiental	0	0	0
Sustitución de iluminación pública	2 835	993	1 842
Programa de separación de residuos	0	0	0
Quema de biogas en relleno sanitario "Prados de la montaña"	100 570	50 411	50 159
Norma de calentamiento solar en albercas	0	0	0
Prevención y combate de incendios forestales	17 712	8 821	8 891

FUENTE: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría del Medio Ambiente. "Estrategia Local de Acción Climática de la Ciudad de México". México, DF, 2004. (disco compacto).

