

## CAPÍTULO 1. CAUSAS Y EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN LA ZMVM

La ZMVM concentra la mayor población del país (INEGI, 2001) y gran parte de las actividades comerciales e industriales. Esto ha propiciado un acelerado deterioro ambiental que se traduce en problemas de abastecimiento de agua potable, drenaje, disposición y tratamiento de desechos domésticos e industriales, deforestación, contaminación del aire, agua y suelo, además de un notable decremento en la calidad de vida de sus habitantes (Ward P., 1991).

Cada día cobra más importancia la influencia del ambiente en la salud de la población. Estos efectos comprenden tanto aquéllos que se generan en el entorno familiar como los que se producen en la atmósfera y afectan a toda la población (FUNSALUD, 1994). La gestión para mejorar la calidad del aire en esta metrópoli comenzó a ser relevante en la segunda mitad de la década de los 80, con el desarrollo de una red de monitoreo y otras iniciativas para controlar emisiones vehiculares (DDF, 1990). Precisamente en el año de 1988 se dió un paso importante con la creación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (SEMARNAP, 1997).

El conocimiento de la perturbación del ambiente y sus repercusiones sobre la salud, que han arrojado investigaciones nacionales e internacionales, han permitido definir los objetivos de los programas para mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

El primer programa para abatir la contaminación atmosférica fue el Programa Coordinado para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PCMCA). Este programa se elaboró en 1979, se considera que sus objetivos y metas no se lograron, debido a que la contaminación del aire aumentó después de su entrada en operación (Lezama, 2000). Posteriormente, en octubre de 1990 se elaboró el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica (PICCA), como un esfuerzo sistemático basado en un mayor conocimiento y sustento técnico. En 1995 se estructuró el Programa para mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México (PROAIRE 1995-2000), con el objetivo de reducir el número de días con contingencia ambiental para proteger la salud de la población (DDF, 1990; CAM, 1996; Molina T. and Molina J., 2002 ).

A principios del año 2002 se inició el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de la ZMVM 2002–2010 (PROAIRE, 2002–2010), con el objetivo de proteger la salud humana de los efectos causados por la contaminación del aire, reduciendo los niveles actuales de emisiones y evitando que la población se exponga a concentraciones de riesgo, por ozono y partículas suspendidas (CAM, 2002, disponible en Internet; Molina T. and Molina J., 2002).

El impacto que han tenido estos programas se refleja en la disminución de los niveles de algunos contaminantes criterio<sup>1</sup>; sin embargo, la ZMVM aún se considera como una de las metrópolis más contaminadas, debido principalmente a los niveles de O<sub>3</sub> y partículas que se registran en su atmósfera<sup>2</sup>.

Para comprender el fenómeno de la contaminación del aire es necesario conocer los patrones espaciales y temporales de las emisiones contaminantes, por considerarse la raíz del problema; así como de los procesos químicos, físicos y meteorológicos de la atmósfera; los efectos en la salud de la población y el número de personas expuestas; además del impacto en los ecosistemas.

Un esquema de "causa–efecto" como el que propone la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) permite integrar el conocimiento de estas variables como fuerzas

---

<sup>1</sup> Se denominan contaminantes criterio del aire a aquellas sustancias presentes en el aire ambiente que son abundantes, se encuentran por lo general en las zonas urbanas y para los cuales se han establecido concentraciones máximas permisibles (normas para protección de la salud), arriba de los cuales se tienen efectos nocivos a la salud. Los contaminantes criterio actuales son el ozono, el bióxido de azufre, el monóxido de carbono, el bióxido de nitrógeno, las partículas suspendidas totales, las partículas menores a 10 micrómetros y el plomo.

<sup>2</sup> Es importante señalar que en la ZMVM no se realizan actualmente mediciones sistemáticas de contaminantes con mayor toxicidad, como es el caso de los hidrocarburos y las partículas menores a 2.5 micrómetros (PM<sub>2.5</sub>).

motrices y de presión, las cuales inciden en el estado del recurso aire y en el bienestar de la población, al afectar su salud y calidad de vida (Figura 1).

**Figura 1.** Esquema causa–efecto de la OCDE.



Fuente: Briggs, Corvalán and Nurminen, 1996.

## Fuerzas motrices

Desde tiempos precolombinos la Ciudad de México se destacó por concentrar la mayor población del país y de toda mesoamérica. A lo largo de su historia ha fluctuado su poblamiento y urbanización, debido al comportamiento de los fenómenos demográficos (mortalidad, fecundidad y migración), la estabilidad política y centralización administrativa, los servicios urbanos, la especialización económica y tecnológica (Lezama J. L., 1997; Molina T. and Molina J., 2002).

Este proceso de expansión se aceleró en la década de los 50, su superficie aumentó de 22,960 ha. en 1950 a 41,010 ha. en 1960 (Tabla 1). Actualmente se estima que la ZMVM<sup>3</sup> abarca 145,000 ha. y tiene una población aproximada de 18.2 millones de habitantes (CAM, 2002, disponible en Internet), el pronóstico del crecimiento de la mancha urbana en el Distrito Federal ilustra la presión que se ejercerá sobre las áreas de conservación ecológica (Figura 2).

**Figura 2.** Pronóstico del crecimiento de la mancha urbana en el Distrito Federal.



Fuente: Desarrollo Sustentable de la Ciudad de México, Presentación de la Dirección General de Proyectos Ambientales de la SMA en DPN – Solar Forum

<sup>3</sup> El PROAIRE 2002–2010 indica que la ZMVM comprende las 16 delegaciones del Distrito Federal y 18 municipios del Estado de México (CAM, 2002); en el Programa de Contingencias Atmosféricas se consideran 18 municipios (Gaceta del GEM, 22 de diciembre de 1999, disponible en Internet) y el INEGI define 34 municipios para fines geoestadísticos (INEGI, 2001).

**Tabla 1.** Población y superficie en el área urbana de la ZMVM.

Año	Población (miles)	Superficie (ha)
1950	2,953	22,960
1960	5,125	41,010
1970	8,816	68,260
1990	15,047	121,320
2000	18,210	145,000

Fuente: CAM, 2002.

## Presión

En 1998 el Distrito Federal concentraba el 22.6% del Producto Interno Bruto (PIB) del país. En esta contribución al PIB destaca la prestación de servicios<sup>4</sup>, mientras que las actividades primarias son prácticamente inexistentes (INEGI, 2001). El sostenimiento de estas actividades económicas para mantener el bienestar de la población, requiere del uso intensivo de combustibles fósiles por parte de 3,087,001 vehículos, alrededor de 30,000 industrias y 170,000 servicios.

Por otra parte, se ha propiciado el deterioro y transformación del entorno, debido a la conversión de suelo forestal a suelo de uso agrícola, industrial, habitacional o comercial, además de la erosión de las áreas periféricas (GDF, 1999c; INEGI, 2000; CAM, 2002, disponible en Internet). Como se observa en la Tabla 2, las estimaciones actuales de las emisiones de contaminantes provenientes de diferentes sectores, indican que el 40% de las emisiones de partículas menores a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) provienen del suelo y la vegetación, seguidas de las fuentes móviles con el 36% (CAM, 2002, disponible en Internet).

Este último sector es responsable del 98 y 80% de las emisiones de monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) respectivamente. En el caso de los hidrocarburos totales (HC), las fuentes móviles generan el 40% de sus emisiones, mientras que el 52% son generados por fuentes de área (Tabla 2).

Por su parte, el 55% de las emisiones de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) corresponden a las fuentes puntuales, seguidas de las fuentes de área y de las fuentes móviles, con 24% y 21% respectivamente (Tabla 2).

**Tabla 2.** Emisión total de contaminantes por fuente, 1998.

SECTOR	PM <sub>10</sub> (ton/año) (%)		SO <sub>2</sub> (ton/año) (%)		CO (ton/año) (%)		NO <sub>x</sub> (ton/año) (%)		HC (ton/año) (%)	
FUENTES PUNTUALES	3,093	16	12,442	55	9,213	0.5	26,998	13	23,980	5
FUENTES DE AREA	1,678	8	5,354	24	25,960	1.5	9,866	5	247,599	52
VEGETACIÓN Y SUELOS	7,985	40	N/A	N/A	N/A	N/A	3,193	2	15,669	3
FUENTES MÓVILES	7,133	36	4,670	21	1,733,663	98	165,838	80	187,773	40
TOTAL	19,889	100	22,466	100	1,768,836	100	250,885	100	475,021	100

Fuente: CAM, 2002.

N/A. No aplica.

Estas estimaciones destacan la importancia de controlar las emisiones provenientes de las fuentes móviles, especialmente los autos particulares, taxis, microbuses y el transporte de carga que son los tipos de vehículos más contaminantes. La Tabla 3 muestra la importancia de los autos particulares, ya que representan el 79.1% del parque vehicular de la ZMVM, seguidos del transporte de carga mercantil con el 11.9%.

<sup>4</sup> Durante 1998, la aportación al PIB Nacional por parte del D. F. fue del 22.6% y por el Edo. Méx. del 10.6%, con la siguiente distribución por grandes divisiones (D.F. – GEM): Servicios Comunales, Sociales y Personales 30.8% – 14.9%; Comercio, Restaurantes y Hoteles 21.7% – 20%; Industria Manufacturera 19.4% – 33.6%; Servicios Financieros, Seguros, Actividades Inmobiliarias y de Alquiler 18.8% – 14.4% (INEGI, 2001).

**Tabla 3.** Composición del parque vehicular en la ZMVM, 2001.

TIPO	Distrito Federal		Estado de México		ZMVM	
	Número	%	Número	%	Número	%
AUTOS PARTICULARES	1,724,498	70.6	718,135	29.4	2,442,633	79.1
TAXIS	103,455	94.8	5,675	5.2	109,130	3.5
TRANSPORTE COLECTIVO	26,321	54.6	21,886	45.4	48,207	1.6
TRANSPORTE ESCOLAR	2,996	55.0	2,452	45.0	5,448	0.2
TRANSPORTE DE CARGA LOCAL	6,800	8.5	73,205	91.5	80,005	2.6
TRANSPORTE GUBERNAMENTAL	22,307	98.5	340	1.5	22,647	0.7
TRANSPORTE DE CARGA MERCANTIL	300,040	81.7	67,206	18.3	367,246	11.9
OTROS	6,882	58.9	4,803	41.1	11,685	0.4
TOTAL	2,193,299	70.8	893,702	29.2	3,087,001	100

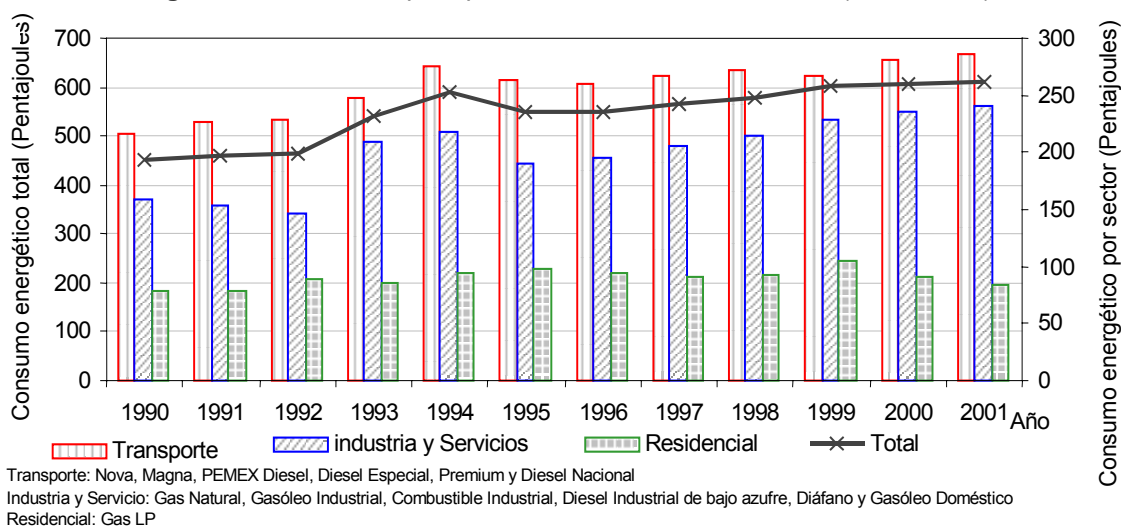
Fuente: Dirección de Instrumentación de Políticas. Dirección General de Gestión Ambiental del Aire. Secretaría del Medio Ambiente.

Por esta razón, las acciones de prevención y control de la contaminación han tenido como meta propiciar que las fuentes móviles cuenten con dispositivos anticontaminantes, que tengan un mantenimiento adecuado, así como ofrecer alternativas de transporte menos contaminante.

Paralelamente se han llevado a cabo acciones para incorporar al mercado combustibles menos contaminantes o alternativos. En la Figura 3 se observa el aumento paulatino que tuvo la incorporación de combustibles mejorados durante la década de los 90, como es el caso de la gasolina Magna en 1990 y la gasolina Premium en 1996. En el caso de la gasolina Magna, de 1.3 millones de barriles que se consumían en 1994, aumentó a 3.2 millones en 1998. Por su parte, al finalizar 1993 entró al mercado el diesel Sin, con un contenido máximo de azufre de 0.05% en peso.

La mejora de combustibles de uso industrial, se observa con la introducción de diesel industrial bajo en azufre en el mes de diciembre de 1996 y de combustible industrial bajo en azufre en enero de 1998. El uso de gas LP y gas natural en la industria y en el transporte público, representa en la actualidad cerca del 40% del consumo total (ver Anexo 1).

**Figura 3.** Distribución por tipo de combustible en la ZMVM (1990–2001).



Fuente: Datos proporcionados por PEMEX GAS Y PETROQUIMICA BÁSICA, PEMEX REFINACIÓN.  
 Conversión a Pentajoules: Dirección de Inventario y Modelación de Emisiones DGGAA-SMA-GDF  
 un Pentajoule equivale a  $10^{15}$  Joules

## Estado

La capacidad de la ZMVM para soportar la carga de emisiones contaminantes, se relaciona directamente con sus características fisiográficas y climáticas, las cuales determinan los flujos

atmosféricos y la dinámica de los contaminantes, de tal forma que pueden considerarse como variables de riesgo natural (Figura 4).

La expresión de estas características son: una atmósfera propicia para la formación de contaminantes fotoquímicos, debido a su altitud promedio (2,240 msnm) y latitud (19°N); alta incidencia de radiación solar; procesos estacionales con variaciones de temperatura en superficie que oscilan entre 12.5 y 20°C, con valores máximos en mayo y mínimos en enero; presencia de vientos ascendentes de circulación cerrada que originan el confinamiento de las masas de aire; estancamiento de contaminantes debido a la cadena montañosa circundante; presencia de sistemas meteorológicos de alta presión que generan estabilidad atmosférica debido a que la ZMVM se ubica en el centro del país; y la confluencia de 6 tipos de clima (GDF, 1997; INEGI, 2001).

**Figura 4.** Variables de riesgo natural en la ZMVM.

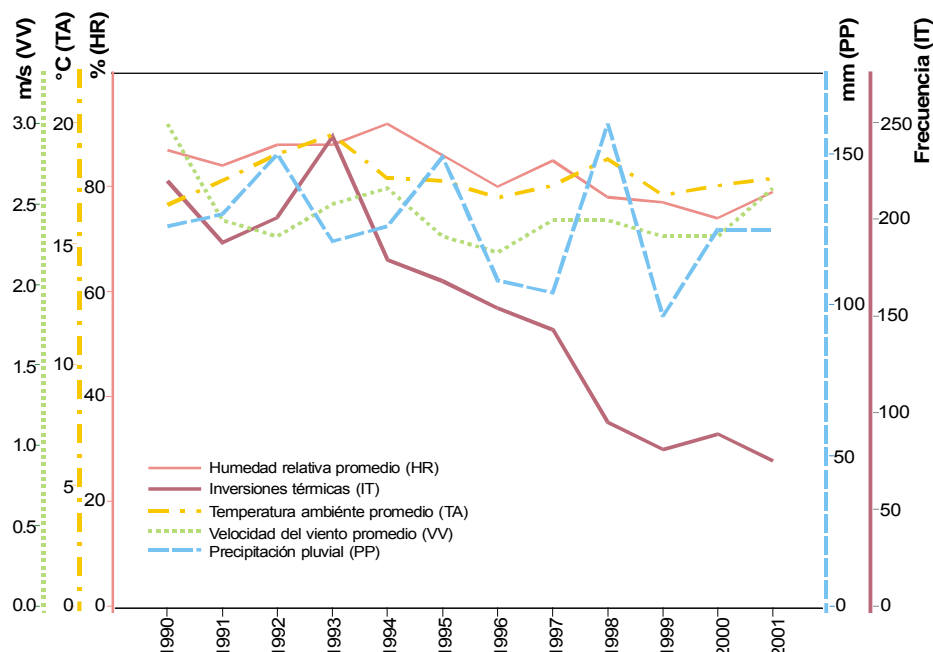


Al evaluar el desempeño ambiental de las acciones de prevención y control para mejorar la calidad del aire, uno de los supuestos principales es que las variables del clima no presentan cambios anuales de consideración, además de que los indicadores permiten mitigar la influencia de eventos climáticos, de tal forma que se puede inferir acerca del estado de la calidad del aire con las mediciones directas de un Sistema de Monitoreo Atmosférico.

En el caso de la ZMVM, la humedad relativa, la temperatura ambiente y la velocidad del viento a lo largo del período 1990–2001 (Figura 5), tuvieron un comportamiento fluctuante y ligeramente descendente, principalmente la última de estas variables. Por su parte, la precipitación pluvial muestra cambios anuales de consideración, destacando 1992, 1995 y 1998 como los años de mayor precipitación pluvial. Sólo en el caso de inversiones térmicas se aprecia una disminución continua a lo largo de los últimos años<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Cabe mencionar que en términos de las inversiones térmicas, el radiosondeo que realiza el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para su medición, se realizaba en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y a partir de marzo de 1998 se realiza en el Observatorio Meteorológico de Tacubaya.

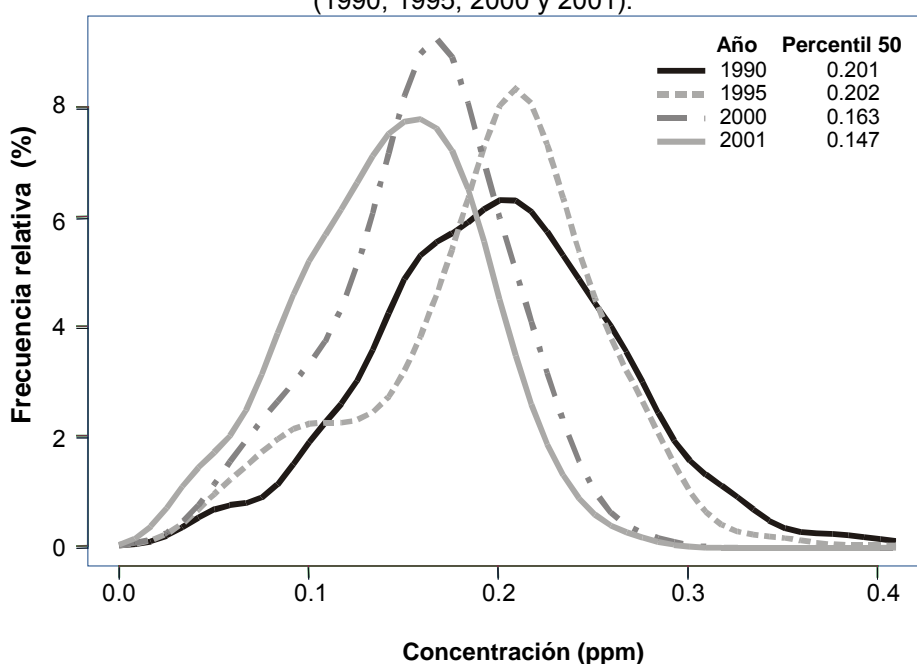
**Figura 5.** Evolución de las variables climáticas en la ZMVM (1990–2001).



Tomando en consideración lo anterior, desde 1995 se reconoce que para el  $O_3$  alrededor del 88% de los días del año se rebasa el límite de 0.110 partes por millón (ppm), promedio horario, que establece la norma de protección a la salud.

No obstante, en la actualidad se registran a diario concentraciones máximas de  $O_3$  por arriba de 0.110 ppm, aunque menos intensas. En la Figura 6 se observa esta situación, ya que en el año 2000 y 2001 el 50% (percentil 50) de las concentraciones máximas diarias fueron menores a 0.163 y 0.147 ppm respectivamente, mientras que en 1995 y 1990 eran frecuentes las concentraciones mayores a 0.200 ppm, las cuales hacen más ancha la base de este tipo de distribución hacia el extremo derecho.

**Figura 6.** Distribución de concentraciones máximas diarias de ozono en la ZMVM (1990, 1995, 2000 y 2001).



Este decremento en la intensidad de las concentraciones máximas diarias de O<sub>3</sub>, también se refleja en que el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) se ha instrumentado con menos frecuencia en los últimos años, a pesar que desde mayo de 1998<sup>6</sup>, después de la actualización del PCAA, es menor la concentración de O<sub>3</sub> requerida para su instrumentación.

Esta situación se observa en la Tabla 4, donde se listan los casos en que fue necesario instrumentar las Fases I y II del PCAA entre 1990 y 2001. Los casos de la Fase de Precontingencia<sup>7</sup> por O<sub>3</sub> de 1990 a 1997 que aparecen en la Tabla 4, se calcularon considerando los criterios del PCAA actual, esta simulación muestra que si hubiera existido esta fase antes de 1998, el número de casos también hubiera disminuido considerablemente de 1990 a 2001.

En la actualización del PCAA de mayo de 1998<sup>8</sup> se consideró a las PM<sub>10</sub>, desde entonces se ha instrumentado la Fase I del PCAA por este contaminante en dos ocasiones, una en 1998 y otra en 2000. También se consideró la instrumentación de la Fase I cuando se alcanzaran simultáneamente concentraciones de O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> mayores a 0.263 ppm y 200 µg/m<sup>3</sup>, respectivamente<sup>9</sup>. No obstante, esta situación no se ha presentado en la ZMVM desde entonces.

**Tabla 4.** Casos de Precontingencias, Fase I y Fase II en la ZMVM, bajo el esquema actual del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

Año	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Precontingencias por Ozono	78	217	167	103	127	147	86	72	77	39	24	14
Precontingencias por PM <sub>10</sub>	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Fase I	Ozono	--	2	4	13	1	5	3	4	3	0	0
	PM <sub>10</sub>	--	--	--	--	--	--	--	1	0	1	0
	Ozono- PM <sub>10</sub>	--	--	--	--	--	--	--	0	0	0	0
Fase II	Ozono	--	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0

Ante la posibilidad de contar con un límite de ozono más estricto para la activación de la Fase I del PCAA, en la Tabla 5 se muestran los resultados para 3 posibles escenarios. Como se observa, durante el año 2001 hubiera sido necesario instrumentar este programa en 4 ocasiones, bajo un criterio de 0.245 ppm (equivalente a 210 puntos del IMECA).

**Tabla 5.** Días de aplicación del PCAA en la ZMVM, criterio actual y posibles escenarios de modificación.

ACTIVACIÓN DEL PCAA PARA O <sub>3</sub>	1999	2000	2001
Actual, > 0.282 ppm (240 puntos del IMECA)	3	0	0
Escenario 1, > 0.257 ppm (220 puntos del IMECA)	8	3	2
Escenario 2, > 0.251 ppm (215 puntos del IMECA)	11	4	3
Escenario 3, > 0.245 ppm (210 puntos del IMECA)	15	6	4

Otros contaminantes como el CO y el plomo (Pb) se consideran bajo control, ya que ocasionalmente presentan violaciones extraordinarias a sus normas de protección a la salud. En el caso del SO<sub>2</sub>, en los últimos meses de 2000 y 2001 se registraron varios eventos extraordinarios en el norte de la ZMVM principalmente. Esta situación se asoció con el uso ilegal de combustibles con alto contenido de azufre.

<sup>6</sup> El 25 de mayo de 1998 se modificaron los criterios para instrumentar el PCAA por concentraciones elevadas de O<sub>3</sub>. Anteriormente la Fase I se instrumentaba cuando se registraban concentraciones mayores a 0.294 ppm (equivalente a 250 puntos IMECA). Actualmente se instrumenta de forma automática en toda la ZMVM cuando se alcanzan concentraciones mayores a 0.282 ppm (equivalente a 240 puntos IMECA).

<sup>7</sup> Al actualizarse el PCAA se consideró la Precontingencia Ambiental como una fase de carácter eventual y transitoria, que se instrumenta automáticamente en una zona donde se registra una concentración de O<sub>3</sub> mayor a 0.233 ppm (equivalente a 200 puntos IMECA).

<sup>8</sup> Desde el 25 de mayo de 1998 se instrumenta la Fase I del PCAA por PM<sub>10</sub> en la zona donde se registran concentraciones mayores a 300 µg/m<sup>3</sup> (promedio móvil de 24 horas), en caso de que se registren concentraciones de esta magnitud en dos zonas, la Fase I se extiende a toda la ZMVM. Para las PM<sub>10</sub> se consideró que una concentración mayor a 270 µg/m<sup>3</sup> (promedio móvil de 24 horas) justificaba la instrumentación de la Precontingencia Ambiental, únicamente en la zona donde se registró (en el caso de la Fase I, equivale a 175 puntos IMECA y para la Precontingencia equivale a 160 puntos IMECA).

<sup>9</sup> La activación del PCAA por una situación de este tipo, tiene lugar en toda la ZMVM, independientemente de que las concentraciones de O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub> se registren en zonas diferentes.

## Exposición

Los efectos sobre la salud debidos a la exposición a contaminantes, se vinculan con la exposición en ambientes interiores y exteriores, y el patrón de actividad de los individuos. Desde el punto de vista toxicólogo, no es únicamente la concentración de un contaminante lo que determina el efecto en el receptor, sino también el tiempo que se ha expuesto a tal contaminante (CNDH, 1992; Molina T. and Molina J., 2002).

En el año 2000 se llevó a cabo una estimación de la exposición de la población de la ZMVM al  $O_3$  y las  $PM_{10}$ , por medio de un modelo regional que correlacionó la distribución de 17 millones de habitantes, de los cuales 8.5 millones corresponden a las 16 delegaciones del Distrito Federal y el resto a los 28 municipios conurbados del Estado de México, con las concentraciones de  $O_3$  y  $PM_{10}$  registradas entre 1995 y 1999. Los resultados del modelo indicaron que la exposición ponderada por persona en la ZMVM durante el período señalado fue de  $64 \mu g/m^3$  para  $PM_{10}$  y de 0.114 ppm para  $O_3$ , lo que sugiere que para tener niveles saludables por persona, debe reducirse la exposición a  $PM_{10}$  en  $14 \mu g/m^3$  y cumplir así con el límite de la norma anual de  $50 \mu g/m^3$ . En el caso del  $O_3$ , la reducción para cumplir con el estándar implica 0.070 ppm por persona (ECOURS, 2001, disponible en Internet).

Los resultados de este modelo de exposición también mostraron que al menos en un día entre 1995 y 1999, cerca de 11,176,530 de personas estuvieron expuestas a concentraciones mayores a 0.281 ppm de  $O_3$ , más del doble de lo que permite el estándar de protección a la salud. En el caso de las  $PM_{10}$ , se estimó que al menos en un día del mismo período, cerca de 7,830,342 de personas estuvieron expuestas a concentraciones mayores a  $270 \mu g/m^3$ .

Entre las recomendaciones que arrojó el uso de este modelo de exposición, destaca que la ejecución de estrategias para reducir los niveles de  $PM_{10}$  en la ZMVM, tendrían un mayor beneficio si se enfocaran a las regiones altamente contaminadas y pobladas, como es el caso de los municipios de Netzahualcóyotl y Ecatepec, en el Estado de México.

## Efectos

El estado actual de la calidad del aire en la ZMVM es uno de los problemas de mayor preocupación para la sociedad, ya que los efectos en la salud implican el deterioro de su calidad de vida, costos en su bienestar y economía. Además implica costos sociales elevados para el gobierno, ante la demanda de atención médica para personas enfermas y la pérdida de productividad asociada al ausentismo laboral y escolar que provocan estas enfermedades (Leff, 1990; Negrete, 1993; San Martín, 1988).

Lo anterior se observa en el hecho de que la mayoría de la población de la ZMVM percibe que la calidad del aire es "Mala" o "Muy mala", que afecta su vida personal y su salud, principalmente a grupos vulnerables, como los niños y ancianos. Entre las enfermedades y síntomas asociados con la contaminación, están: conjuntivitis, gripa, asma, bronquitis, tos, irritación ocular y de garganta (ECOURS, 2001, disponible en Internet).

En la década de los 80 el plomo (Pb) representó el principal problema de calidad del aire en la ZMVM. Los daños que provoca a la salud motivaron una serie de acciones centradas en la producción de combustibles con menor contenido de Pb. Actualmente los niveles de este metal en la sangre de los habitantes de la ZMVM (Romieu *et al*, 1994; Lacasaña *et al*, 1996) están por debajo del límite máximo establecido en la norma de salud.

El riesgo que constituye el  $O_3$  para la salud de los habitantes de la ZMVM, se debe a que produce diversos efectos tóxicos y síntomas adversos (Molina T. and Molina J., 2002). Por su parte, las  $PM_{10}$  se asocian con diversas patologías del aparato respiratorio y es más relevante la exposición a este contaminante en ambientes intramuros (Wilson *et al*, 1996; Pooley *et al*, 1999; Molina T. and Molina J., 2002). La Tabla 6 indica algunos efectos asociados con la exposición a  $O_3$  y  $PM_{10}$ .



**Tabla 6.** Efectos de salud asociados con la exposición a O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub>.

MORTALIDAD	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>	Efectos en asmáticos	O <sub>3</sub>	PM <sub>10</sub>
<b>Admisión en hospitales</b>			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)	√	
<b>Visitas a Sala de emergencia</b>			Síntomas respiratorios menores	√	
Respiratoria	√	√	<b>Morbilidad crónica</b>		
<b>Síntomas respiratorios</b>			Bronquitis crónica, casos adicionales		√
Síntomas en vías respiratorias superiores	√	√	Tos crónica, prevalencia (niños)		√
Síntomas en vías respiratorias inferiores	√	√	<b>Mortalidad por exposición crónica</b>		
Sibilancias	√		Total		√
Bronquitis aguda		√	<b>Mortalidad por exposición aguda</b>		
			Total	√	√
			Infantil		√

Fuente: ECOURS, 2001.

No obstante que la población de la ZMVM reconoce que la contaminación afecta su calidad de vida, la mayoría no realiza acciones para proteger su salud cuando la contaminación es alta y no están de acuerdo en realizar acciones pro-ambientales si hay pérdida de comodidades, por ejemplo: la sustitución del automóvil por el transporte público. Al parecer la participación de la sociedad se limita al cumplimiento de acciones, sin tener plena cultura ambiental. Esto a pesar de que en el PROAIRE 1995–2000 se previó la necesidad de un cambio cultural profundo y duradero de la relación entre la sociedad, la ciudad y el ambiente, para modificar los esquemas de valores y prioridades de la sociedad (ECOURS, 2001, disponible en Internet).

Ante esta situación, el PROAIRE 2002–2010 se planeó como un programa a diez años que define la corresponsabilidad de las dependencias gubernamentales, los sectores privado, educativo y a la sociedad en general, que requiere de un proceso de aprendizaje, de intercambio de información, de educación y capacitación profesional, de participación comunitaria y desarrollo de una cultura ambiental. Lo anterior, es motivado por los hallazgos recientes en materia de salud, contaminación del aire y costos sociales (Molina T. and Molina J., 2002; CAM, 2002, disponible en Internet).

El carácter dinámico de este programa permitirá agilizar el proceso de difusión y comprensión por parte de la población, para motivar una participación más decidida y efectiva, mediante el empleo de indicadores de desempeño para evaluar el cumplimiento de sus metas.

De esta forma, el presente documento tiene el propósito de mostrar un panorama integral del estado actual de los contaminantes atmosféricos de la ZMVM y el riesgo que implica en la salud de sus habitantes, así como sus tendencias de 1990 a 2001. Para cumplir este propósito se emplean indicadores que cumplen una serie de requisitos técnicos que garantizan su confiabilidad para evaluar el desempeño ambiental de las acciones de prevención y control. De esta forma se integra un sistema de indicadores con una línea base de información, que permitirá evaluar el impacto de las acciones instrumentadas en el futuro y sustentar la toma de decisiones.