

Tendencia de la contaminación atmosférica en Zapopan

ROSA ELENA REYES NODHAL¹
TERESITA DE JESÚS ALVARADO CASTELLANOS²

Resumen

El argumento principal de este trabajo consiste en la estimación de tendencias mediante series de tiempo de cinco elementos contaminantes del aire en el municipio de Zapopan, con el propósito de observar su comportamiento e interpretar los resultados a partir de los valores normados actuales en México y aquellos propuestos por la Organización Mundial de la Salud en 2006.

Análisis de la contaminación

De acuerdo con las estimaciones realizadas por organismos de la ONU, en los últimos años más de dos millones de personas han muerto por los efectos de la contaminación ambiental en el mundo. Por tal motivo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) propone medidas más estrictas de control de la contaminación al reducir los niveles máximos de concentración por $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por tipo de contaminante. Según los estudios realizados por dicho organismo internacional, se espera que las nuevas pautas logren disminuir las muertes alrededor de 15% anual. María Neira³ (2006) ha establecido que:

Se estima que la polución del aire causa aproximadamente 2 millones de muertes prematuras en el mundo por año. Más de la mitad de estas muertes se dan en personas en los países en vías de desarrollo. En muchas ciudades, los niveles medios anuales de PM10 (fuente principal de la quema de combustibles) excede a los 70 microgramos por metro cúbico, las nuevas pautas dicen que para prevenir la salud, esos niveles deben estar más debajo de los 20 microgramos por metro cúbico.

-
1. Profesora-Investigadora del Departamento de Economía, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: relena@cencar.udg.mx.
 2. Profesora del Departamento de Economía, Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas, Universidad de Guadalajara. Correo electrónico: terealvarado@hotmail.com.
 3. Directora del Departamento de Salud Pública y Medio Ambiente de la OMS.

Actualmente se consideran a las partículas suspendidas (PM10) como el mejor indicador de la calidad del aire por su conformación, que puede ser de origen natural o también formarse por reacción fotoquímica en la atmósfera, constituidas por nitratos y sulfatos o por carbonos orgánicos.

En este sentido al observar las mediciones promedio de imecas de 1990 a 2006 en los tres monitores (Águilas, Atemajac y Vallarta), localizados en el municipio de Zapopan, se tiene que, si bien su nivel de concentración muestra una tendencia negativa en 68 observaciones por cada monitor, solamente el monitor Vallarta tiene dos mediciones con $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una con cero, las 65 restantes están por arriba de los imecas recomendados por la OMS, incluso se observan concentraciones mayores a los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el rango no satisfactorio.

Las observaciones por promedios imecas se han dividido por trimestres: primavera, verano, otoño e invierno; en el caso del monitor Vallarta las mayores concentraciones de PM10 se observan en las estaciones de invierno y primavera (véase cuadro 1 en el anexo).

El área menos afectada por PM10 es la monitoreada por la estación Águilas, que alcanzó una medición máxima de 81 puntos imeca en el invierno de 1998 con rango satisfactorio; sin embargo, sus niveles de concentración en los últimos años, sobre todo en el invierno, duplican las pautas sugeridas por la OMS de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el año 2006 (véase cuadro 2 en el anexo).

El monitor Atemajac, ubicado al norte del municipio de Zapopan, ha mostrado en los últimos cinco años una tendencia positiva en concentraciones de PM10, principalmente en invierno y primavera, es decir, entre los años 2002 a 2006 se observa un incremento porcentual del 21.3% en primavera ($47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y de 41.3% en invierno ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en ambos casos los niveles exceden en dos o tres veces los valores máximos de la OMS para proteger la salud de la población (véase cuadro 3 del anexo).

Otro aspecto que interviene en el problema de la contaminación en la ZMG son los vientos y sus efectos en la concentración y dispersión en la atmósfera de ozono y partículas en suspensión; generalmente: a mayor velocidad del viento, mayor dilución de los contaminantes. El régimen anual de vientos en la región se divide en dos periodos definidos: uno de noviembre a junio en que prevalecen los vientos del oeste, y de junio a octubre en que se presentan los vientos del este (Jean Michel, 1980).

El ozono, cuya aparición se debe a la reacción de hidrocarburos en la atmósfera, es otro contaminante que ha rebasado los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados por los monitores ubicados en el municipio de Zapopan.

Como los vientos del este contribuyen en las concentraciones de ozono en el poniente de la ZMG, sobre todo por la frecuencia de periodos de calma, y los vientos occidentales transportan el ozono hacia el centro y este y los vientos ligeramente moderados del suroeste y sureste de la ZMG transportan los contaminantes hacia el norte.

Ambos vientos favorecen la concentración de contaminantes en el área de Atemajac, ubicada al norte del municipio de Zapopan, sobre todo en la temporada de invierno en que se llegó a concentraciones de $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozono (O_3) en 1998, en

2004 disminuye hasta $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pero se observa de 2004 a 2006 un incremento de 42.0% al registrar $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (véase cuadro 3 en el anexo).

No obstante que Atemajac es un área industrial incipiente, registra elevados niveles de concentración de ozono debido a la cercanía de los parques industriales Belenes y Belenes UdeG, alcanzando mediciones similares a las zonas industriales de Vallarta y del sur de Zapopan.

Para el periodo de primavera se observa una disminución en el índice de calidad del aire, registrando 97 puntos imeca de ozono como nivel máximo en 1998. En el resto de los años analizados los niveles de concentración de partículas han estado por debajo de $97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozono; en 2006 la concentración de ozono fue $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$, considerado como satisfactorio (véanse cuadros 3 y 4 en el anexo).

Cuadro 1
Niveles de clasificación de la calidad del aire

<i>Imecas</i>	<i>Clasificación</i>
0 – 50	Bueno
51 – 100	Satisfactorio
101 – 200	No satisfactorio
201 – 300	Malo
300 – 500	Muy malo

Fuente: Comisión Estatal de Ecología, 2006.

El monitor Águilas, ubicado al sur del municipio, presentó los niveles de ozono más altos en el invierno de los años 1992 y 1993 con índices registrados de 110 y $121 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rebasando el nivel de satisfactorio; para el último año de análisis en el trimestre de marzo-mayo se observa un nivel de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta área se encuentra geográficamente próxima a los parques industriales ubicados al sur de la zona metropolitana de Guadalajara, así como a la zona industrial de Guadalajara (véase cuadro 2 en el anexo).

El área de influencia del monitor Vallarta, que cubre gran parte del oriente de Zapopan (véase mapa 1), difiere en la densidad estacional de imeca de ozono respecto al norte y sur del municipio, alcanza niveles mayores de 100 puntos imeca durante el otoño de 1992 y 1993, seguido por la primavera con 117 puntos en 1998. En los otros años analizados se registran niveles satisfactorios. Sin embargo, en el trimestre de invierno de 2006 se registra su nivel más alto de los últimos ocho años al concentrar $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (véase cuadro 1 en el anexo).

Nótese que hacia el norte y sur de Zapopan la temporada del año que concentra mayores niveles de contaminación por partículas de ozono es el invierno. Esto se debe, probablemente, a la actividad industrial que genera partículas y las emite al medio ambiente, lo que conjuntamente con el clima frío de la época invernal produce el efecto invernadero que mantiene una capa densa de contaminantes en el ambiente y no le permite liberarse en tanto no ascienda la temperatura. Entre la población esta es una época de alta incidencia de enfermedades relacionadas con el aparato respiratorio, por una parte debido a los cambios de temperatura y, por la otra, a las altas concentraciones de partículas en el ambiente.

Las infecciones en las vías respiratorias son una de las diez causas de morbilidad en México, así como uno de los factores más importantes de muerte para niños y ancianos. Las enfermedades respiratorias presentes durante todo el año tienen un incremento importante en los cambios de estación y mayor incidencia en otoño e invierno, dado que los mecanismos de defensa del organismo son afectados por las condiciones ambientales adversas, las modificaciones bruscas de temperatura y, por supuesto, la contaminación (Luévanos, 1999).

El bióxido de nitrógeno (NO_2) cuya fuente principal es la combustión en industrias y vehículos, resulta ser otro contaminante presente en la atmósfera del municipio de Zapopan. En el periodo analizado 1990 a 2006 se observa que 13.0% de las mediciones de NO_2 exceden los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual recomendados por la OMS; de este porcentaje, 50.0% de los niveles fuera de norma se observan en la zona de influencia del monitor Vallarta, 27.0% en el monitor Águilas y el restante 23.0% para Atemajac.

Las sustancias generadas por la combustión incompleta de hidrocarburos, que contienen carbono, y los incendios se identifican como monóxido de carbono (CO). Este contaminante ha presentado mediciones entre 10 y 50 puntos imecas durante el periodo analizado en los tres monitores, Águilas, Atemajac y Vallarta, niveles que no sobrepasan la norma mexicana de la calidad del aire; sin embargo, el norte del municipio de Zapopan presentó en 2006 la medición más alta desde 1997 con 45 puntos imecas.

Cabe mencionar que el bióxido de azufre (SO_2) producto de la combustión de carbón, diesel, combustóleo y gasolina con azufre, además de fundiciones de vetas metálicas ricas en azufre, procesos industriales y erupciones volcánicas, se ha ubicado dentro de los límites establecidos tanto por la norma mexicana de $340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la recomendada por la OMS de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el periodo analizado (véase cuadro 2).

Cuadro 2
Valores normados para los contaminantes

Contaminante	Exposición aguda (concentración y tiempo promedio)	
	Norma mexicana*	Modificación** OMS
Ozono (O_3)	$216 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 0.11 ppm (1 hora)	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (por ocho horas)
Bióxido de azufre (SO_2)	$340 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 0.13 ppm (24 horas)	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	$395 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 0.21 ppm (1 hora)	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (media anual) $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (una hora)
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 horas)	Sin cambio
Partículas fracción respirable (PM10)	$150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Media anual) $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 horas)

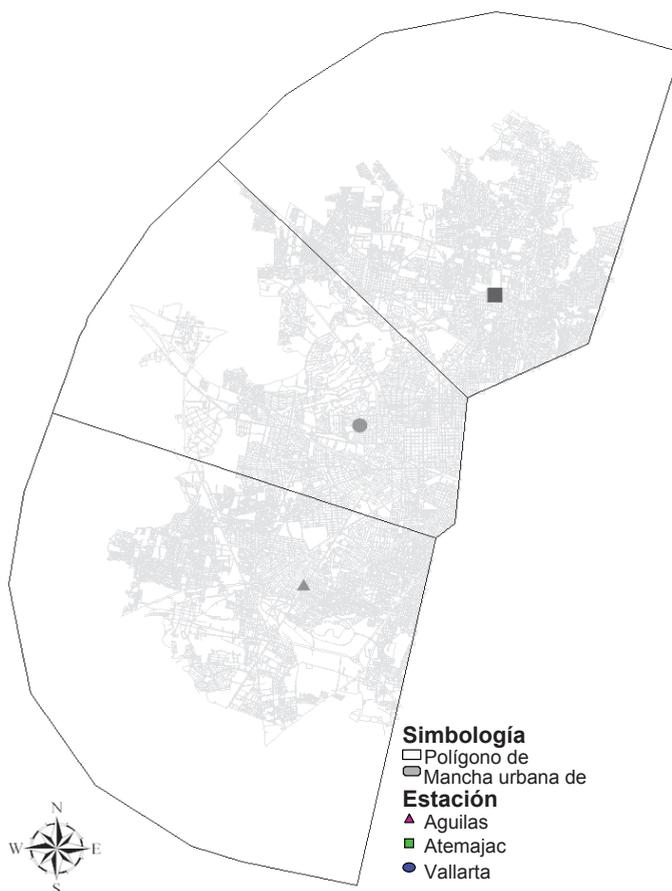
Fuente: *Diario Oficial de la Federación 1994.

** World Health Organization 2006: "Dado a la evidencia creciente del impacto sobre la salud de la polución del aire, la OMS revisó sus pautas de la calidad del aire existentes (AOG) para Europa y las extendió para producir las primeras pautas que son aplicables a nivel mundial".

Estimación de la tendencia por contaminante

En lo que se refiere a las tendencias estimadas mediante series de tiempo para los cinco contaminantes, los resultados manifiestan en términos generales tendencias negativas en el periodo 1990-2006, excepto para el bióxido de nitrógeno en Atemajac y Águilas. La tabla 1 muestra los resultados para cada uno de los monitores ubicados en la zona de análisis.

Mapa 1
Zapopan: zona de influencia de las estaciones. Polígonos de Thiessen



Los resultados mostrados en la tabla 1 para la Estación Atemajac son reveladores, ya que si bien es cierto que los niveles de contaminación han descendido de acuerdo a las normas mexicanas de la calidad del aire, al compararlas con las pautas de la OMS,

el bióxido de azufre (SO_2) y las partículas (PM10) muestran en su parámetro alfa valores de 14.62 y 67.27 respectivamente, esta última mucho mayor al recomendado por la OMS que es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Así mismo, las tendencias negativas para los parámetros beta de (-0.44) PM10, (-0.55) O_3 y (-0.001) CO muestran que la disminución por año de estas sustancias contaminante son poco o nada significativas, menores a un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el lapso de 1990 a 2006. Se puede decir, por ejemplo, para el caso de PM10 que deben pasar alrededor de 15 ó 20 años para lograr las pautas propuestas de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y limpiar la atmósfera de partículas de PM10 para evitar las enfermedades respiratorias como el asma, bronquitis y enfisemas pulmonares, al igual que molestias como la irritación de los ojos y el tracto respiratorio.

En la zona de influencia del monitor Vallarta, el ozono es el contaminante con mayor presencia en zona centro del municipio de Zapopan, con una concentración de $92.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el periodo 1990-2006, apenas $7.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abajo del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y su tendencia a disminuir es de sólo $-0.71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las 240 observaciones en la serie; así mismo, las concentraciones de PM10 y bióxido de azufre (SO_2) presentan valores por arriba de las pautas de la OMS de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al mantener promedios de $69.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $25.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

El sur del municipio de Zapopan muestra mayores concentraciones de PM10 de $69.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en los años analizados, pero al contrario del nitrógeno el promedio de PM10 excede más de dos veces los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la OMS, por lo que esta parte de Zapopan está más expuesta a contraer enfermedades como la silicosis y la asbestosis; así mismo, estas partículas agravan el asma y las enfermedades cardiovasculares. El bióxido de azufre y el monóxido de carbono han disminuido su concentración muy lentamente: $-0.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SO_2) y $-0.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (CO), en el lapso analizado.

La situación en las mediciones de bióxido de nitrógeno es distinta en la Estación Águilas, ya que es el único contaminante que ha manifestado un crecimiento positivo de $0.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el lapso de 1990 a 2006; además, su promedio de $24.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ es menor a los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pauta OMS, pero dada su tendencia positiva este contaminante aumentara su promedio en el tiempo.

Cabe mencionar, de manera general, que el ozono (O_3) y las partículas (PM10) son las sustancias de mayor concentración en el municipio de Zapopan al registrar mediciones promedio de (92.37) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Estación Vallarta y de (89.66) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atemajac y (89.25) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el monitor Águilas, valores muy cercanos al límite máximo permitido por la OMS de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En lo que se refiere a PM10 sus niveles promedio son (69.54) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Estación Águilas y de (69.57) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el monitor Vallarta y (67.27) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atemajac. El bióxido de azufre también registró mediciones mayores a los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Las Águilas y Vallarta de 1990 a 2006, estos dos contaminantes rebasan el límite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no obstante que sus tendencias presentaron signo negativo en la serie, estas disminuciones son poco significativas al no rebasar un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como son los casos del PM10 y O_3 . En la zona de influencia del monitor Atemajac el monóxido de carbono (CO) sólo disminuyó en (-0.006) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el lapso analizado.

Cuadro 3
Series de tiempo por contaminante*

<i>Variable dependiente</i>	<i>Regresor</i>	<i>Coficiente</i>	<i>Ecuación</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Prueba "t"</i>	<i>R²</i>
Estación Atemajac						
NO ₂	1	23.58		2.58	9.13	0.13
	Tiempo	0.11	NO ₂ = 23.58 + 0.11T	0.07	1.72	
PM10	1	67.27		3.05	21.99	0.33
	Tiempo	- 0.44	PM10 = 67.27 - 0.44T	0.08	-5.74	
CO	1	27.71		1.91	14.48	0.015
	Tiempo	- 0.006	CO = 27.71 - 0.001T	0.05	-0.02	
SO ₂	1	14.63		0.96	14.99	0.26
	Tiempo	- 0.12	SO ₂ = 14.63 - 0.12T	0.02	- 4.78	
O ₃	1	89.66		3.54	25.29	0.37
	Tiempo	- 0.56	O ₃ = 89.66 - 0.56T	0.09	-6.27	
Estación Águilas						
NO ₂	1	24.57		1.93	12.73	0.081
	Tiempo	0.11	NO ₂ = 24.57 + 0.11T	0.05	2.41	
PM10	1	69.54		3.04	22.82	0.35
	Tiempo	- 0.45	PM10 = 69.54 - 0.45T	0.08	-5.98	
CO	1	34.01		2.43	13.95	0.13
	Tiempo	- 0.19	CO = 34.01 - 0.19T	0.06	-3.08	
SO ₂	1	21.11		1.66	12.71	0.33
	Tiempo	- 0.24	SO ₂ = 21.11 - 0.24T	0.04	- 5.67	
O ₃	1	89.25		4.77	18.70	0.33
	Tiempo	- 0.68	O ₃ = 89.25 - 0.68T	0.12	-5.70	
Estación Vallarta						
NO ₂	1	37.40		6.94	6.77	0.05
	Tiempo	- 0.13	NO ₂ = 37.40 - 0.13T	0.20	- 1.91	
PM10	1	69.57		3.97	17.51	0.24
	Tiempo	- 0.46	PM10 = 69.57 - 0.46T	0.10	-4.62	
CO	1	32.92		2.13	15.44	0.19
	Tiempo	- 0.21	CO = 32.92 - 0.21T	0.05	-3.90	
SO ₂	1	25.31		1.96	12.90	0.38
	Tiempo	- 0.31	SO ₂ = 25.31 - 0.31T	0.49	- 6.30	
O ₃	1	92.37		3.26	28.33	0.53
	Tiempo	- 0.71	O ₃ = 92.37 - 0.71T	0.08	-8.69	

* La tendencia representa el comportamiento predominante de la serie, la cual puede ser definida como el cambio de la media a lo largo de un periodo, la ecuación a estimar es de la forma $Y(t) = a + bt$.

Comentarios finales

La problemática ambiental puede analizarse a partir de información que va desde la escala local y nacional hasta mundial. Este fenómeno surge así al ponerse de manifiesto la ideología “verde” en planos diferentes, como la gestión económica y empresarial, la problemática del empleo y el consumo, la acción política y la gestión educativa e incluso los cambios estructurales en las economías de algunos países.

Los gobiernos, tanto estatales como municipales, deben intervenir decididamente en la formulación de políticas encaminadas a la conservación y reproducción de los recursos naturales y a la preservación del medio ambiente que contenga los puntos importantes para la observancia del control de las emisiones contaminantes, que se regulen los espacios adecuados para delimitar los usos del suelo y sobre todo una eficiente educación ambiental, como estrategia para revertir la poca atención política y la indiferencia social y empresarial, ya que el conocimiento de las regulaciones medioambientales es pobre y las inversiones en esta materia lo son aún más.

Es importante mencionar que los niveles más elevados de concentración de ozono en la atmósfera se presentan en el periodo invernal, sobre todo hacia el norte y sur de Zapopan como consecuencia de la estabilidad relativa de los contaminantes en la atmósfera por las diferencias de densidad del aire causadas por las bajas temperaturas; por otra parte, la mayor densidad de partículas superiores a diez microgramos por metro cúbico en suspensión se observa durante la primavera, básicamente en las áreas centro y sur del municipio. Esta situación deberá tomarse en cuenta para prevenir los efectos en la salud de los habitantes, así como la degradación ambiental en estas áreas.

Por lo anterior y no obstante el grado de industrialización que se ha alcanzado en el municipio y el beneficio económico que puede generar en cualquier punto de su localización, en gran medida este avance tecnológico ha dado origen a una reflexión: cómo lograr altos índices de desarrollo industrial sin que se ignoren los riesgos ambientales (contaminación del aire, suelo y agua), y el deterioro de la salud de los habitantes. El debate permanece alrededor de la desconfianza general para mejorar el medio ambiente en contra de las decisiones por lograr niveles mayores de desarrollo. Zapopan tendrá que tomar esta decisión en un futuro inmediato.

Con respecto a la emisión y concentración de contaminantes, se concluye que el ozono (O_3) y las partículas (PM10) son las sustancias de mayor concentración en el municipio de Zapopan al registrar mediciones promedio de $(92.37) \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Estación Vallarta y de $(89.66) \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atemajac y $(89.25) \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el monitor Águilas, valores muy cercanos al límite máximo permitido por la OMS de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

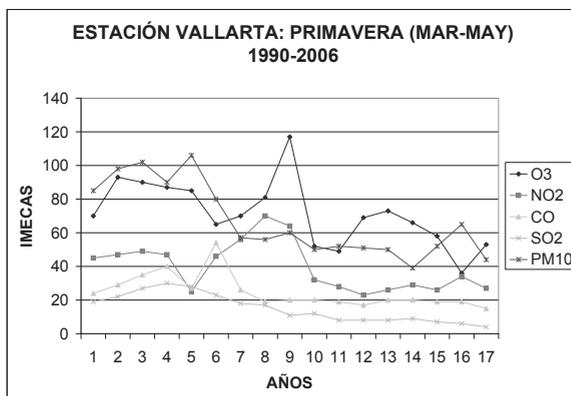
En lo que se refiere a PM10 sus niveles promedio son $(69.54) \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Estación Águilas y de $(69.57) \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el monitor Vallarta y $(67.27) \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atemajac, el bióxido de azufre también registró mediciones mayores a los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Las Águilas y Vallarta de 1990 a 2006; estos dos contaminantes rebasan el límite de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, no obstante que sus tendencias presentaron signo negativo en la serie, estas disminuciones son poco significativas al no rebasar un $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como son los casos del PM10 y O_3 , en la zona de influencia del monitor Atemajac el monóxido de carbono (CO) sólo

disminuyó en (-0.006) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el lapso analizado. Situación que debe tomarse muy en cuenta para que en México se analicen con mayor cuidado y profundidad las normas de la calidad del aire vigentes desde 1994, es decir, que han tenido una permanencia de 14 años sin modificaciones, poniendo en riesgo la salud de la población no sólo del municipio de Zapopan sino de toda la ZMG y del estado de Jalisco.

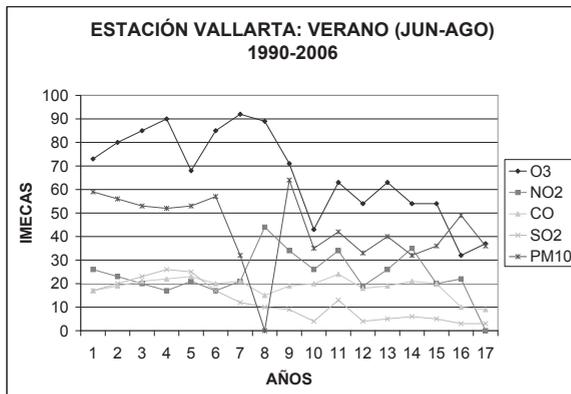
Anexo

Cuadro 1
Estación Vallarta: tipo de contaminante por trimestres 1990-2006

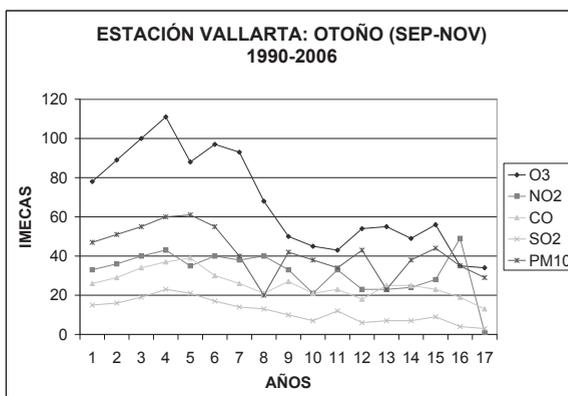
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
<i>Primavera Mar-May</i>					
1990	70	45	24	19	85
1991	93	47	29	22	98
1992	90	49	35	27	102
1993	87	47	40	30	90
1994	85	25	27	28	106
1995	65	46	54	23	80
1996	70	56	26	18	57
1997	81	70	19	17	56
1998	117	64	20	11	60
1999	52	32	20	12	50
2000	49	28	19	8	52
2001	69	23	17	8	51
2002	73	26	20	8	50
2003	66	29	20	9	39
2004	58	26	19	7	52
2005	36	34	19	6	65
2006	53	27	15	4	44



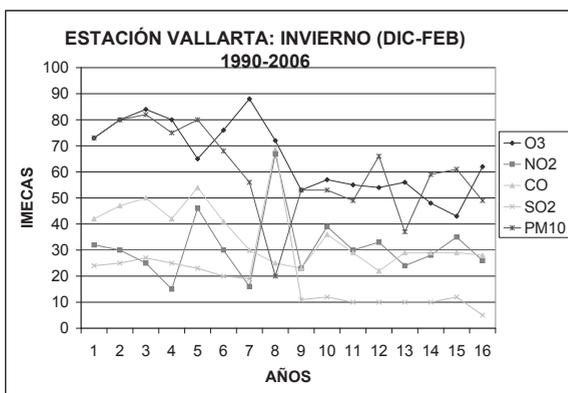
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
<i>Verano Jun-Ago</i>					
1990	73	26	17	17	59
1991	80	23	19	20	56
1992	85	20	21	23	53
1993	90	17	22	26	52
1994	68	21	23	25	53
1995	85	17	20	17	57
1996	92	21	21	12	32
1997	89	44	15	10	0
1998	71	34	19	9	64
1999	43	26	20	4	35
2000	63	34	24	13	42
2001	54	19	18	4	33
2002	63	26	19	5	40
2003	54	35	21	6	32
2004	54	20	20	5	36
2005	32	22	10	3	49
2006	37	*	9	3	36



	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
Otoño	Sep-Nov				
1990	78	33	26	15	47
1991	89	36	29	16	51
1992	100	40	34	19	55
1993	111	43	37	23	60
1994	88	35	39	21	61
1995	97	40	30	17	55
1996	93	38	26	14	40
1997	68	40	21	13	20
1998	50	33	27	10	42
1999	45	21	21	7	38
2000	43	33	23	12	34
2001	54	23	18	6	43
2002	55	23	25	7	23
2003	49	24	25	7	38
2004	56	28	23	9	44
2005	35	49	19	4	35
2006	34	1	13	3	29



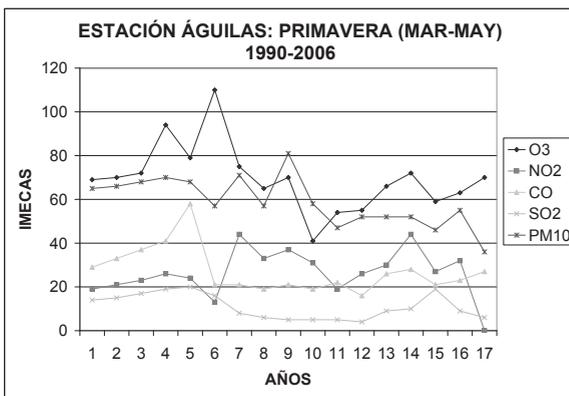
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
Invierno	Dic-Feb				
1991	73	32	42	24	73
1992	80	30	47	25	80
1993	84	25	50	27	82
1994	80	15	42	25	75
1995	65	46	54	23	80
1996	76	30	41	20	68
1997	88	16	30	19	56
1998	72	67	25	69	20
1999	53	23	23	11	53
2000	57	39	36	12	53
2001	55	30	29	10	49
2002	54	33	22	10	66
2003	56	24	29	10	37
2004	48	28	29	10	59
2005	43	35	29	12	61
2006	62	26	28	5	49



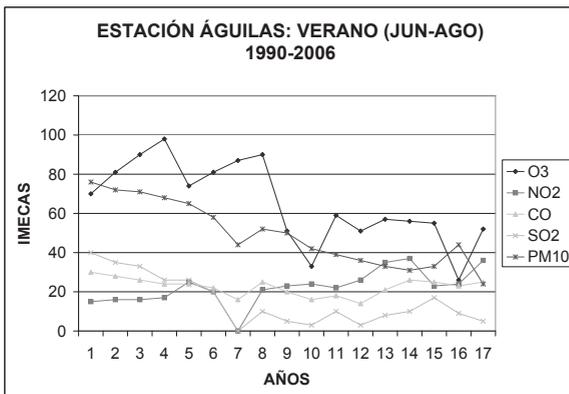
Fuente: el promedio trimestral se realizó con base en la información proporcionada por la Comisión Estatal de Ecología, junio de 2007.

Cuadro 2
Estación Águilas: tipo de contaminante por trimestres 1990-2006

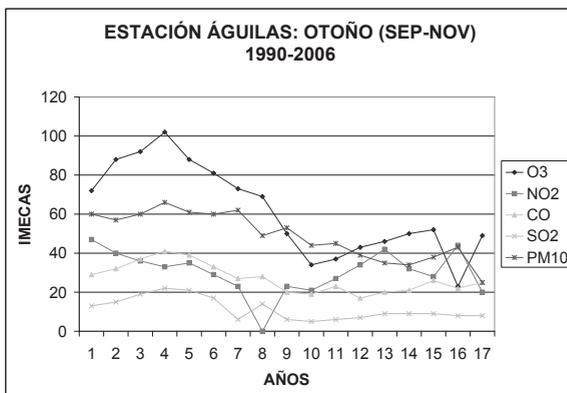
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
<i>Primavera Mar-May</i>					
1990	69	19	29	14	65
1991	70	21	33	15	66
1992	72	23	37	17	68
1993	94	26	41	19	70
1994	79	24	58	20	68
1995	110	13	21	16	57
1996	75	44	21	8	71
1997	65	33	19	6	57
1998	70	37	21	5	81
1999	41	31	19	5	58
2000	54	19	22	5	47
2001	55	26	16	4	52
2002	66	30	26	9	52
2003	72	44	28	10	52
2004	59	27	21	19	46
2005	63	32	23	9	55
2006	70	*	27	6	36



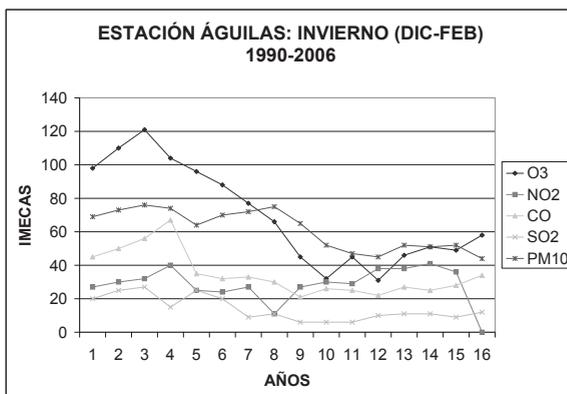
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
<i>Verano Jun-Ago</i>					
1990	70	15	30	40	76
1991	81	16	28	35	72
1992	90	16	26	33	71
1993	98	17	24	26	68
1994	74	25	24	26	65
1995	81	20	22	20	58
1996	87	0	16	0	44
1997	90	21	25	10	52
1998	51	23	20	5	50
1999	33	24	16	3	42
2000	59	22	18	10	39
2001	51	26	14	3	36
2002	57	35	21	8	33
2003	56	37	26	10	31
2004	55	23	25	17	33
2005	26	24	23	9	44
2006	52	36	25	5	24



	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
	Otoño	Sep-Nov			
1990	72	47	29	13	60
1991	88	40	32	15	57
1992	92	36	37	19	60
1993	102	33	41	22	66
1994	88	35	39	21	61
1995	81	29	33	17	60
1996	73	23	27	6	62
1997	69	0	28	14	49
1998	50	23	20	6	53
1999	34	21	19	5	44
2000	37	27	23	6	45
2001	43	34	17	7	39
2002	46	42	20	9	35
2003	50	32	21	9	34
2004	52	28	26	9	38
2005	23	44	22	8	43
2006	49	20	25	8	25



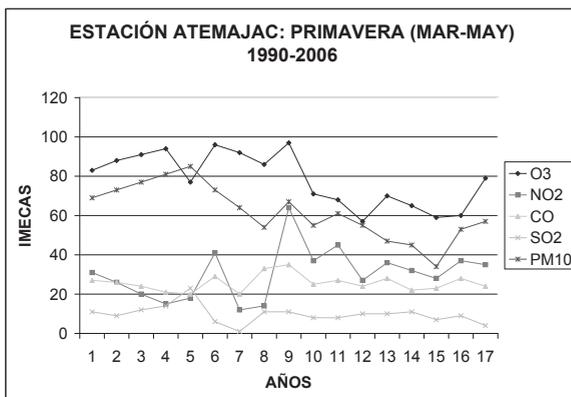
	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
	Invierno	Dic-Feb			
1991	98	27	45	20	69
1992	110	30	50	25	73
1993	121	32	56	27	76
1994	104	40	67	15	74
1995	96	25	35	25	64
1996	88	24	32	20	70
1997	77	27	33	9	72
1998	66	11	30	11	75
1999	45	27	21	6	65
2000	32	30	26	6	52
2001	45	29	25	6	47
2002	31	38	22	10	45
2003	46	38	27	11	52
2004	51	41	25	11	51
2005	49	36	28	9	52
2006	58	*	34	12	44



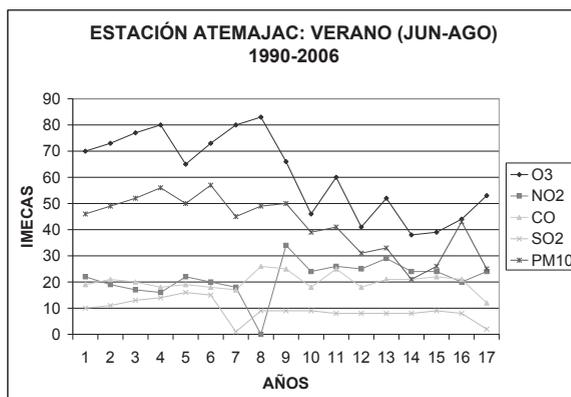
Fuente: el promedio trimestral se realizó con base en la información proporcionada por la Comisión Estatal de Ecología, junio de 2007.

Cuadro 3
Estación Atemajac: tipo de contaminante por trimestres 1990-2006

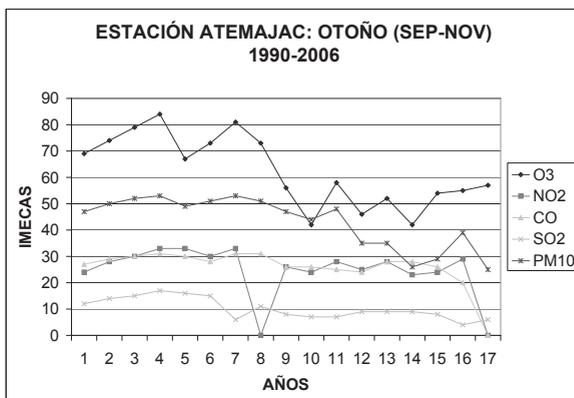
	<i>O₃</i>	<i>NO₂</i>	<i>CO</i>	<i>SO₂</i>	<i>PM₁₀</i>
	<i>Primavera</i>	<i>Mar-May</i>			
1990	83	31	27	11	69
1991	88	26	26	9	73
1992	91	20	24	12	77
1993	94	15	21	14	81
1994	77	18	20	23	85
1995	96	41	29	6	73
1996	92	12	20	1	64
1997	86	14	33	11	54
1998	97	64	35	11	67
1999	71	37	25	8	55
2000	68	45	27	8	61
2001	57	27	24	10	55
2002	70	36	28	10	47
2003	65	32	22	11	45
2004	59	28	23	7	34
2005	60	37	28	9	53
2006	79	35	24	4	57



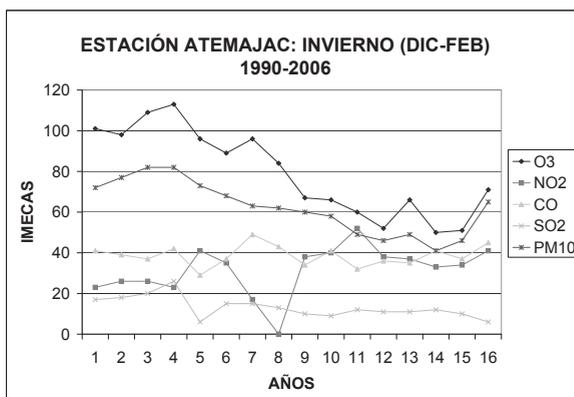
	<i>Verano</i>	<i>Jun-Ago</i>			
1990	70	22	19	10	46
1991	73	19	21	11	49
1992	77	17	20	13	52
1993	80	16	18	14	56
1994	65	22	19	16	50
1995	73	20	18	15	57
1996	80	18	17	1	45
1997	83	0	26	9	49
1998	66	34	25	9	50
1999	46	24	18	9	39
2000	60	26	25	8	41
2001	41	25	18	8	31
2002	52	29	21	8	33
2003	38	24	21	8	21
2004	39	24	22	9	26
2005	44	20	21	8	43
2006	53	24	12	2	25



	O_3	NO_2	CO	SO_2	PM_{10}
	<i>Otoño Sep-Nov</i>				
1990	69	24	27	12	47
1991	74	28	29	14	50
1992	79	30	30	15	52
1993	84	33	31	17	53
1994	67	33	30	16	49
1995	73	30	28	15	51
1996	81	33	31	6	53
1997	73	0	31	11	51
1998	56	26	26	8	47
1999	42	24	26	7	44
2000	58	28	25	7	48
2001	46	25	24	9	35
2002	52	28	28	9	35
2003	42	23	28	9	26
2004	54	24	26	8	29
2005	55	29	20	4	39
2006	57	*	*	6	25



	<i>Invierno Dic-Feb</i>				
1991	101	23	41	17	72
1992	98	26	39	18	77
1993	109	26	37	20	82
1994	113	23	42	26	82
1995	96	41	29	6	73
1996	89	35	37	15	68
1997	96	17	49	15	63
1998	84	0	43	13	62
1999	67	38	34	10	60
2000	66	40	41	9	58
2001	60	52	32	12	49
2002	52	38	36	11	46
2003	66	37	35	11	49
2004	50	33	41	12	41
2005	51	34	37	10	46
2006	71	41	45	6	65



Fuente: el promedio trimestral se realizó con base en la información proporcionada por la Comisión Estatal de Ecología, junio 2007.

Bibliografía

- Emmel, Thomas (1983), *Ecología y biología de las poblaciones*, México, Interamericana.
- Fiel, Barry C. (1990), *Economía ambiental*, México, McGraw-Hill.
- Freeman, A. Myrick (1995), *Control de la contaminación del agua y del aire*, México, Limusa.
- García, Alfonso y Óscar Fernández (1998), “La contaminación y la pequeña industria en México”, *Comercio Exterior*, México, vol. 48.
- Gobierno del Estado de Jalisco (1997), Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-20001, México.
- INEGI (varios años), Censos Económicos y de Población y Vivienda.
- Ludevid Anglada, Manuel (1998), *El cambio global en el medio ambiente*, México, Alfaomega.
- Michel, Jean Elizabeth (1979), *La contaminación atmosférica y la salud*, México, IGE-UdeG.
- Odum, E. P. (1984), *Ecología*, México, Interamericana.
- Pemex, Secretaría de Energía, Programa de Trabajo 1999-2000.
- Robbins (2000), *Manual de patología estructural y funcional*, España, McGraw-Hill Interamericana.
- Seinfeld, John H. (1978), *Contaminación atmosférica*, Madrid, IEADL.
- Strauss, W. y S. J. Mainwaring (1995), *Contaminación del aire*, México, Trillas.
- Turk Turk, Wittes (1984), *Ecología-contaminación-medio ambiente*, México, Interamericana.
- Vizcaíno Murray, F. (1975), *La contaminación en México*, México, Fondo de Cultura Económica.