



“Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”

Informe final

Dr. Horacio Riojas Rodríguez

M. en C. Urinda Alamo

M. en C. José Luis Texcalac Sangrador

Dra. Isabelle Romieu

Cuernavaca, Mor. Noviembre 2009

Presentación

El Gobierno del distrito Federal (GDF), en su interés por actualizar la política de gestión de la calidad del aire solicitó al Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) un estudio que permita tener una revisión del estado del arte de la información científica en el tema, de la normatividad y de los probables riesgos para la salud asociados a la contaminación del aire. De esta forma, el presente documento constituye el informe final del proyecto: *“Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México”*.

El objetivo del presente proyecto es el de evaluar el impacto en salud (mortalidad) asociado a la reducción de los niveles de contaminación del aire actuales en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, haciendo énfasis en la contaminación por Ozono (O₃) y partículas menores a 10 micras (PM₁₀) con el propósito de orientar las políticas de gestión de la calidad del aire (PROAIRE) para la protección de la población del Distrito Federal.

La Dra. Isabelle Romieu y el Dr. Horacio Riojas han sido los responsables por parte del INSP para encabezar este esfuerzo del cual da pie al presente informe que presenta el resultado de la recopilación del estado del arte sobre contaminación atmosférica y sus efectos en salud así como el efecto que tendría bajo distintos escenarios la política de intervención enfocada hacia la disminución de concentraciones de contaminantes en el aire de la Zona Metropolitana del Valle de México en el futuro.

Listado de acrónimos

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	microgramos por metro cúbico
CFR	Concentración función respuesta
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DF	Distrito Federal
GDF	Gobierno del Distrito Federal
IMECA	Índice Metropolitano de la Calidad del Aire
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
O ₃	Ozono
PM ₁₀	Partículas con tamaño aerodinámico menor a 10 micrómetros
PM _{2.5}	Partículas con tamaño aerodinámico menor a 2.5 micrómetros
PROAIRE	Programa para mejorar la calidad del aire
SETRAVI	Secretaría de Transportes y Vialidad
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
APHEIS	Contaminación del Aire y Salud: Un Sistema de Información Europeo
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
ATSDR	Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades
OMS	Organización Mundial de la Salud
HIA	Evaluación de Impacto en Salud
COT	Carbón orgánico Total
IC95%	Intervalo de confianza de 95%

Indice

PRESENTACIÓN	2
LISTADO DE ACRÓNIMOS	3
INDICE	4
1 INTRODUCCIÓN	7
2 LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD	7
3 OBJETIVOS	8
3.1 OBJETIVO GENERAL	8
3.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	8
4 ANTECEDENTES	9
4.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO EN SALUD (EIS)	9
4.1.1 Pasos a seguir en la EIS.....	10
4.2 ANTECEDENTES DE EIS EN MÉXICO	12
5 AREA DE ESTUDIO	13
5.1 ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	13
5.1.1 Ubicación Geográfica	13
5.1.2 Características geoclimáticas.....	14
5.1.3 Temperatura.....	14
5.1.4 Viento	16
5.1.5 Uso de suelo y vegetación	17
5.1.6 Población y territorio.....	17
5.1.7 Industria	19
5.1.8 Transporte.....	19
5.1.9 Consumo energético.....	20
5.2 DISTRITO FEDERAL	21
5.2.1 Población.....	21
5.2.2 Densidad de población	21
5.2.3 Población por grupos de edad.....	22
5.2.4 Transporte y vialidad.....	22
5.2.5 Uso de Suelo	23
5.2.6 Parques Industriales	24
6 MORTALIDAD Y MORBILIDAD EN EL DISTRITO FEDERAL	25
6.1 MORTALIDAD GENERAL	25
6.2 MORTALIDAD INFANTIL.....	26
6.3 MORBILIDAD.....	27
7 NATURALEZA Y FUENTES DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES	29
7.1 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO EN LA ZMVM	31
7.1.1 Fuentes de emisión	31
7.1.2 Comportamiento por temporada climática.....	31
7.1.3 Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	32
7.1.4 Dióxido de Azufre (SO ₂)	33
7.1.5 Monóxido de carbono (CO)	33
7.1.6 Partículas suspendidas totales (PST)	34

7.1.7	Partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10})	34
7.1.8	Partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$).....	35
7.1.9	Ozono (O_3).....	36
8	NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL	37
9	GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE	39
9.1	INVENTARIO DE EMISIONES.....	39
9.2	PROAIRE.....	39
9.2.1	Metas establecidas en el PROAIRE.....	39
10	CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y RIESGOS A LA SALUD.....	41
10.1	MECANISMOS DE ACCIÓN	42
10.1.1	Estrés oxidativo	42
10.1.2	Mecanismo de efectos cardiovasculares.....	43
10.1.3	Mecanismos de efectos cerebrovasculares	44
10.2	EFFECTOS EN LA SALUD DEL MATERIAL PARTICULADO Y DIÓXIDO DE AZUFRE.....	44
10.2.1	Estudios epidemiológicos sobre efectos en la salud de material particulado	46
10.3	EFFECTOS EN LA SALUD DEL OZONO	46
10.3.1	Estudios epidemiológicos sobre efectos en la salud del ozono.....	46
10.4	EFFECTOS EN LA SALUD DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO)	47
10.5	EFFECTOS EN LA SALUD DEL BIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_2)	47
11	EVALUACIÓN DE IMPACTO.....	48
11.1	DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	48
11.2	PERIODO DE ANÁLISIS Y CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS SELECCIONADOS	50
11.3	ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE LA POBLACIÓN A PM_{10}	50
11.3.1	Distribución espacial de los contaminantes	51
11.3.2	Calculo del promedio ponderado por población.....	55
11.4	SELECCIÓN Y FRECUENCIA DE LOS EVENTOS EN SALUD.	55
11.5	FUNCIONES DE CONCENTRACIÓN RESPUESTA ELEGIDAS PARA ESTUDIO.	56
11.6	ESCENARIOS SELECCIONADOS.....	57
11.7	CÁLCULO DE LAS MUERTES EVITABLES.....	57
12	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO EN LA SALUD	58
12.1	EVALUACIÓN IMPACTO PM_{10}	58
12.1.1	Muertes evitables.....	58
12.1.2	Hospitalizaciones Evitables	64
12.2	EVALUACIÓN IMPACTO O_3	65
12.2.1	Muertes evitables ante diferentes escenarios de reducción de ozono	65
12.2.2	Hospitalizaciones evitables ante diferentes escenarios en las reducciones de ozono	67
13	DISCUSION DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE	68
13.1	ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE.....	70
13.1.1	Funciones de concentración respuesta.....	71
13.1.2	Efectos en la salud.....	72
13.1.3	Exposición de la población.....	72
13.2	BENEFICIOS A CORTO Y A LARGO PLAZO.....	73
14	CONCLUSIONES.....	73
15	RECOMENDACIONES.....	74
16	CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	75

17	FINANCIAMIENTO	76
18	RECURSOS HUMANOS.....	76
19	REFERENCIAS	77
20	ANEXOS	82

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento constituye el informe final del proyecto: “*Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*”.

En este trabajo se presenta una revisión de la literatura sobre estudios recientes en materia de contaminación del aire y sus efectos a la salud, así mismo se presentan las distintas normatividades en el mundo y como una futura adecuación a estándares o guías internacionales en México podrían incidir directamente en la reducción de la mortalidad y morbilidad en la población de la ZMVM.

El informe está estructurado en primera instancia con un planteamiento de la problemática para posteriormente puntualizar en los objetivos a alcanzar en el estudio desarrollado. Se describe lo que es la ZMVM, su conformación, población, clima, etc., así como también se incluyen datos de mortalidad y morbilidad que servirán de sustento para las estimaciones finales. También se incluye un apartado sobre la tendencias de los contaminantes criterio en los últimos años así como la normatividad actual en México y algunas otras partes o agencias de referencia.

Se incluye un capítulo sobre contaminación del aire y riesgos a la salud que incluye la evidencia de lo encontrado en la revisión bibliográfica.

Posteriormente se muestra la metodología seguida evaluar el impacto por futuras intervenciones en la reducción de contaminantes. También se detalla la metodología seguida para la estimación de la exposición de la población así como la delimitación del espacio geográfico de trabajo, en este último punto cabe destacar que pese a que la ZMVM está constituida por 16 delegaciones en el Distrito Federal y 59 municipios del Estado de México sólo fue posible trabajar con un área menor debido a que no fue posible abarcarla en su totalidad debido a limitantes metodológicas.

Finalmente se incluyen los resultados y la discusión de los mismos que dan pie a las recomendaciones finales.

2 LA GESTION DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD

Si bien es cierto que en México existe un importante proceso de implementación de regulaciones, normas y estándares para reducir las emisiones y la concentración en el aire ambiente de los compuestos tóxicos y sus precursores, también es cierto que en limitadas ocasiones estas regulaciones están sustentadas en investigación científica generada expresamente para tal fin encausada expresamente a las necesidades locales. Existen antecedentes de cómo la definición de la normatividad nacional se ha basado en la reproducción y/o adaptación de valores de referencia y guías adoptadas por otras naciones, principalmente de los Estados Unidos. Lo anterior no permite definir estrategias

de investigación locales, ni fomenta el desarrollo de estudios de investigación para la definición de límites y umbrales en las ciudades más importantes del país.

En este sentido, el GDF considera impulsar y actualizar la regulación y gestión de calidad del aire basada en el estado del arte actual en la materia y fortalecida con el conocimiento generado en la experiencia nacional. Para ello es necesaria una actualización de la información sobre los efectos de la contaminación en la salud humana como base para el diseño de metas y estrategias efectivas para reducir los daños en el Distrito Federal, además de permitir la propuesta de nuevas líneas de investigación. Para esto se solicitó información sobre la evidencia científica actual de los mecanismos de acción de los diferentes contaminantes y sobre los beneficios en la salud de reducir los niveles actuales de contaminación del aire. En relación a este último punto, el presente estudio comprende una evaluación de impacto siguiendo la metodología propuesta por el proyecto europeo “*Contaminación del Aire y Salud: Un Sistema de Información Europeo*” (APHEIS por sus siglas en inglés), metodología similar a la utilizada en estudios llevados a cabo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El enfoque mencionado anteriormente permitió dar respuesta a una de las principales preguntas planteadas al grupo de investigación por parte del GDF: ¿Cuáles son los principales efectos en la salud de la contaminación del aire en el Distrito Federal y qué beneficios se podrían esperar al reducir los niveles de O₃ y PM₁₀?

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar, mediante fuentes secundarias y literatura científica publicada, los efectos en la salud asociados a la contaminación del aire en la población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, haciendo énfasis en la contaminación por Ozono (O₃) y partículas menores a 10 micras (PM₁₀) con el propósito de orientar las políticas de gestión de la calidad del aire para la protección de la población del Distrito Federal.

3.2 Objetivos particulares

- Revisar la bibliografía sobre los mecanismos de acción y efectos en la salud asociados a la contaminación del aire por O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, partículas suspendidas totales (PST), bióxido de azufre (SO₂), bióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO).
- Caracterizar la naturaleza y fuentes de contaminación en exteriores en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
- Describir la tendencia de los niveles de contaminantes criterio en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
- Revisar las normas nacionales e internacionales para contaminantes criterio.

- Estimar los beneficios en la salud que se esperarían al reducir los niveles de O₃ y PM₁₀ en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, mediante una evaluación de impacto en la salud.
- Evaluar el reporte final por un panel de expertos
- Presentar los resultados a la Secretaría del Medio Ambiente.

4 ANTECEDENTES

4.1 Evaluación de Impacto en Salud (EIS)

La EIS es una metodología derivada del enfoque de evaluación de riesgos. El riesgo es la probabilidad de que se presenten efectos nocivos para la salud después de una exposición a un peligro o a un agresor. Y la evaluación de riesgo puede definirse como: *“un proceso cuantitativo que se lleva a cabo para caracterizar la naturaleza y magnitud de los riesgos potenciales para la salud pública, de la exposición a sustancias peligrosas, contaminantes o agentes liberados de sitios específicos”* (Evans, Fernández-Bremauntz et al. 2003) La evaluación de riesgos es considerada por los expertos como un instrumento para asegurar que la toma de decisiones esté basada en la mejor evidencia científica disponible, y para ayudar a que los recursos económicos y humanos sean dirigidos hacia la atención de los peligros más significativos, aplicando programas y acciones de reducción de riesgos que sean costo efectivos (Evans, Fernández-Bremauntz et al. 2003).

Actualmente existen diversas propuestas metodológicas para llevar a cabo una evaluación de riesgo, como la propuesta por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés) o la propuesta por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR por sus siglas en inglés). En el mismo sentido, la OMS considera como una de las actividades de la evaluación de riesgo a la EIS. La Evaluación de Impacto en Salud se define como *“una combinación de procedimientos, métodos y herramientas mediante las cuales, una política, un programa o un proyecto pueden ser evaluados en función de sus potenciales efectos en la salud de la población y de la distribución de los mismos en dicha población”* (Dannenberg, Bhatia et al. 2008).

La EIS debe ser contemplada como un instrumento tanto científico como político, puesto que ofrece un marco estructurado para evaluar un rango amplio de consecuencias sobre la salud derivadas de la implantación de una acción, y permite conectar los resultados obtenidos en las investigaciones epidemiológicas con las intervenciones que se llevan a cabo en salud pública. Esta herramienta facilita la incorporación del conocimiento científico en el proceso de toma de decisiones y debería formar parte del diseño y desarrollo de cualquier intervención con repercusiones para la salud pública. (Boldo E 2005)

La EIS presenta una metodología flexible, capaz de adaptarse a cada caso concreto. Su objeto de estudio son los impactos en salud, tanto positivos como negativos, de intervenciones concretas, y su resultado final es un conjunto de recomendaciones puestas

a disposición de los gestores para maximizar beneficios y disminuir las consecuencias negativas, basadas en la mejor evidencia cualitativa y/o cuantitativa disponible en ese momento (WHO Working Group. 2000)

La Evaluación de Impacto en Salud implica la cuantificación de la carga de enfermedad esperada debida a una exposición en una población concreta. Por ello, aunque los cambios previstos por la aplicación de una acción en salud pública pueden ser cualitativos o cuantitativos, para su incorporación en la EIS siempre deben ser cuantificables (WHO Working Group. 2000). La evaluación ha de realizarse con el máximo rigor científico, ya que este proceso sólo tiene sentido real cuando existe a priori suficiente evidencia causal entre el factor que se valora y los efectos en la salud que se le atribuyen. Asimismo, la EIS también debería incluir una evaluación de la fiabilidad de las estimaciones de los impactos.

La EIS está basada en la aplicación de métodos para obtener el riesgo atribuible a factores específicos como el fumar (Kunzli and Perez 2007). La fracción atribuible es la fracción de un problema de salud que puede ser atribuible a una exposición específica (en comparación con la línea base de exposición) o a un cambio en la exposición. Si se conoce la carga total de un problema de salud en una población específica, se pueden calcular los casos atribuibles a determinados problemas. Bajo el supuesto de que ninguno de los casos puede ocurrir en la ausencia de la exposición, la fracción atribuible se puede expresar como “carga prevenible”(Kunzli and Perez 2007).

4.1.1 Pasos a seguir en la EIS

La EIS pasa por diferentes etapas en las que se debe definir cuáles son las asunciones y limitaciones adoptadas, así como las consecuencias de éstas. Aunque no se cuenta con una metodología estandarizada, sí existe un amplio consenso sobre los elementos o pasos que debe contemplar el proceso de EIS de una intervención (Taylor L. 2002)

a) Antecedentes “Screening”

En esta fase se realiza una primera valoración sobre si la intervención objeto de estudio puede ocasionar algún impacto en la salud y sobre qué aspectos de ésta pueden resultar más afectados por la intervención. Además, se decide si se realizará una EIS.

b) Diseño y Planificación “Scoping”

Tras decidir que la EIS debe realizarse, es necesario planificar cómo va a desarrollarse. Se trata de determinar las cuestiones más relevantes de salud que necesitan ser tenidas en cuenta en la siguiente fase.

c) Evaluación “Appraisal or assessment”

Se cuantifican los potenciales impactos sobre la salud y el bienestar de la población afectada considerando la mejor evidencia y conocimiento disponible, la

experiencia y las opiniones de los sectores sociales implicados. En este paso se propondrán posibles alternativas a la intervención y/o medidas que atenúen el impacto si fuera preciso.

d) **Divulgación sobre impactos en salud y opciones políticas “Adjusting the proposed decision or intention”**

Es un paso esencial dentro del proceso de EIS. Consiste en conseguir influir en los gestores para que adopten las recomendaciones realizadas en el informe de la EIS. Esto supone que la salud de la población debe tener un peso importante respecto de otros intereses relacionados con la intervención. Con ello, se ofrece la oportunidad de maximizar los impactos positivos y minimizar los negativos de las intervenciones objeto de la EIS.

e) **Monitoreo y/o evaluación “Monitoring and evaluation”**

Se pretende evaluar si las recomendaciones que fueron propuestas en la EIS fueron puestas en marcha y si se ha conseguido un efecto positivo sobre la salud. En caso contrario, se ha de estudiar por qué no fueron implantadas o por qué el efecto no fue el esperado.

Actualmente la EIS es una herramienta utilizada que busca reducir la brecha entre investigación y toma de decisiones, ha sido ampliamente utilizada en Europa y en Estados Unidos en diversas áreas, entre ellas en salud ambiental. Actualmente se cuenta con suficiente evidencia epidemiológica para cuantificar el impacto de la contaminación del aire en la salud pública y se han efectuado evaluaciones de este tipo sobre todo en países industrializados. En Europa, a través del programa *APHEIS* se efectuó en el 2001 una EIS en 26 ciudades de 12 países europeos. Los resultados de este programa permiten estimar el número de muertes anuales en las ciudades participantes si se reducen las exposiciones de contaminantes a largo plazo.

Para estimar los casos atribuibles se requieren conocer tres factores: 1. La frecuencia del problema de salud en la población, es decir el número de eventos por año para el problema de salud específico, 2. El nivel de exposición al factor de riesgo en la población, y 3. La asociación cuantitativa entre la exposición y el efecto en la salud (la función de concentración-respuesta o FCR) (Kunzli and Perez 2007). Además de estos factores, la EIS depende de la definición del área de estudio, de la selección de las medidas de exposición, de la selección de los eventos en salud y de la selección de los niveles de referencia.

Por otro lado, es de suma importancia considerar en un estudio de EIS la incertidumbre generada al estimar lo que se esperaría en la salud pública si la calidad del aire mejorara, asumiendo que todos los demás factores que pudieran intervenir permanecieran estáticos. Generalmente la incertidumbre es considerada incluyendo en los resultados diferentes umbrales en relación al punto estimado o planteando diversos escenarios.

4.2 Antecedentes de EIS en México

En México, a nuestro conocimiento, existen cuatro estudios de impacto de la contaminación del aire en la salud. En el año 2000, como parte de los trabajos que se desarrollaron para la realización del PROAIRE, se realizaron dos estudios sobre el efecto de los contaminantes en la salud y la cuantificación económica del mejoramiento de la calidad del aire. El estudio *Valoración económica del mejoramiento de la calidad del aire en la Zona metropolitana del valle de México (ZMVM)* se llevó a cabo por investigadores del Centro Nacional de Salud Ambiental (CENSA) y del Centro de Investigaciones en Medio Ambiente de Holanda (IVM). El segundo estudio *Contaminación atmosférica en la ZMVM y salud humana* se realizó en colaboración con la Escuela de Salud Pública de Harvard, el Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo y la Universidad Autónoma Metropolitana (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002).

En estos estudios se estimó la relación y el efecto que puede tener la contaminación en la salud de las personas a través de: a) la estimación de funciones de exposición-respuesta, b) la cuantificación del incremento en la admisión a hospitales, c) el número de visitas a la sala de emergencias, d) los efectos en asmáticos, e) el aumento en los síntomas respiratorios, f) los días que la población tiene que reducir sus actividades y g) la mortalidad, todos ellos asociados a la contaminación atmosférica (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002). Además de estimar los casos de morbilidad y mortalidad que se evitarían ante una reducción de los niveles actuales de O₃ y PM₁₀, esto de acuerdo a cuatro escenarios de calidad del aire en la ZMVM. El primer escenario valoró una reducción del 10% en la concentración de ozono y PM₁₀ con respecto a los niveles actuales; el segundo consideró una reducción del 20%; el tercero valoró una disminución de las concentraciones máximas y mínimas promedio en la ZMVM hasta cumplir con las normas de calidad del aire; y el último incorporó una disminución de las concentraciones máximas del sitio específico más contaminado que reporta la red de monitoreo, hasta cumplir con la norma (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002).

Un tercer estudio publicado por Evans y colaboradores formó parte del proyecto *“Programa Integral sobre Contaminación del Aire Urbana, Regional y Global: Caso de estudio de la ciudad de México”* dirigido por el Dr. Mario Molina. Dicho estudio se publicó en el libro: *Air Quality in the Mexico Megacity*, donde se muestran los productos y evidencia de las acciones que se han realizado para mejorar la calidad de aire en la Ciudad de México (Evans, Levy et al. 2002).

Finalmente en el año 2006, Bell y colaboradores publicaron un estudio que estima el impacto en la salud de las políticas de control de la contaminación del aire en la Ciudad de México, en Santiago, Chile y en Sao Paulo, Brasil para el período 2000-2020 (Bell, Davis et al. 2006). Este estudio toma como referencia los resultados reportados en un metanálisis de datos disponibles para estimar las funciones de exposición-respuesta para la ZMCM (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000). Al igual que en los estudios incluidos en el PROAIRE, Bell y colaboradores estimaron los niveles de O₃ y material particulado de acuerdo a dos escenarios: 1. El primero considera la tendencia actual de emisiones de los dos contaminantes de acuerdo a las propuestas actuales para abatir la contaminación del

aire de forma directa, 2. El segundo considera el impacto de las medidas de mitigación de las emisiones de los contaminantes primarios y su consecuente impacto en los contaminantes secundarios. Este escenario asume la aplicación de la tecnología disponible hasta ahora para mitigar las emisiones en el sector energético, de transporte, industrial y residencial (Bell, Davis et al. 2006).

Los niveles de O₃ y material particulado estimados por Bell y colaboradores fueron asociados a mortalidad, visitas médicas, bronquitis, asma y efectos en las actividades diarias. Finalmente, los autores presentaron el total de efectos evitados (del 2000 al 2020) en el escenario de políticas de control en comparación con el escenario actual, para cada uno de los efectos asociados y concluyeron en que en las tres ciudades, el escenario de políticas de control presenta beneficios significativos para la salud.

5 AREA DE ESTUDIO

5.1 Zona Metropolitana del Valle de México

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) es el centro económico, social y político nacional, así como el polo articulador principal de la vida nacional con el extranjero. Su preeminencia se explica por su historia, ubicación y clima, infraestructura y equipamiento, producción y productividad, base industrial y de servicios, cultura, así como poseer la sede de los poderes federales.

Los elementos que integran la ZMVM -Distrito Federal y municipios conurbados del Estado de México- conforman una unidad por sus interrelaciones económicas, sociales, territoriales, ambientales, administrativas y políticas.

5.1.1 Ubicación Geográfica

La Cuenca del Valle de México se encuentra en la región central del territorio nacional; en su interior y asentada sobre la planicie aluvial¹ que dejaron los antiguos lagos de Texcoco, México, Chalco y Xochimilco encontramos a la Zona Metropolitana del Valle de México la cual tiene una elevación promedio de 2,240 metros sobre el nivel del mar.

La altitud a la que se encuentra ubicada la ZMVM, ocasiona que los procesos de combustión operen deficientemente provocando mayores emisiones de contaminantes a la atmósfera; esto como consecuencia del bajo contenido de oxígeno del aire, el cuál es aproximadamente 23% menor que al nivel del mar (Gobierno del Distrito Federal 2004).

La geoposición de la ZMVM facilita la recepción de una intensa radiación solar que acelera la formación fotoquímica de contaminantes atmosféricos como el ozono y las partículas secundarias (Gobierno del Distrito Federal. 2006).

¹ Suelo generado a partir de los materiales acumulados por las aguas de los ríos.

Su ubicación en el centro del país permite que a lo largo del año, la ZMVM resulte afectada por sistemas anticiclónicos, los cuales mantienen el cielo despejado y aumentan la capacidad fotoquímica de la atmósfera. Estos sistemas también inducen a que la velocidad de los vientos disminuya cerca de la superficie del suelo, situación que inhibe el movimiento vertical y horizontal del aire, dificultando la dispersión de los contaminantes.

La ZMVM cuenta con prominencias topográficas aisladas como el Cerro de la Estrella, el Volcán de Guadalupe, el Peñón y el Cerro de Chapultepec, entre otros; su ubicación geográfica y su entorno característico ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire existente en esta zona.

5.1.2 Características geoclimáticas

Las características geográficas y climáticas de la ZMVM se consideran como unos de los principales factores que condicionan la acumulación o dispersión de los contaminantes, generados fundamentalmente por procesos antropogénicos. Así mismo, el clima y el estado del tiempo en pequeña escala o microclima de la ZMVM, tiene considerables influencias que afectan el aire y el comportamiento de los contaminantes.

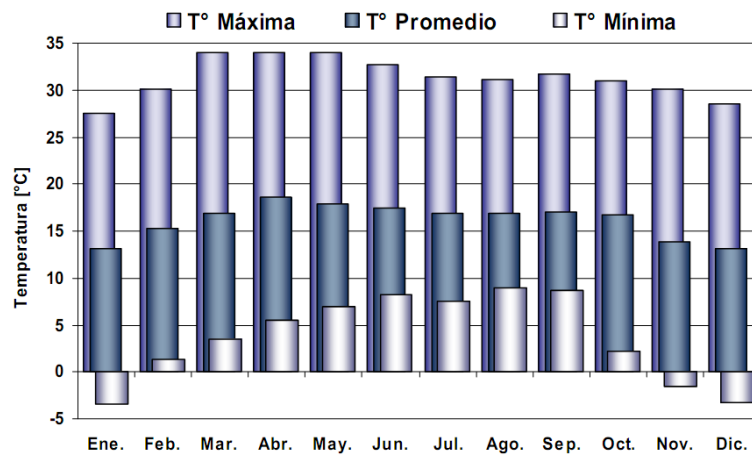
De acuerdo con datos climatológicos del área de estudio, se presentan tres subtipos de climas, como resultado de las diferencias de elevación y relieve del terreno; y cabe mencionar que estos subclimas, influyen significativamente en las condiciones meteorológicas de áreas específicas. En la ZMVM, se presenta un clima templado con lluvias en verano, templado húmedo y subhúmedo con lluvias en verano y por último, un clima seco.

5.1.3 Temperatura

En los últimos años las condiciones meteorológicas y climáticas del Valle de México han cambiado, provocando que casi no se distingan los cambios estacionales, aun se puede reconocer una estación húmeda (lluvias) y una estación de secas que se caracteriza por presentar contenidos de humedad baja; sin embargo, las variaciones de temperatura de hasta 15°C que se presentan en esta última estación, permiten dividirla en dos estaciones: Seca-Caliente y Seca-Fría. La primera comprende de marzo a mayo y la segunda de noviembre a febrero. Por otro lado la temporada de lluvias y humedad relativa alta, se presenta desde mediados de mayo, pero se vuelve más evidente entre junio y octubre, ocasionando que descendan los niveles de algunos contaminantes por la inestabilidad atmosférica. Los niveles más altos de precipitación se registran en las zonas montañosas y los más bajos en la zona oriente.

Normalmente en la ZMVM, la temperatura máxima, mínima y promedio mensual tienden a presentar un patrón estacional como reflejo de la época del año; de esta manera, los valores más bajos se registran en la época seca-fría y los más altos en la seca-caliente, así mismo, los valores moderados se presentan durante la época de lluvias,

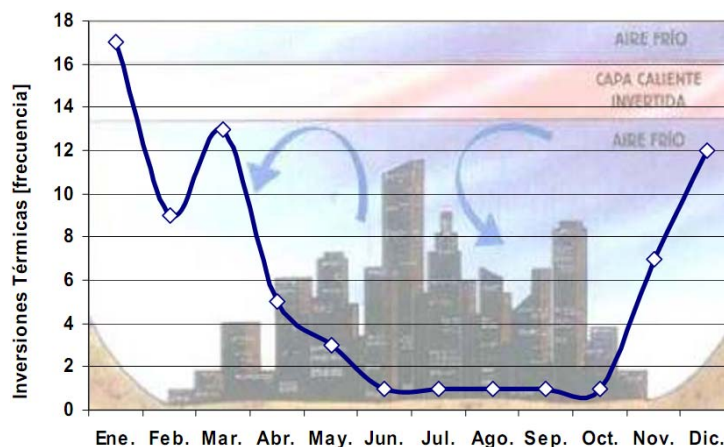
cuando la formación de nubes es significativamente mayor y la insolación es interceptada por éstas (Ver Gráfica 1).



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Gráfica 1. Temperatura máxima, mínima y promedio mensual, 2006

Las inversiones térmicas se presentan con el aumento de la temperatura en ciertas capas de la atmósfera que frenan los movimientos del aire, puesto que el aire frío y denso de las capas bajas, no puede elevarse. Son sinónimo de estabilidad atmosférica de tipo temporal y por lo tanto, favorecen el estancamiento de las emisiones contaminantes. En el año 2006, las inversiones térmicas se presentaron con mayor frecuencia en el mes de enero. Su origen es el resultado de la posición geográfica y morfológica del Valle, asociado a los sistemas de alta presión, cuando se ubican hacia el norte del territorio en la época de invierno, ya que desplazan aire frío hacia el centro del país.



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

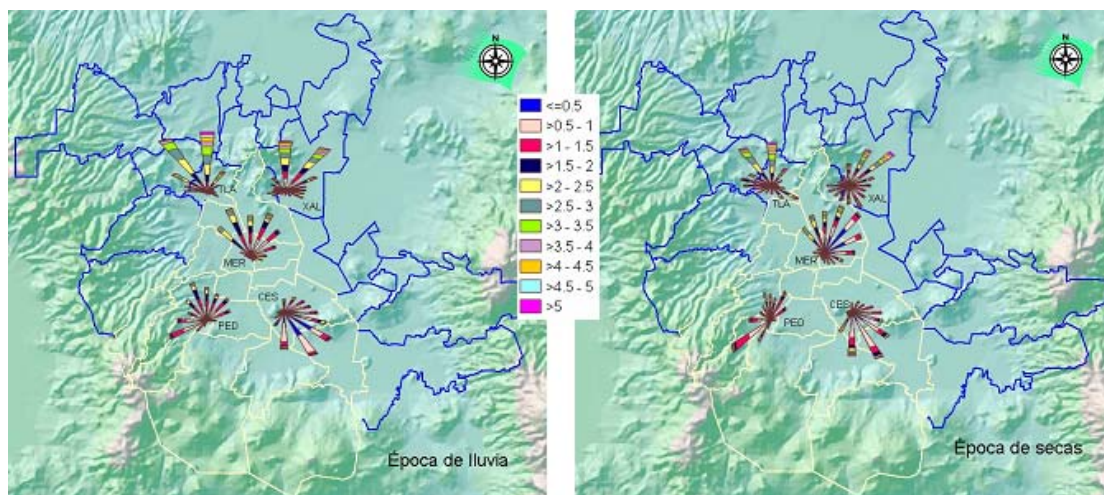
Gráfica 2. Frecuencia de inversiones térmicas en el año 2006

5.1.4 Viento

La estructura del campo de viento dentro del Valle de México obedece en gran medida a una abertura orográfica casi libre de obstáculos en la región nororiental, donde el terreno es casi plano. Esta condición específica hace que la dirección prevaleciente de los vientos en superficie a lo largo del año, sea con mayor frecuencia del noreste hacia el suroeste; sin embargo, cuando los sistemas meteorológicos de escala mayor (escala sinóptica) propician vientos fuertes de cierta dirección, normalmente tal dirección se impone dentro del Valle, incluso se invierte la dirección antes descrita. Por otro lado, si el viento es débil, tienden a formarse remolinos, lo cual puede ser coadyuvado por las montañas y eventualmente producir altas concentraciones de algún contaminante. (Gobierno del Distrito Federal. 2006)

Las características de viento suelen ser distintas en cada estación meteorológica, aún cuando se trate de la misma zona IMECA. El viento resulta totalmente variante día con día, pero un análisis de períodos prolongados ayuda a identificar patrones de comportamiento tradicional, como por ejemplo, el flujo predominante de norte a sur dentro del Valle o la formación reiterada de un vórtice ciclónico en la región centro-sur de la ZMVM.

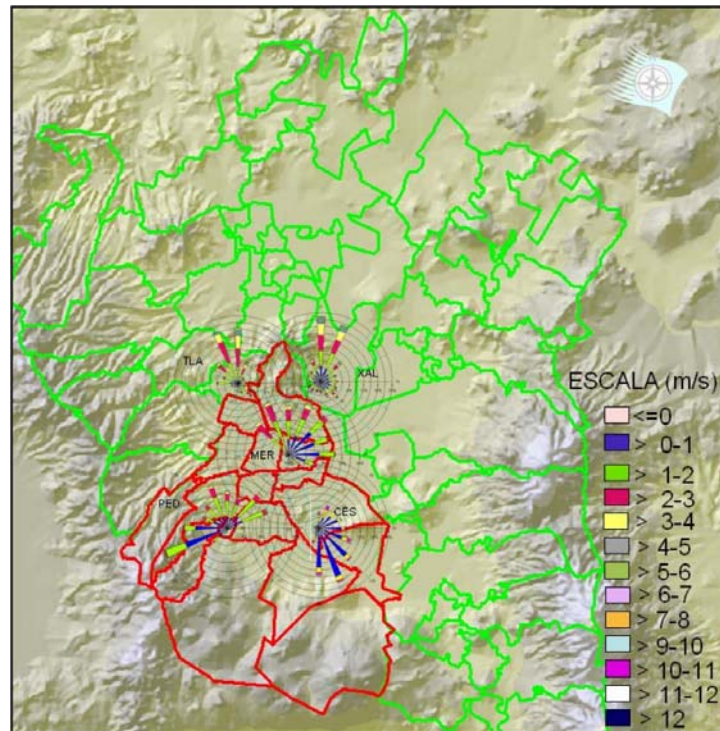
En el Mapa 1 se presentan las rosas de viento de cinco estaciones del SIMAT (Tlalnepantla, Xalostoc, Merced, Cerro de la Estrella y Pedregal). En ellas se puede observar que la dirección preponderante del viento tiene una componente principal del Norte y que sólo en la estación Cerro de la Estrella los vientos dominantes presentan una fuerte componente del sur, debido a la cercanía de las cadenas montañosas, adicionalmente vemos que el comportamiento estacional es similar tanto en época seca como en lluvias.



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Mapa 1. Rosas de viento promedio anual 2004

Para el 2006 vemos como el promedio de las rosas de viento sigue teniendo un comportamiento al reflejado en el mapa anterior del 2004.



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Mapa 2. Rosas de viento promedio anual ZMVM, 2006.

5.1.5 Uso de suelo y vegetación

En el interior de la ZMVM se presentan 7 tipos de vegetación que responden a los climas templado frío y semiárido, estos tipos de vegetación forman parte, principalmente, de las zonas de conservación y son: bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino, asociaciones de matorral, asociaciones de pastizal, agrupaciones halófilas y vegetación acuática. En las zonas urbanas la vegetación original se encuentra modificada o ha desaparecido.

5.1.6 Población y territorio

Hablar de zona metropolitana es hablar de un proceso iniciado en la década de los cuarenta, con la conurbación entre la delegación Miguel Hidalgo en el Distrito Federal y el municipio de Naucalpan en el Estado de México, inducida por la construcción de Ciudad Satélite (CONAPO 2007). Desde entonces, tanto el medio académico como gubernamental han realizado diversos esfuerzos por definir y delimitar las zonas metropolitanas del país, tanto para fines de planeación como de contribución al debate científico sobre el tema.

El CONAPO (Consejo Nacional de Población) define como Zona Metropolitana a aquel conjunto de dos o más municipios dónde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente las contenía, incorporando como parte de sí o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con lo que mantiene un alto de integración socioeconómica; en esta definición se incluye además a aquellos municipios que por sus características particulares son relevantes para la planeación y política urbanas.

Bajo este enfoque, en el año 2006 se publicó en las gacetas oficiales del DF y Estado de México la declaratoria que reconstituye a la ZMVM dejándola integrada por las 16 delegaciones del DF y 59 municipios del Estado de México². El Mapa 3 nos muestra la conformación espacial de esta unidad territorial y en el Anexo 1 podemos observar los nombres de los municipios que la conforman. Esta nueva constitución espacial representa el 0.25% de la superficie total del país y la habitan más de 19 millones de personas cifra que representa aproximadamente el 19% del total nacional.³



Mapa 3. Municipios y Delegaciones de la Zona Metropolitana del Valle de México.

² Anteriormente la ZMVM estaba conformada por las 16 delegaciones del Distrito federal y por 18 municipios del estado de México.

³ Estimación con base en los datos del censo 2005 de INEGI.

El 44% de la población de la ZMVM reside en el Distrito Federal mientras el restante 56% lo hace en los 59 municipios del Estado de México. Cabe destacar que más de la mitad de la población de la ZMVM, vive aglutinada en 5 delegaciones del DF y en 5 municipios del Estado de México (Gobierno del Distrito Federal. 2006). En el Anexo 2 podemos observar el incremento de la población durante los últimos años.

5.1.7 Industria

De acuerdo al Censo Económico 2004 realizado por el INEGI, la industria manufacturera es la de mayor importancia en la ZMVM ya que en ella se ubica el 16% del total nacional.

En el Distrito Federal existen 28,025 establecimientos correspondientes a este sector, lo cual, la ubica en el segundo lugar a nivel nacional. El subsector correspondiente a la producción de alimentos, bebidas y tabaco, es el giro de mayor representación con un 36%, le siguen las manufacturas de productos metálicos con el 23% y la producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales con el 15%.

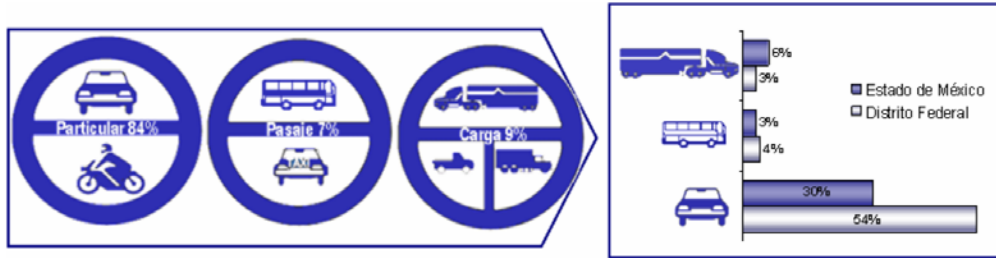
En el caso del Estado de México, la actividad industrial se concentra en los municipios de Tlalnepantla, Naucalpan y Ecatepec; los principales subsectores son: productos alimenticios, bebidas y tabaco, seguido de los productos metálicos, maquinaria y equipo.

5.1.8 Transporte

Debido al crecimiento poblacional de la ZMVM, la mancha urbana ha seguido creciendo sin un ordenamiento y planeación, haciendo que las distancias y los tiempos de traslado dentro de la misma hayan aumentado. Asimismo, la falta de transporte público metropolitano masivo y eficiente, ha ocasionado que continúe creciendo la flota vehicular de uso particular principalmente (Ver Anexo 3).

La flota vehicular registrada en la ZMVM, se estima en más de 4.2 millones de vehículos, de los cuales el 62% corresponden a unidades registradas en el Distrito Federal y el 38% restante a unidades registradas en el Estado de México. Cabe mencionar que los 41 municipios conurbados que se agregaron recientemente a la ZMVM, sólo representan el 12% de la flota del Estado de México y el 5% de la flota total de la ZMVM. El Distrito Federal tiene registrados a más de la mitad de los vehículos circulantes en la ZMVM como de uso particular y por su parte el Estado de México concentra el doble del transporte de carga en comparación con el Distrito Federal.

Los automóviles particulares al año 2006 representaban el 80% de las unidades destinadas al transporte de personas y sólo captan el 20% de los viajes por persona por día que se realizan en la ZMVM, en contraste con las combis y microbuses que representan menos del 2% del total de vehículos en la ZMVM y en ellos se realizan cerca del 60% de los viajes por persona por día. (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002)

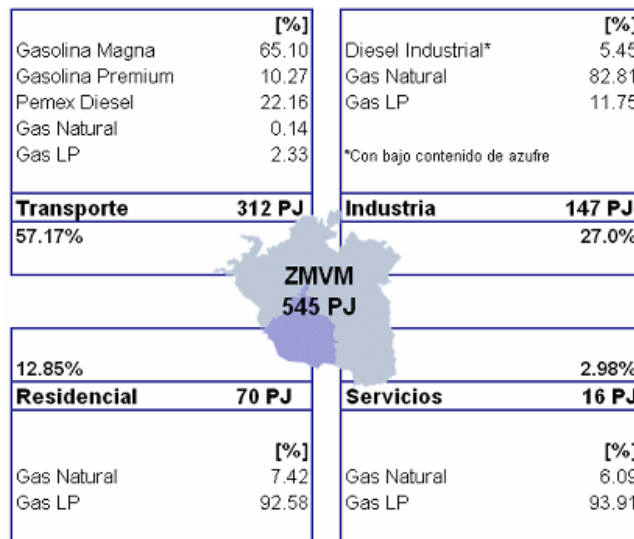


Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Figura 1. Flota vehicular de la ZMVM por uso y entidad

5.1.9 Consumo energético

Durante el 2006 el sector más demandante de energía fue el del transporte que tuvo una participación del 57% del total del consumo energético, teniendo a la gasolina como el principal combustible utilizado; mientras que en el sector industrial se consumió el 27%, utilizando en su mayoría gas natural (ver Figura 2 y Anexo 4). Los requerimientos del sector residencial y de servicios fueron cubiertos principalmente con gas LP que tuvo una participación del 93% y 94% del consumo en estos dos sectores. (Gobierno del Distrito Federal. 2006)



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

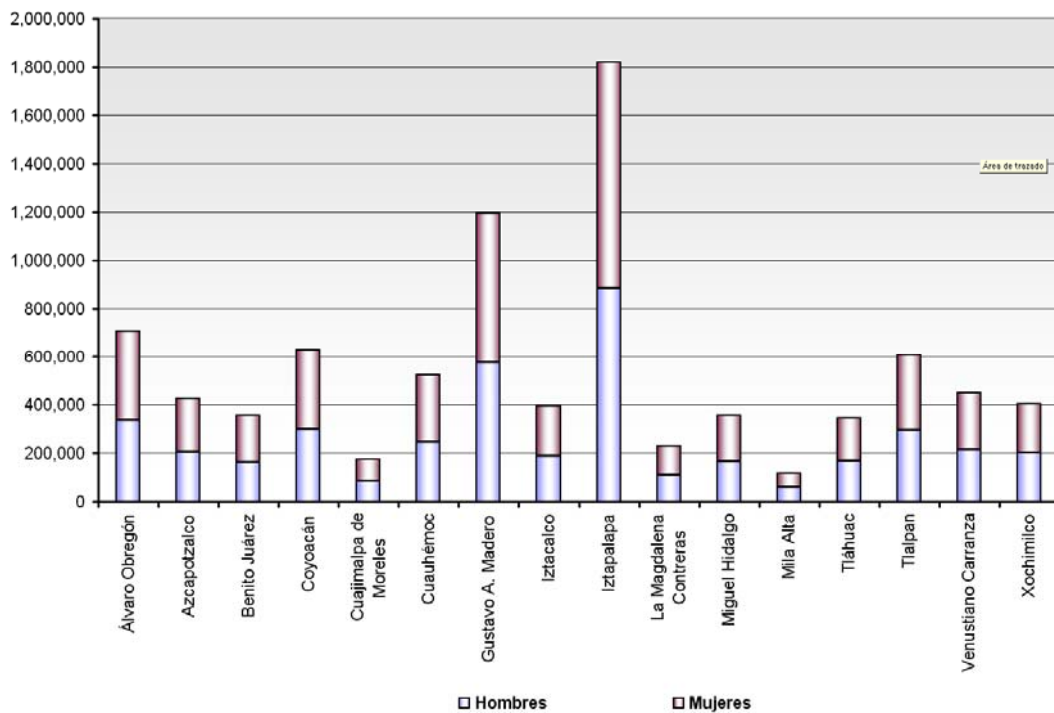
Figura 2. Demanda de energía por sector, ZMVM 2006.

El consumo promedio diario de combustibles en la ZMVM para el año 2006 se estimó en 306 mil barriles equivalentes de gasolina; es decir 49 millones de litros por día de la cual, la demanda energética es cubierta principalmente por gasolina la cual representó el 43% de la demanda.

5.2 Distrito Federal

5.2.1 Población

Según el Marco Geoestadístico de INEGI 2005, cuenta con 1,485 km² y ocupa el 0.1% del territorio nacional; el último conteo de población y vivienda de INEGI reporta que en el 2005 vivían 8,720,916 habitantes cifra que representa casi el 8.5% de la población del país; el 52% de su población son mujeres y el restante 48% son hombres. En el Anexo 5 podemos observar el crecimiento poblacional por cada delegación durante el periodo 1960 – 2005.



Gráfica 3. INEGI, 2005. Población del Distrito Federal por Delegación.

Destacan las delegaciones Gustavo A. Madero e Iztapalapa ya que como se observa en la (Gráfica 3) la población de la primera es de casi de 1,200,000 mil habitantes; mención aparte merece Iztapalapa que es la delegación y/o municipio más poblado del país con 1,820,888 habitantes, representa el 1.76% de la población total del país y 20.9% de la población del Distrito Federal.

5.2.2 Densidad de población

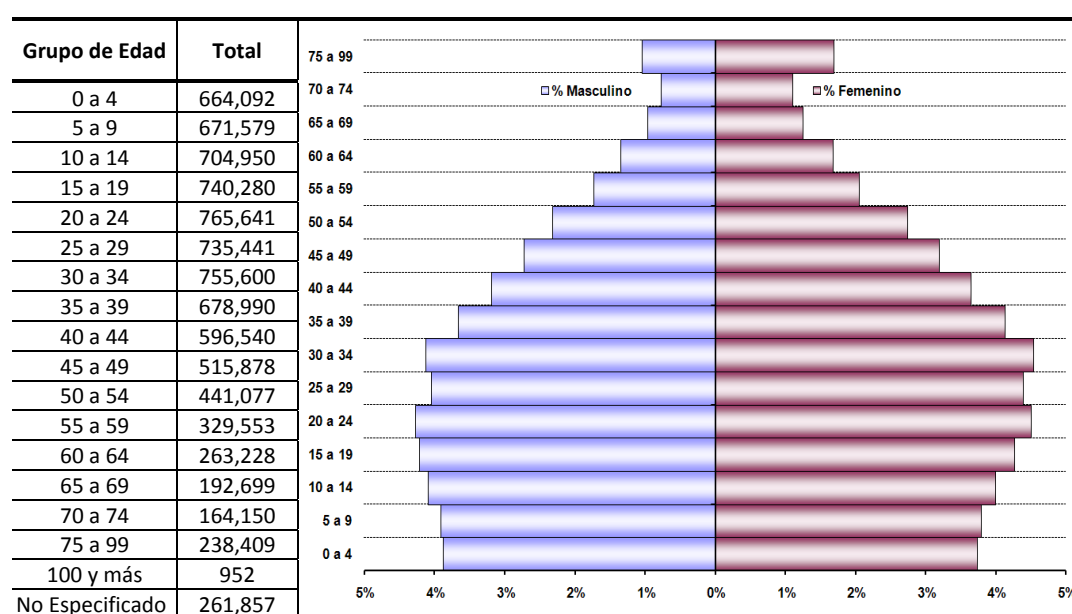
A nivel nacional el DF ocupa el segundo lugar en número de habitantes, la densidad de población es de 5,879 habitantes por kilómetro cuadrado, el 99.7% de su población es

urbana y el 0.3% es rural. En el Anexo 6 se puede observar la tendencia histórica de la densidad poblacional en cada una de las delegaciones del Distrito Federal.

5.2.3 Población por grupos de edad

Se dice que México está viviendo actualmente una transición demográfica y que a futuro el grueso de la población ira envejeciendo. (Elena Zuñiga Herrera 2008) La Tabla 1 nos muestra que de acuerdo a datos del censo del 2005 los grupos de edad con mayor número de población son los de 20 a 24 años y los de 15 a 19.

Tabla 1. Población del Distrito Federal por grupos de edad, INEGI, Censo 2005.



5.2.4 Transporte y vialidad

5.2.4.1 Vehículos en circulación

En el Distrito Federal se tienen matriculados más de 2.5 millones de vehículos y en sus vialidades circulan diariamente casi 3.5 millones de unidades (Secretaría de Transportes y Vialidad 2008). Diariamente por las principales arterias circulan en promedio 30 mil 456 vehículos. De este volumen vehicular: 91.13% son vehículos particulares; 2.14% son vehículos del transporte público de pasajeros, y 6.73% son vehículos de transporte de carga. (Gobierno del Distrito Federal 2005), (ver Anexo 7)

5.2.4.2 Red vial

La red vial del DF se estima en 10 mil 182 kilómetros las cuáles se subdividen en: a) Vías de acceso controlado y flujo continuo: 171.4 km (1.7%); b) Arterias principales: 320.6

km (3.1%); Ejes viales: 421.2 km (4.1%); y Vialidad secundaria: 9 mil 269 km (91.0%). (Ver Anexo 7)

5.2.4.3 Viajes producidos

La movilidad se establece por el número total de viajes realizados en el territorio del Distrito Federal por los habitantes mayores de 5 años de la Zona Metropolitana del Valle de México.

En el año 2004, en el Distrito Federal se produjeron 13.9 millones de viajes. De ellos, 5.1 millones se produjeron en la Ciudad Central, 7.0 millones en el Primer Contorno, 1.8 millones en el segundo contorno y 60 mil 517 en el tercer contorno. Hay seis demarcaciones territoriales en las cuales se produjeron más de un millón de viajes diarios: Cuauhtémoc con 2.2; Gustavo A. Madero con 1.7; Iztapalapa con 1.6; Benito Juárez con 1.2; Coyoacán con 1.1 y Álvaro Obregón con 1 (Gobierno del Distrito Federal 2004).

En los estudios realizados para el Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001–2006, se estimó que en el año 2000 el 55% de los viajes realizados en la Zona Metropolitana del Valle de México fueron en minibuses y combis, el 14% en el Metro, el 9% en autobuses, el 5% en taxis, y el 1% en el tren ligero o trolebuses; el restante 16% de los viajes se realizó en automóviles particulares.

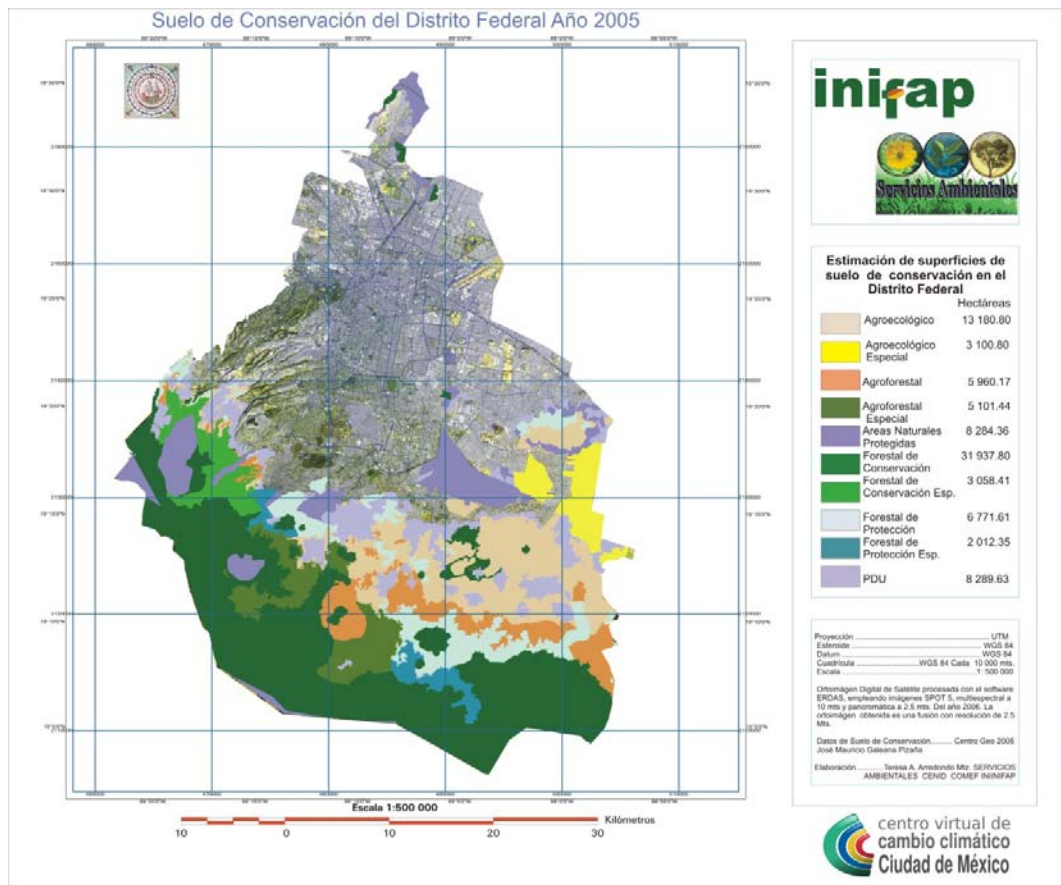
Del estimado total de viajes producidos por día (ver Anexo 7) se puede observar que, en general, el número de viajes producidos por día en una demarcación está relacionado con el volumen de su población. Por eso no es sorprendente que las dos demarcaciones territoriales con mayor población (Gustavo A. Madero e Iztapalapa) se encuentren entre las seis que producen más de un millón de viajes diarios.

Sin embargo, la población no es el único factor que explica el volumen de viajes que se producen en un territorio cada día. El uso del suelo en la demarcación y el nivel de ingresos de la población influyen también de manera importante sobre la movilidad, de la siguiente manera. Existen mayores índices de movilidad según: a) A mayor dotación de usos de suelo mixto; b) a mayor nivel de ingresos promedio de la comunidad.

En el Distrito Federal, la demarcación territorial que produce más viajes cada día, no es la más poblada, sino Cuauhtémoc (2.2 millones de viajes al día). En el otro extremo, demarcaciones con alta proporción de suelos protegidos como áreas de conservación o de suelo rural, y con menores niveles de ingreso promedio, como son Milpa Alta, Magdalena Contreras o Tláhuac, tienen menores índices de movilidad.

5.2.5 Uso de Suelo

El Distrito Federal se divide, para fines administrativos, en Suelo Urbano y Suelo de Conservación. El Suelo de Conservación ocupa 88,442 hectáreas (59% del D.F.). Parte de ellas son 38,252 hectáreas cubiertas por bosques, 500 hectáreas de matorrales y 28,599 hectáreas de uso agrícola. (SEMARNAT 2008) (Ver **Error! Reference source not found.**)



Fuente: Vulnerabilidad del suelo de conservación del Distrito Federal ante el Cambio Climático y posibles medidas de adaptación. PRONATURA MÉXICO, A. C./CVCCCM. Disponible en http://www.cvcccm-atmosfera.unam.mx/cvcccm/index.php?option=com_content&task=view&id=97&Itemid=130

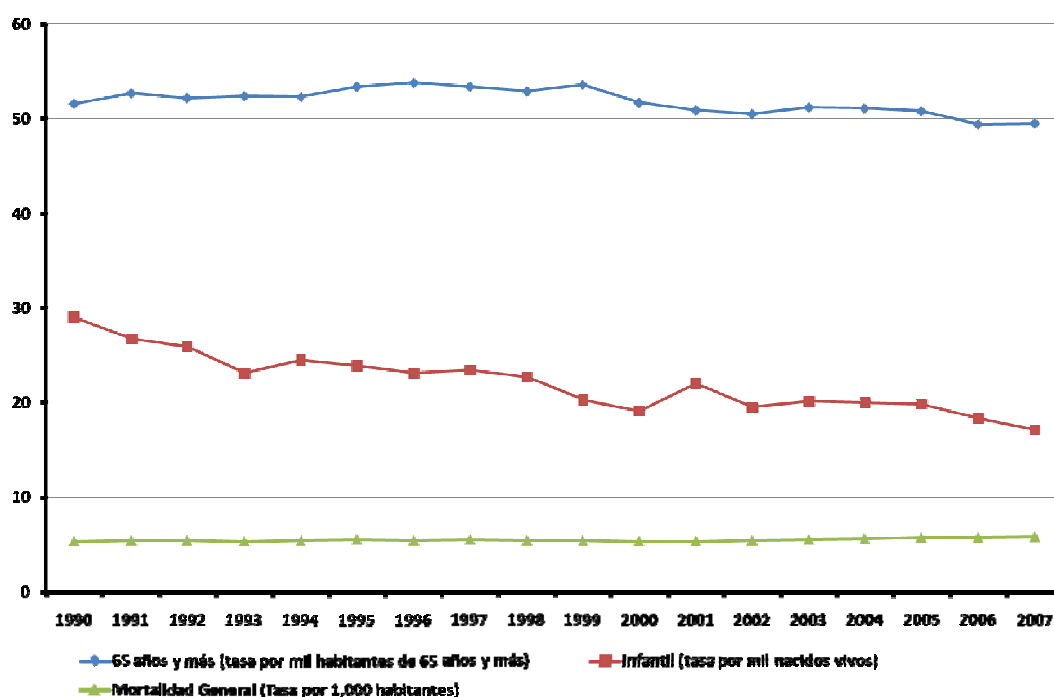
5.2.6 Parques Industriales

Para fomentar el desarrollo económico y la reindustrialización de la Ciudad de México se ha promovido la construcción y operación de Parques Industriales de Alta Tecnología que alienten un desarrollo de bajo impacto urbano y ambiental a la par de generar empleos de calidad. Esta estrategia promovida por el gobierno del Distrito Federal a través de la Secretaría de Desarrollo Económico busca promover la vocación productiva de las micro, pequeñas y medianas empresas manufactureras y de servicios así como su especialización económica en los sectores clave como los de alta tecnología y emergentes de gran potencial de desarrollo.

6 MORTALIDAD Y MORBILIDAD EN EL DISTRITO FEDERAL

6.1 Mortalidad General

La tasa de mortalidad general del Distrito Federal no ha mostrado grandes fluctuaciones a lo largo de ya casi veinte años y esta se ha mantenido entre los 5.3 y 5.8 por mil habitantes en el periodo 1990 al 2007. En el caso de la mortalidad infantil esta ha presentado cierta tendencia a la baja pasando de una tasa de 29 por mil nacidos vivos en 1990 a 17.1 en el 2007. En el caso de los adultos mayores, estos han presentado cierta estabilidad en su tasa al pasar de 51.6 (tasa por mil habitantes mayores de 65 años) a 49.5. La Gráfica 4 muestra las tendencias descritas.

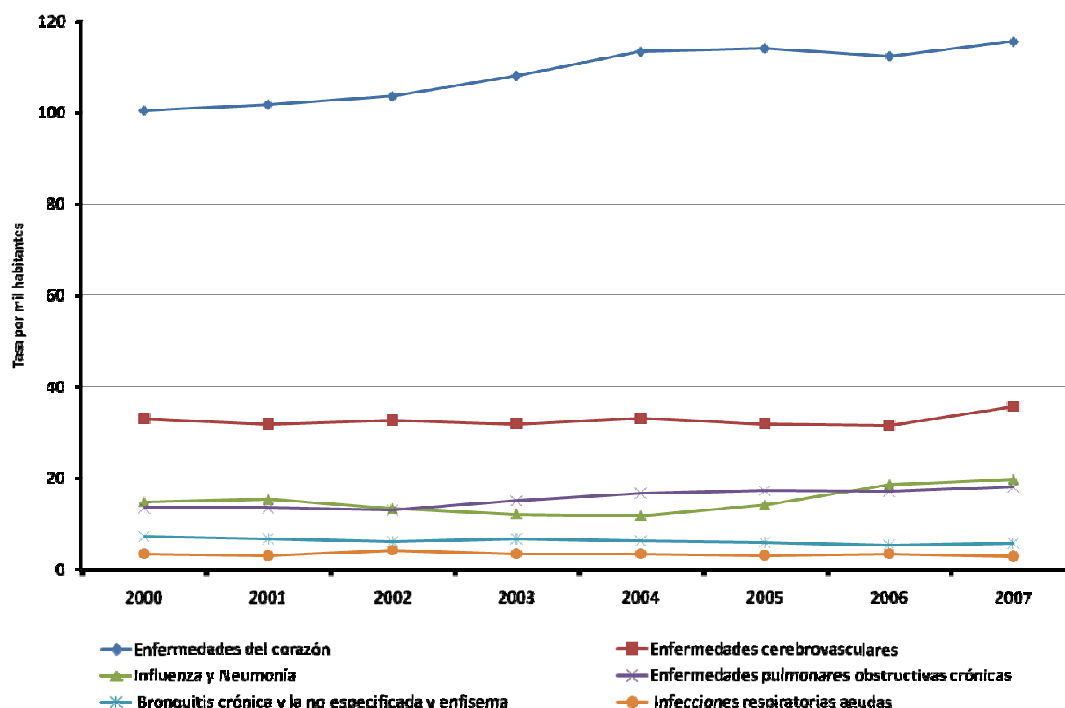


Gráfica 4. Mortalidad General 1990 - 2007.

Fuente: Secretaría de Salud del Distrito Federal. Mortalidad 1990-2007. 2009

El perfil de la mortalidad general de la población del Distrito Federal se caracteriza por tener desde 1990 dentro de las primeras cinco causas de muerte a padecimientos crónico-degenerativos, como es el caso de las enfermedades del corazón, la diabetes mellitus, los tumores malignos, las enfermedades cerebrovasculares y las enfermedades del hígado; aún cuando también se localizan patologías asociadas a procesos infecciosos (influenza y neumonía, infecciones respiratorias agudas) y carenciales como sucede con la desnutrición. (Ver Tabla 2)

Tabla 2. Principales causas de mortalidad den el Distrito Federal 2000 – 2007.



Hasta el momento de la elaboración del informe los datos disponibles más recientes fueron para el año 2007.

Fuente: Secretaría de Salud del Distrito Federal. Mortalidad 1990-2007. 2009

6.2 Mortalidad Infantil

En este apartado podemos destacar que ciertas enfermedades respiratorias ocupan la tercera, cuarta y quinceava posición como causa de muerte (ver Tabla 3).

Tabla 3. Principales causas de mortalidad infantil en el Distrito Federal 2007.

Orden	Causas	Defunciones	Tasa*
1	Ciertas afecciones originadas en el período perinatal - Dificultad respiratoria del recién nacido y otros trastornos respiratorios originados en el período perinatal	1,103	843.5
		543	415.3
2	Malformaciones congénitas , deformidades y anomalías cromosómicas - Malformaciones congénitas del sistema circulatorio	483	369.4
		234	179.0
3	Influenza y Neumonía	147	112.4
4	Infecciones respiratorias agudas - Bronquitis y bronquiolitis agudas	84	64.2
		62	47.4
5	Enfermedades infecciosas intestinales	44	33.6
6	Septicemia	44	33.6
7	Accidentes		
8	Enfermedades del corazón - Enfermedades de la circulación pulmonar y otras enfermedades del corazón	22	16.8
		22	16.8
9	Insuficiencia renal	22	16.8
10	Enfermedades del esófago	19	14.5

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

11	Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	17	13.0
12	Enfermedades cerebrovasculares	8	6.1
13	Hernia de la cavidad abdominal	8	6.1
14	Tumores malignos	5	3.8
15	Epilepsia	4	3.1
16	Bronquitis crónica y la no especificada y enfisema	4	3.1
17	Enfermedades del Hígado	4	3.1
18	Anemias	3	2.3
19	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	3	2.3
20	Agresiones (homicidios)	3	2.3
	Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	28	21.4
	Las demás causas	135	103.2

Fuente: Secretaría de Salud del Distrito Federal. Mortalidad 1990-2007. 2009

* Tasa por 100,000 Nacidos Vivos Estimados

Tabla 4. Principales causas de mortalidad en mayores de 65 años en el Distrito Federal 2007.

	Causa	Defunciones	Tasa*
1	Enfermedades del corazón	7,836	1275.9
	-Enfermedades isquémicas del corazón	5,475	891.5
2	Diabetes mellitus	5,499	895.4
3	Tumores malignos	3,785	616.3
	-De la próstata	433	70.5
	-De la tráquea, de los bronquios y del pulmón	389	63.3
	-Del hígado y de las vías biliares intrahepáticas	307	50.0
4	Enfermedades cerebrovasculares	2,442	397.6
5	Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	1,421	231.4
6	Influenza y Neumonía	1,160	188.9
7	Enfermedades del Hígado	1,005	163.6
	-Enfermedad alcohólica del hígado	232	37.8
8	Insuficiencia renal	610	99.3
9	Accidentes	492	80.1
	-De tráfico de vehículos de motor	201	32.7
10	Bronquitis crónica y la no especificada y enfisema	409	66.6
11	Septicemia	273	44.5
12	Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	272	44.3
13	Úlceras gástrica y duodenal	214	34.8
14	Trastornos de los tejidos blandos	165	26.9
15	Enfermedades infecciosas intestinales	157	25.6
16	Infecciones respiratorias agudas	131	21.3
17	Íleo paralítico y obstrucción intestinal sin hernia	129	21.0
18	Anemias	119	19.4
19	Colelitiasis y colecistitis	102	16.6
20	Gastritis y duodenitis	101	16.4

Fuente: Secretaría de Salud del Distrito Federal. Mortalidad 1990-2007. 2009

* Tasa por 100,000 habitantes de 65 y más años de edad, en base a proyecciones del CONAPO

6.3 Morbilidad

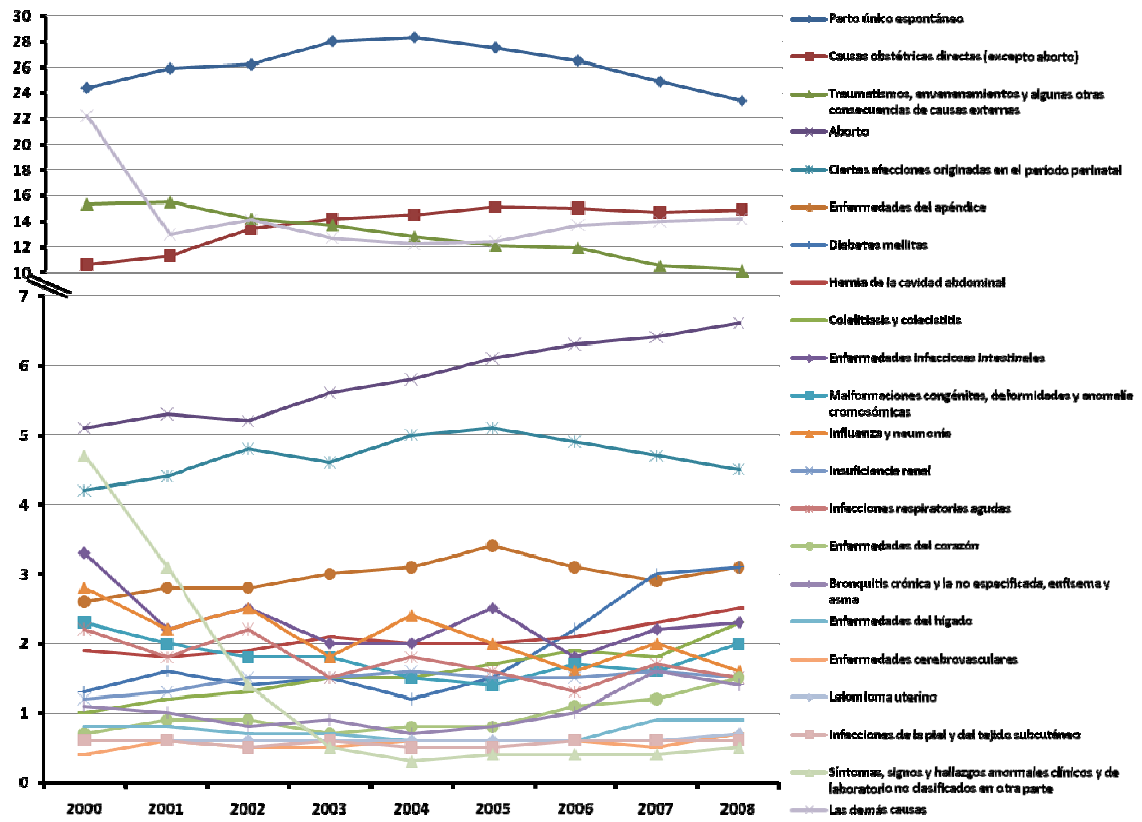
En el caso de morbilidad, la información disponible no fue de la calidad deseada, la información obtenida fue la generada para las instituciones del Distrito Federal y algunas otras instituciones de salud del D.F. (ver Tabla 5)

Tabla 5. Distrito Federal: principales causas de morbilidad hospitalaria 1 2000 - 2006.⁴

Orden 2005	Causa	2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006	
		Egresos	%	Egresos	%	Egresos	%	Egresos	%	Egresos	%	Egresos	%	Egresos	%
	Total	89,973	100	92,225	100	108,441	100	112,092	100	117,657	100	124,316	100	118,405	100
1	Parto único espontáneo	19,645	24.4	23,844	25.9	28,386	26.2	31,352	28.0	33,318	28.3	34,202	27.5	31,359	26.5
2	Causas obstétricas directas (excepto aborto)	8,547	10.6	10,382	11.3	14,579	13.4	15,893	14.2	17,074	14.5	18,705	15.1	17,798	15.0
3	Traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causas externas	12,302	15.3	14,278	15.5	15,341	14.2	15,410	13.7	15,005	12.8	14,988	12.1	14,117	11.9
4	Aborto	4,137	5.1	4,899	5.3	5,615	5.2	6,262	5.6	6,836	5.8	7,613	6.1	7,437	6.3
5	Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	3,411	4.2	4,095	4.4	5,166	4.8	5,200	4.6	5,914	5.0	6,341	5.1	5,813	4.9
6	Enfermedades del apéndice	2,072	2.6	2,628	2.8	3,029	2.8	3,368	3.0	3,700	3.1	4,202	3.4	3,708	3.1
7	Diabetes mellitas	1,023	1.3	1,515	1.6	1,500	1.4	1,693	1.5	1,449	1.2	1,835	1.5	2,655	2.2
8	Hernia de la cavidad abdominal	1,540	1.9	1,685	1.8	2,006	1.9	2,328	2.1	2,367	2.0	2,435	2.0	2,455	2.1
9	Colelitiasis y colecistitis	762	1.0	1,094	1.2	1,359	1.3	1,627	1.5	1,757	1.5	2,101	1.7	2,189	1.9
10	Enfermedades infecciosas intestinales	2,662	3.3	2,012	2.2	2,661	2.5	2,268	2.0	2,385	2.0	3,090	2.5	2,170	1.8
11	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	1,821	2.3	1,878	2.0	1,996	1.8	1,976	1.8	1,783	1.5	1,757	1.4	1,976	1.7
12	Influenza y neumonía	2,223	2.8	2,069	2.2	2,726	2.5	2,020	1.8	2,871	2.4	2,495	2.0	1,862	1.6
13	Insuficiencia renal	984	1.2	1,183	1.3	1,667	1.5	1,678	1.5	1,926	1.6	1,819	1.5	1,797	1.5
14	Infecciones respiratorias agudas	1,778	2.2	1,651	1.8	2,416	2.2	1,662	1.5	2,171	1.8	1,931	1.6	1,592	1.3
15	Enfermedades del corazón	542	0.7	805	0.9	983	0.9	816	0.7	889	0.8	1,045	0.8	1,354	1.1
16	Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma	893	1.1	936	1.0	913	0.8	1,036	0.9	836	0.7	974	0.8	1,133	1.0
17	Enfermedades del hígado	601	0.8	740	0.8	783	0.7	803	0.7	724	0.6	773	0.6	756	0.6
18	Enfermedades cerebrovasculares	389	0.4	516	0.6	553	0.5	600	0.5	658	0.6	733	0.6	734	0.6
19	Leiomioma uterino	443	0.6	520	0.6	698	0.6	694	0.6	740	0.6	775	0.6	674	0.6
20	Infecciones de la piel y del tejido subcutáneo	440	0.6	550	0.6	543	0.5	640	0.6	569	0.5	624	0.5	650	0.6
	Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio no clasificados en otra parte	998	4.7	2,842	3.1	1,468	1.4	578	0.5	326	0.3	451	0.4	433	0.4
	Las demás causas	19,957	22.2	11,969	13.0	13,846	14.1	14,188	12.7	14,359	12.2	15,397	12.4	15,743	13.7

Fuente: Gobierno del Distrito Federal. Secretaría de Salud; Sistema Automatizado de Egresos Hospitalarios.

⁴ La información corresponde a las unidades médicas hospitalarias de la Secretaría de Salud del Distrito Federal



Gráfica 5. Morbilidad hospitalaria 2005

7 NATURALEZA Y FUENTES DE LOS CONTAMINANTES AMBIENTALES

Los contaminantes del aire difieren en su composición química, reactividad, persistencia en el ambiente, habilidad para transportarse a cortas y largas distancias y en su eventual impacto en la salud (Curtis, Rea et al. 2006). 189 contaminantes son definidos como “tóxicos del aire” en el Acta de Aire Limpio de Estados Unidos en 1990 (Kampa and Castanas 2008). Dentro de estos contaminantes, los contaminantes criterio son aquellos que han sido objeto de evaluaciones publicadas en documentos de criterios de calidad del aire a nivel internacional. Generalmente los contaminantes criterio comprenden: al bióxido de azufre (SO₂), bióxido de nitrógeno (NO₂), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micras (PM₁₀), partículas menores a 2.5 micras (PM_{2.5}), plomo (Pb), monóxido de carbono (CO) y ozono (O₃).

Aunque algunas actividades naturales como las erupciones volcánicas o los incendios pueden emitir diferentes contaminantes en el ambiente, las actividades

antropogénicas constituyen la principal fuente de contaminación ambiental (Kampa and Castanas 2008). La combustión de combustibles utilizados para generar energía y para el transporte es la principal causa de los cambios en la composición de la atmósfera. Diferentes contaminantes están inter correlacionados debido a que comparten fuentes de emisión, por ejemplo los vehículos emiten partículas, óxidos de nitrógenos y monóxido de carbono, o porque hay interacciones atmosféricas, como es el caso del ozono y las partículas. En la presentan las principales fuentes y características de los principales contaminantes atmosféricos.

Tabla 6. Fuentes y características de los principales contaminantes atmosféricos

Contaminante	Fuente de Emisión	Características
Partículas suspendidas	Incluye a las fuentes naturales y a las antropogénicas. Pueden ser emitidas directamente de la fuente o formarse en la atmósfera. Polvo de suelo y calles, diesel, emisiones de procesos de combustión (automóviles, calentadores domésticos, termoeléctricas) y de procesos industriales, construcciones y demoliciones, plaguicidas, bioaerosoles, cenizas volcánicas, biomasa de quema de madera, bosques, hojas y cultivos (Curtis, Rea et al. 2006)	Amplio rango de materiales sólidos o líquidos suspendidos en el aire. Pueden trasladarse largas distancias (miles de kilómetros) (Curtis, Rea et al. 2006). Su toxicidad depende del tamaño de la partícula y de su composición química. Son de particular inquietud las partículas que contienen metales como plomo, mercurio, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos orgánicos persistentes (COP's) como las dioxinas (Curtis, Rea et al. 2006).
	PM ₁₀ a PM _{2.5} : principalmente polvo suspendido en calles no pavimentadas, polvo suspendido por el viento y las operaciones de manejo de material, así como de operación de demolición y aplanado	PM ₁₀ : partículas suspendidas con diámetro aerodinámico menor de 10 μ también conocidas como fracción inhalable PM ₁₀ a PM _{2.5} : fracción coercitiva
	PM _{2.5} partículas producidas de la combustión de la biomasa y de la reacción atmosférica de gases.	PM _{2.5} : partículas suspendidas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 μ también conocidas como fracción respirable y fina
	Partículas menores de 0.1 μ , formadas directamente de combustión excesiva	Partículas menores de 0.1 μ , fracción ultrafina
Ozono	Se presenta de manera natural en la estratosfera (15-20 km snm) en donde filtra la radiación UV. En la troposfera el ozono se forma cuando los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y los NOx, que provienen de emisiones vehiculares reaccionan en presencia de luz solar (Curtis, Rea et al. 2006).	Es un contaminante secundario que se forma como el producto de reacción atmosférica de emisiones primarias. Puede viajar miles de kilómetros. Es el oxidante principal del smog. La vida media del ozono es de 1-2 semanas en verano y de 1-2 meses en invierno (Curtis, Rea et al. 2006)
Monóxido de carbono	Es producido por la quema incompleta de combustibles. Sus principales fuentes de emisión son los automóviles, calefacciones, quema de carbón y quema de biomasa (Curtis, Rea et al. 2006).	Gas muy reactivo incoloro e inodoro. Se produce en mayor cantidad en climas fríos o a elevadas altitudes. Su tiempo de vida media en la atmosfera es de 1-2 meses y puede viajar miles de kilómetros desde su fuente (Kampa and Castanas 2008).
Dióxido de Azufre	Se forma durante la quema de combustibles que contienen azufre. Emitido por plantas eléctricas que queman carbono y aceites y por procesos industriales que involucran la combustión de combustible fósil.	Gas reactivo incoloro y con olor acre, soluble en agua. Se forma de la oxidación del azufre que contamina a los combustibles de carbón y de petróleo. Desempeña un papel importante en la formación de lluvia ácida y partículas secundarias.

Contaminante	Fuente de Emisión	Características
Óxidos de nitrógeno	Proceso de combustión a alta temperatura. Sus principales fuentes de emisión son los automóviles, la industria y las plantas de generación de energía.	Gas de color café muy reactivo. El NO ₂ desempeña un papel importante en la formación de smog fotoquímico y partículas secundarias. Contribuyen a la formación de aerosoles ácidos.
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	Evaporación de combustible fósil y de combustión, uso de solventes y procesos industriales. La exposición de la población general a COVs en las áreas urbanas depende de la cantidad de benceno en la gasolina usada en el área.	Grupo de compuestos que existen en la atmósfera principalmente como gases. Incluyen una variedad de hidrocarburos como los alquenos, aldehídos, benceno, tolueno y algunos compuestos de cloro.

7.1 Comportamiento histórico de los contaminantes criterio en la ZMVM

7.1.1 Fuentes de emisión

Las fuentes móviles representan una de las de mayor importancia en lo que a emisión de contaminantes se refiere, dependiendo del contaminante puede llegar a representar desde el 21% hasta el 99% del total de las emisiones anuales (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Fuentes de emisión en la ZMVM, 2006.

Sector	Emisiones															
	PM ₁₀		PM _{2.5}		SO ₂		CO		NO _x		COT		COV		NH ₃	
	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%	ton/año	%
Fuentes puntuales	4,869	21.1	826	13.3	3,555	51.4	6,637	0.3	21,255	10.9	112,209	12.7	106,992	18.9	204	1.0
Fuentes de área	12,133	52.6	1,366	22.1	34	0.5	7,370	0.4	12,645	6.5	537,032	60.6	238,294	42.1	15,381	77.2
Fuentes móviles	5,248	22.8	3,835	61.9	3,324	48.1	1,976,799	99.3	159,541	81.9	208,843	23.6	193,294	34.1	4,351	21.8
Vegetación y suelos	803	3.5	164	2.6	N/A	N/A	N/A	N/A	1,248	0.6	27,481	3.1	27,481	4.9	N/A	N/A
Total	23,053	100	6,191	100	6,913	100	1,990,806	100	194,689	100	885,565	100	566,061	100	19,936	100

Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

7.1.2 Comportamiento por temporada climática.

Los valores más bajos y los más altos de las emisiones registradas de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} difieren cerca del 14% y 5% respectivamente el resto de los contaminantes entre el 1% y el 3%. Durante la temporada de seca fría (noviembre-febrero) se emiten las mayores emisiones promedio diarias de partículas CO y NO_x en el caso del SO₂ y COV la mayor emisión se registra en la temporada seca caliente (marzo a mayo).

El monóxido de carbono resultó el de mayor abundancia con una emisión a la atmósfera de casi dos millones de toneladas al año y es generado principalmente por las fuentes móviles le sigue en orden de importancia las emisiones de carbono orgánico total (COT) con más de 885 mil toneladas anuales; las emisiones de NO_x se estimaron en más de 194 mil toneladas anuales y el 82% fue generado por fuentes móviles (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Emisiones de contaminantes diarios por temporada climática ZMVM 2006

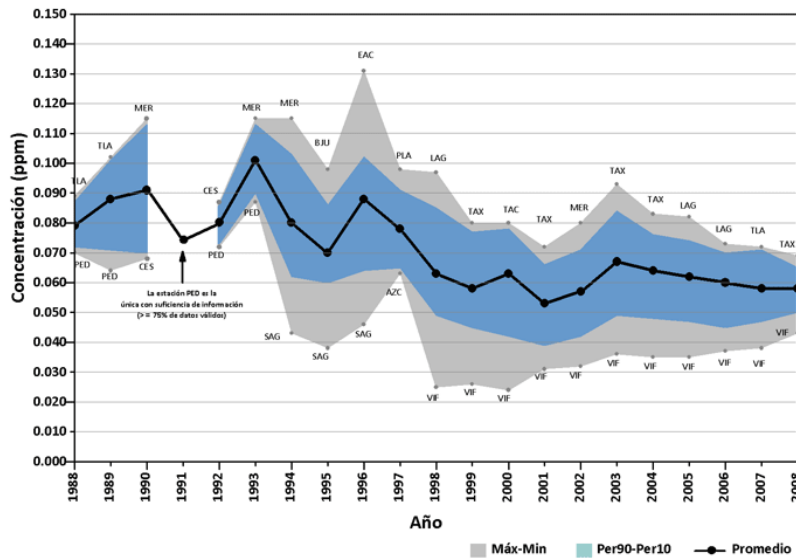
Temporada	Emisiones [ton / día]					
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV
Seca fría	70.0	17.6	18.6	5545.0	535.6	1546.3
Seca caliente	61.3	17.6	19.2	5409.3	531.8	1555.9
Lluvias	61.2	16.7	19.0	5410.1	532.6	1551.3

Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

El 42% de las emisiones anuales de PM₁₀ proviene de vialidades no pavimentadas; podemos destacar que el 27 % de las PM₁₀ corresponden a partículas PM_{2.5}. Las fuentes puntuales generan el 51% del SO₂ siendo el sector de sustancias químicas el que más contribuye con el 13% del total. Le siguen en importancia de emisión el sector textil y del papel los cuales en conjunto aportan el 18%. Los principales contaminantes emitidos por las fuentes de área son los COT y representan el 61% del total de la ZMVM éste es generado en su mayoría por los rellenos sanitarios (29%); así mismo el amoniaco es otro contaminante importante de las fuentes de área con un 78% del total.

7.1.3 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

En la Gráfica 6 se observa que entre 1990 y 2000 se registraron 483 días por encima de la NOM NO₂ y a partir del 2001 hasta el 2007 sólo se han reportado 14 días con excedencia a la norma; resalta el año 1996 en donde este contaminante estuvo por arriba del valor de norma en 84 días, que es de 0.210 ppm para el promedio horario.

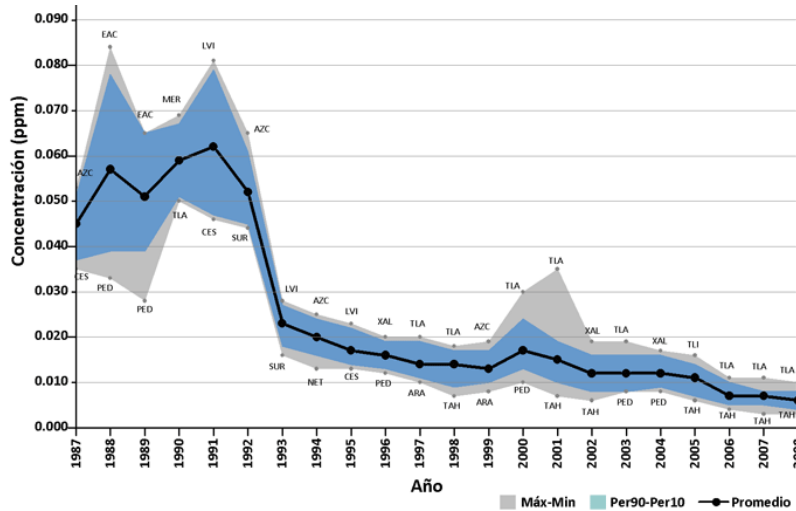


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=2>

Gráfica 6. Concentraciones anuales de dióxido de nitrógeno, 1988-2008

7.1.4 Dióxido de Azufre (SO₂)

En el caso de este contaminante, desde 1994 prácticamente no se ha rebasado la NOM (Norma Oficial Mexicana) respectiva, con excepción del 2001 cuando se rebasó el valor promedio de la norma en 8 días

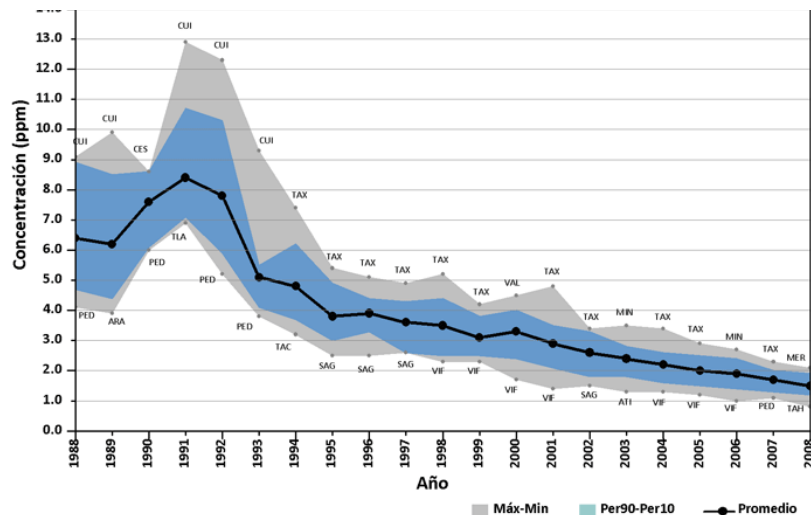


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=4>

Gráfica 7. Concentraciones anuales de dióxido de azufre, 1987-2008.

7.1.5 Monóxido de carbono (CO)

De igual forma, la tendencia de la concentración ambiental en el aire del monóxido de carbono ha disminuido progresivamente desde 1990. La concentración promedio anual ha pasado de 49.5 ppm a 4.5 ppm. Desde 2001 no se ha rebasado el valor establecido por la NOM-CO (11.0 ppm, promedio de 8 horas), Gráfica 8.

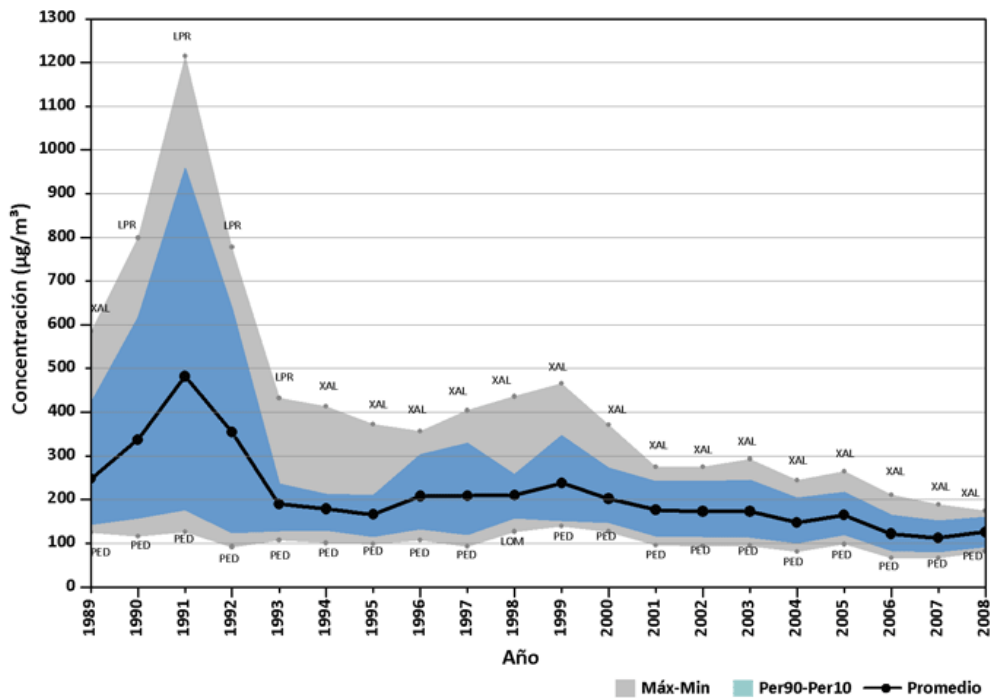


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=3>

Gráfica 8. Concentraciones anuales de monóxido de carbono, 1988-2008.

7.1.6 Partículas suspendidas totales (PST)

En forma similar se observa en la Gráfica 9 para las partículas suspendidas totales (PST), en donde el número de días con una calidad del aire aceptable se ha incrementado de 0% al 61%. Mientras que el indicador para la evaluación de la NOM-PST, bajó de 2,585 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1991 a 314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2007.

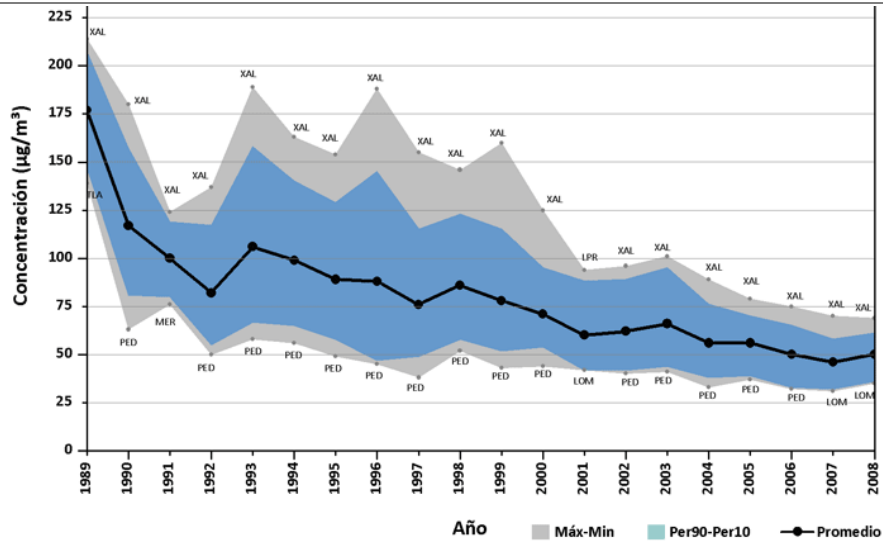


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>

Gráfica 9. Concentraciones anuales de partículas suspendidas totales (PST), 1989-2008.

7.1.7 Partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀)

El número de días con una calidad del aire aceptable se ha incrementado de 162 en el año 1996 a 352 en el año 2007 (Gráfica 10); no obstante, el promedio anual para exposición crónica de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aun se mantiene por encima del valor de la NOM- PM₁₀, sin embargo ha disminuido de 257 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1998 a 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2007.

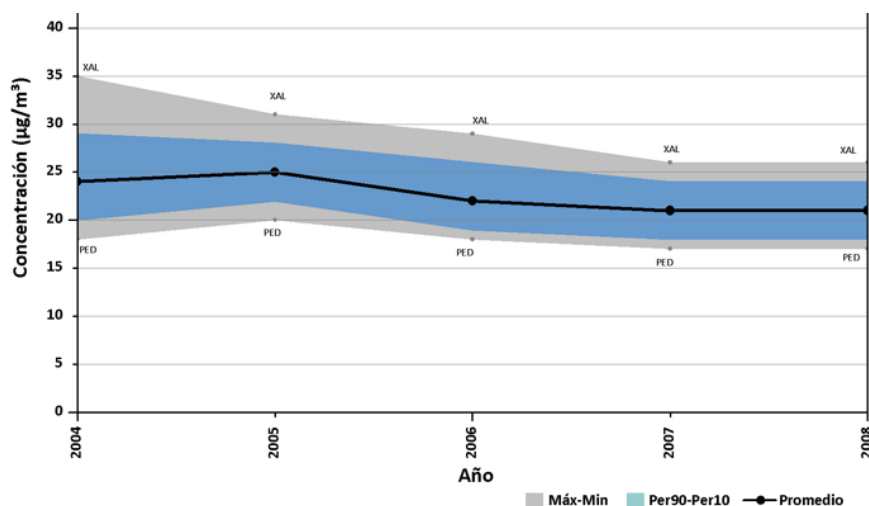


Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>

Gráfica 10. Concentraciones anuales de las partículas PM₁₀, 1989-2008

7.1.8 Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5})

La medición de este contaminante es relativamente reciente, estas iniciaron en el año 2004 y la primera serie de datos anuales completa que se tiene para este contaminante es del 2005, actualmente se mide en 9 estaciones. En el 2004 se tuvieron 352 días con una calidad del aire aceptable, mismos que se incrementaron a 360 en el año 2006; no obstante, el promedio anual para exposición crónica de 15 µg/m³ aun se mantiene por encima del valor de la NOM para PM_{2.5}, sin embargo ha disminuido muy ligeramente de 32 µg/m³ en 2004 a 30 µg/m³ en el año 2007, Gráfica 11.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=5>

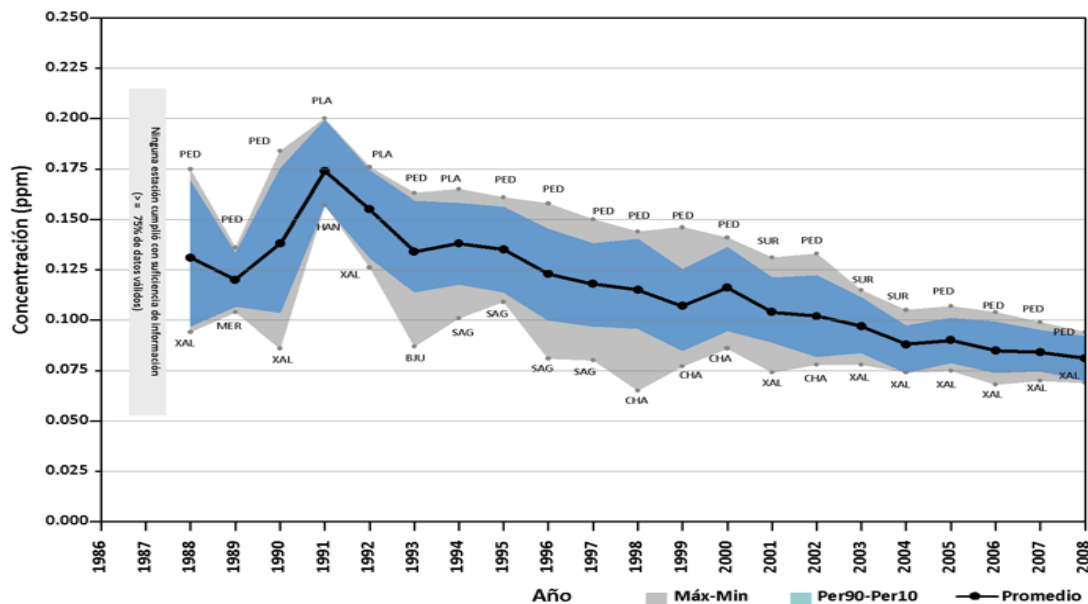
Gráfica 11. Concentraciones anuales de las partículas PM_{2.5}, 2004-2008.

7.1.9 Ozono (O₃)

Las estrategias de reducción de sus precursores (óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos) son más elaboradas para lograr una reducción de la concentración de ozono, debido sobre todo a la complejidad de las reacciones químicas que lo producen.

La disminución de la concentración en el aire ambiente del ozono, ha sido gradual desde 1990, sin embargo no es tan notable como en el caso de los contaminantes primarios. En 1991 sólo se registraron 9 días con una calidad del aire aceptable, mientras que en los años 2006 y 2007 se reportaron 151 y 145 días respectivamente.

En el caso del indicador para exposición crónica aun se mantiene por encima de la NOM O₃ (0.080 ppm, promedio de 8 horas). Esto significa que en la Zona Metropolitana del Valle de México, en alrededor del 60% de los días se continúa excediendo el valor de la norma (0.110 ppm), la cual no debería de excederse más de una vez al año.



Fuente: <http://www.sma.df.gob.mx/simat2/informaciontecnica/index.php?opcion=2&opcionmonitoreo=1>.

Gráfica 12. Tendencias de Ozono 1986 - 2008

8 NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

Para cada contaminante criterio se han desarrollado guías y normas. Las guías son recomendaciones que establecen los niveles de exposición a contaminantes atmosféricos a fin de reducir los riesgos o proteger de los efectos nocivos. Las normas establecen las concentraciones máximas de los contaminantes atmosféricos que se permiten durante un período definido estos valores límite son diseñados con un margen de protección ante los riesgos y tienen la finalidad de proteger la salud humana y el medioambiente.

En general las normas de calidad del aire se establecen con base en los resultados de estudios toxicológicos y epidemiológicos que evalúan la relación entre la exposición a un contaminante y sus efectos en la salud. En nuestro país la Secretaría de Salud es el órgano responsable de evaluar la evidencia de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud y establecer los límites permisibles de concentración de los contaminantes en la atmósfera. En años recientes la normatividad en la materia reevaluó estos parámetros para adecuarse al contexto internacional y ajustar los valores permisibles de acuerdo a la evidencia científica internacional. (Ver Tabla 9 y Anexo 9)

Tabla 9. Valores máximos permisibles para contaminantes criterio establecidos en la normatividad mexicana

	Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio	
Partículas Suspendidas Totales (PST)	210 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	---	Modificación de la NOM-025-SSA-1993
Partículas menores de 10 micrómetros (PM ₁₀)	120 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	50 µg/m ³ (promedio aritmético anual)	Modificación de la NOM-025-SSA-1993
Partículas menores de 2.5 micrómetros (PM _{2.5})	65 µg/m ³ (24 horas)	2% de mediciones al año	15 µg/m ³ (promedio aritmético anual)	Inclusión en la NOM-025-SSA-1993
Ozono (O ₃)	0.11 ppm (216 µg/m ³) (1 hora)	No se permite	---	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993
	0.08 ppm (8 horas)	4 veces al año	---	
Monóxido de Carbono (CO)	11 ppm (12595 µg/m ³) (8 horas)	1 vez al año	---	NOM-021-SSA1-1993
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13 ppm (341 µg/m ³) (24 horas)	1 vez al año	0.03 ppm (promedio aritmético anual)	NOM-022-SSA1-1993
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21 ppm (395 µg/m ³) (1 hora)	1 vez al año	---	NOM-023-SSA1-1993

Fuente: Elaboración propia con información del Diario Oficial de la Federación y normas respectivas.

En el mundo los gobiernos de otros países controlan los niveles de contaminantes atmosféricos utilizando diversas herramientas normativas orientadas a proteger la salud pública de sus ciudadanos por lo que son un componente importante de las políticas

nacionales de gestión del riesgo y ambientales. Así dichas normas definen las concentraciones aceptables durante diferentes periodos de exposición ya que en algunos casos se considera que una concentración menor pero durante un tiempo de exposición mayor también representa un riesgo para la población. En la Tabla 10 podemos comparar los límites que se han establecido en Estados Unidos los recomendados por la OMS y los establecidos por el gobierno mexicano.

Tabla 10. Valores permisibles de los contaminantes criterio (México OMS EPA).

	Promedio del periodo	Unidades	México	OMS	UE	EPA-US	EPA-California
PM ₁₀	Anual	µg/m ³	50	20	40	---	20
	24 horas	µg/m ³	120	50	50	150	50
PM _{2.5}	Anual	µg/m ³	15	10	25	15	12
	24 horas	µg/m ³	65	25	---	35	35
NO ₂	Anual	µg/m ³	---	40	40	100	57
		ppm	---	---	---	0.053	0.030
	1 hora	µg/m ³	395	200	200	---	339
		ppm	0.21	---	---	---	0.18
O ₃	8 horas	µg/m ³	157	100	120	147	137
		ppm	0.08	0.05	0.06	0.075	0.07
	1 hora	µg/m ³	216	---	---	---	180
		ppm	0.11	---	---	---	0.09
CO	8 horas	mg/m ³	12.6	10	10	10	10
		ppm	11	9	9	9	9
	1 hora	µg/m ³	---	30	---	40	23
		ppm	---	26	---	35	20
SO ₂	Anual	µg/m ³	79	---	---	80	---
		ppm	0.03	---	---	0.030	---
	24 Horas	µg/m ³	341	20	125	365	105
		ppm	0.13	0.007	0.047	0.14	0.04

Fuente: Elaboración propia con base en las normatividades internacionales

En la Tabla 10, podemos observar como la normatividad mexicana tiene valores normados similares a los establecidos por la Unión Europea. Sin embargo, los valores contrastan por ser más altos que los establecidos en la última actualización de las guías de calidad del aire de la OMS en 2005 y con las establecidas por la EPA-California que habitualmente se caracterizan por ser más estrictas. Destaca el caso de ozono dónde la norma mexicana se encuentra establecida 50% más arriba del valor de la OMS.

9 GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

9.1 Inventario de Emisiones

El inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la Zona Metropolitana del valle de México es la herramienta básica de la cual dispone el Gobierno del Distrito Federal para la gestión de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México. El inventario de emisiones constituye el insumo básico para el desarrollo de medidas y programas dirigidos a evitar y reducir la generación de emisiones de contaminantes atmosféricos.

9.2 PROAIRE

El Programa para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (PROAIRE) 2002-2010 es el documento de referencia que dirige las líneas de acción en materia de contaminación atmosférica. El PROAIRE tiene el objetivo de proteger la salud humana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica en la ZMVM reduciendo los niveles de contaminación del aire de manera gradual hasta alcanzar niveles que aseguren la protección a la salud evitando que la población (especialmente los grupos más vulnerables) se exponga a niveles de contaminación riesgosos.

9.2.1 Metas establecidas en el PROAIRE

9.2.1.1 Ozono (O_3)

La Norma Oficial Mexicana (NOM) establece que las concentraciones de ozono no deben exceder 0.11ppm (100 puntos IMECA) en períodos de una hora una vez al año. Lograr esta meta antes del año 2010 requeriría reducir en más de un 70% las emisiones de los precursores del ozono (los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos) lo cual representa una meta difícil de lograr en el corto plazo por los altos costos económicos y sociales involucrados. Por tal motivo se establecieron las siguientes metas para este contaminante:

- 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).

9.2.1.2 Partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10})

Al momento de diseñar el PROAIRE aún no se establecía la normatividad actual para PM_{10} . En aquel momento la normatividad establecía que la concentración de PM_{10} no debía exceder $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ en períodos de 24 horas (100 puntos IMECA) y que la concentración promedio anual no debía rebasar los $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. Actualmente la normatividad plantea que no se deben rebasar los $120\mu\text{g}/\text{m}^3$ en periodos de 24 horas y

50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual. Las metas establecidas en el programa con respecto a este contaminante son las siguientes:

- Aumentar el número de días en que las concentraciones diarias de PM_{10} se encuentran dentro del límite establecido por la norma
- Reducir el promedio anual de las concentraciones de PM_{10} .

9.2.1.3 Partículas menores de 2.5 micrómetros ($\text{PM}_{2.5}$)

Para cuándo el PROAIRE fue diseñado aún no existía la NOM respectiva. Sin embargo se consideró que la futura normatividad se adoptaría en 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para promedios de 24 horas y de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como promedio anual. Ambas previsiones resultaron exactas y la normatividad se estableció de acuerdo a las estimaciones realizadas. Sin embargo al no existir estaciones de monitoreo ni norma se estableció que la Comisión Ambiental Metropolitana se encargará de los lineamientos y metas de reducción de este contaminante

9.2.1.4 Monóxido de Carbono (CO)

La NOM establece que las concentraciones de este contaminante no deben exceder más de 11ppm en períodos de 8 horas. Las metas del programa con respecto a este contaminante fueron las siguientes:

- Eliminar las concentraciones de monóxido de carbono que excedan el límite de 9ppm (promedio de 8 horas)
- Reducir las concentraciones actuales de monóxido de carbono.

9.2.1.5 Bióxido de azufre (SO_2)

Con respecto al bióxido de azufre la NOM establece que los niveles de bióxido de azufre en el aire no deben exceder una concentración de 0.13ppm en períodos de 24 horas. También establece que el promedio anual no debe ser mayor a 0.03 ppm. Las metas del programa para el año 2010 con respecto a este contaminante son las siguientes:

- 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.

9.2.1.6 Bióxido de Nitrógeno (NO_2)

Para el Bióxido de Nitrógeno la NOM establece que los niveles en el aire no deben exceder una concentración de 0.21 ppm en períodos de 1 hora. Las metas del programa para el año 2010 con respecto a este contaminante fueron las siguientes:

- Aumentar el número de días con concentraciones de ozono dentro del límite establecido por la norma (100 puntos IMECA o menos).

10 CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y RIESGOS A LA SALUD.

Los efectos de la contaminación del aire en la salud humana se encuentran ampliamente documentados alrededor del mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la contaminación del aire es responsable, a nivel mundial, de 1.4% de todas las muertes y de 0.8% de los años de vida ajustados según discapacidad (AVAD) (WHO 2002). La Figura 3 nos muestra de acuerdo a la OMS de manera esquemática, cómo la proporción de la población afectada por la contaminación atmosférica cambia de acuerdo a la severidad del efecto observado.



Figura 3. Pirámide de efectos en salud asociados con la contaminación del aire.

Fuente: (WHO 2006)

La exposición aguda y crónica a la contaminación del aire se asocia con el incremento de la mortalidad y morbilidad por problemas cardiovasculares y respiratorios (Samet and Krewski 2007; Romieu, Castro-Giner et al. 2008), con algunos tipos de cáncer, con efectos reproductivos y del desarrollo y con efectos neurológicos (Curtis, Rea et al. 2006). Las exposiciones a la contaminación del aire durante el embarazo y durante los periodos tempranos de la vida se han asociado con nacimiento prematuro, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad

infantil (Maisonet, Correa et al. 2004; Lacasana, Esplugues et al. 2005; Curtis, Rea et al. 2006; Wigle, Arbuckle et al. 2007; Kampa and Castanas 2008).

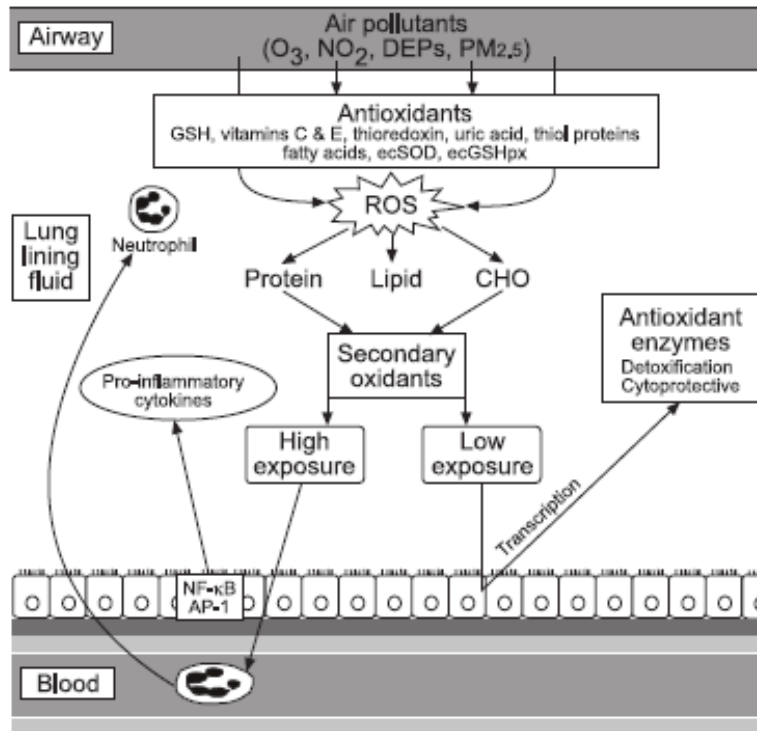
Los efectos en la salud pueden separarse en efectos agudos, efectos crónicos sin incluir cáncer y efectos cancerígenos (Kampa and Castanas 2008). Además se clasifican de acuerdo al sistema afectado, es decir en: efectos respiratorios, efectos en el sistema cardiovascular, cáncer, efectos reproductivos y en el desarrollo, efectos neurológicos y neuropsiquiátricos, mortalidad, infecciones y otros efectos en la salud. Estudios epidemiológicos y modelos en animales indican que los sistemas más afectados son el cardiovascular y el respiratorio.

En los siguientes párrafos se describen las rutas de exposición, las poblaciones más susceptibles y los mecanismos de acción de los principales contaminantes del aire. Se presenta igualmente la evidencia científica que documenta la asociación entre los contaminantes criterio (excepto el plomo) y efectos en la salud. El impacto a la salud de la contaminación atmosférica se puede describir por tipo de contaminante, aunque dependerá de la concentración del contaminante, del tiempo de exposición, de la coexistencia de otros contaminantes y de la susceptibilidad individual (Kampa and Castanas 2008). En la revisión bibliográfica se incluye además de los contaminantes criterio a los compuestos orgánicos volátiles, por el daño en la salud que pueden provocar. Se hace énfasis en los efectos en la salud del O₃ y del material particulado, puesto que son contaminantes que rebasan con frecuencia los valores máximos permisibles establecidos en las normas mexicanas.

10.1 Mecanismos de acción

10.1.1 Estrés oxidativo

Un mecanismo mediante el cual la mayoría de los contaminantes del aire provocan efectos adversos a la salud es su habilidad para actuar como prooxidantes de lípidos y proteínas o como radicales libres (especies reactivas de oxígeno y especies reactivas de nitrógeno), provocando estrés oxidativo y la inducción de respuestas inflamatorias. La inhalación de contaminantes como O₃, NO₂ y partículas reaccionan con antioxidantes no enzimáticos del tracto respiratorio como: glutatión reducido (GSH), vitamina C y ácido úrico. Así como con antioxidantes enzimáticos como la superóxido dismutasa (ecSOD), la glutatión peroxidasa (esGSHpx) y la tioredoxina. Estas moléculas protegen contra los contaminantes. Pero si las defensas son excedidas, ante altas concentraciones de contaminantes, se incrementa la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS) y entonces los oxidantes pueden reaccionar con moléculas orgánicas, como proteínas o lípidos y alterar el epitelio. Esto inicia el proceso inflamatorio, la activación de los neutrofilos y la liberación de citoquinas, quemoquinas y moléculas de adhesión celular. Una respuesta inflamatoria aumentada puede conducir a la generación adicional de ROS y de especies reactivas de nitrógeno (RNS), junto con daños oxidativos al DNA (Figura 4).



Fuente: (Romieu, Castro-Giner et al. 2008)

Figura 4. Mecanismo de estrés oxidativo.

Los radicales libres (especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno) son dañinos para lípidos, proteínas y DNA, inhibiendo su función normal. Conjuntamente, un estado de estrés oxidativo se ve implicado en una variedad de enfermedades degenerativas como aterosclerosis, ataques al corazón, infarto, enfermedades inflamatorias crónicas (artritis reumatoide por ejemplo), catarata, desordenes en el sistema nervioso central (Parkinson y Alzheimer) y cáncer (Kampa and Castanas 2008).

10.1.2 Mecanismo de efectos cardiovasculares

Los mecanismos mediante los cuales algunos contaminantes atmosféricos como PM₁₀, CO y O₃ provocan efectos cardiovasculares como insuficiencia cardiaca aún no están del todo claros. Para el caso de las partículas respirables se han propuesto los siguientes mecanismos (Figura 5):

- Alteraciones en los canales de calcio de los miocardiocitos
- Isquemia miocárdica, ya que el incremento en los aerosoles ácidos irrita las vías respiratorias y provoca broncoespasmo agudo, edema pulmonar, hipoxemia e incremento en la demanda de oxígeno
- Inflamación y disfunción endotelial
- Alteraciones en el sistema nervioso autónomo



Fuente: (Riojas-Rodríguez, Holguín et al. 2006)

Figura 5. Mecanismo de efectos cardiovasculares de la inhalación de partículas.

10.1.3 Mecanismos de efectos cerebrovasculares

Se han realizado estudios en Estados Unidos buscando identificar la asociación entre la contaminación atmosférica y eventos cerebrovasculares aunque los resultados aún son limitados y sugieren que existe una asociación entre eventos cerebrovasculares y la exposición reciente a PM_{2.5} y O₃ destacando que los niveles de contaminantes en la comunidad de estudio son relativamente bajos. (Lisabeth, Escobar et al. 2008) En sujetos altamente expuestos a contaminantes del aire (material particulado) se ha encontrado diversos efectos neurocerebrales y algunos de ellos desde la infancia como puede ser la neuroinflamación y la alteración cerebral de la respuesta inmune innata, así como también como un factor de riesgo para enfermedades como Alzheimer y Parkinson. (Calderon-Garciduenas, Solt et al. 2008)

10.2 Efectos en la salud del material particulado y dióxido de azufre

Los efectos en la salud de la exposición a partículas y dióxido de azufre (SO₂) se presentan conjuntamente puesto que generalmente están presentes como componentes de una mezcla compleja. No obstante, dependiendo de las fuentes, las características de la mezcla de partículas y SO₂ gaseoso varía sustancialmente (Romieu and Korc 2002). El SO₂ es muy soluble en el agua, por lo que es rápidamente absorbido en las vías respiratorias altas, sin embargo una pequeña fracción puede unirse al material particulado fino, ser inhalado y llegar a vías respiratorias inferiores (Quénel, Dab et al. 2003).

La respuesta a una exposición a concentraciones elevadas de SO₂ se manifiesta por síntomas como tos, irritación de nariz y garganta, seguidos de bronco constricción y disnea, especialmente en individuos asmáticos; estos síntomas se ven agravados si la exposición se da en combinación con ejercicio físico (Quénel, Dab et al. 2003; Kampa and Castanas 2008).

La toxicidad del material particulado (PM, por sus siglas en inglés) depende por un lado de su composición química y por lo tanto de la fuente de emisión, pero sobre todo depende del tamaño de las partículas, puesto que éste determina que tanto penetrarán en el árbol bronquial (Quénel, Dab et al. 2003). Partículas de un diámetro superior a 10µm (PM₁₀) son filtradas por la nariz y son deglutidas, partículas de 3 a 10 µm se depositan principalmente en la tráquea y los bronquios y alteran por ejemplo, la respuesta inflamatoria alveolar regulada por los macrófagos ante el virus sinicial respiratorio, una causa frecuente de pulmonía viral en los niños (Romieu and Korc 2002). Las partículas menores a 3 µm llegan en gran cantidad a los alvéolos (Quénel, Dab et al. 2003). El material particulado que penetra al epitelio alveolar inicia un proceso de inflamación pulmonar, se presentan igualmente cambios inflamatorios sistémicos afectando la coagulación de la sangre, lo cual puede obstruir los vasos sanguíneos, provocando angina o hasta infarto al miocardio (Kampa and Castanas 2008).

En relación a la contaminación por metales pesados unidos a material particulado se han observado una serie de efectos como: taquicardia, incremento de la presión sanguínea y anemia debido al efecto inhibitorio de la hematopoyesis, además de un incremento en los niveles de triglicéridos, neurotoxicidad, daños al riñón tales como una disfunción inicial tubular evidenciada por un incremento en la excreción de proteínas de bajo peso molecular, el cual progresa en un decremento del ritmo de filtración glomerular (Krewski and Rainham 2007). Los metales pesados incrementan igualmente el riesgo de formación de nefrocalcinosis y de cáncer renal (Krewski and Rainham 2007). Los metales pesados, además de inducir estrés oxidativo, pueden sustituir diversos cationes polivalentes (calcio, zinc, magnesio) que funcionan como transportadores, intermediarios de reacciones catalizadoras, o como elementos estructurales en el mantenimiento de la conformación de proteínas. Además los metales pesados se pueden acumular en los organelos celulares e intervienen en su función. Aunque aún no existe evidencia suficiente sobre la composición química de las partículas finas con los efectos en la salud, algunos estudios concluyen por ejemplo que comunidades con niveles elevados de níquel, vanadio y carbono elemental en partículas PM_{2.5} presentan un mayor riesgo de hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares asociadas a exposiciones a corto plazo a PM_{2.5}.(Bell, Ebisu et al. 2009)

Por otro lado, los compuestos tanto orgánicos como inorgánicos que componen el material particulado pueden provocar efectos genotóxicos, aunque no está claro todavía en qué grado (Kampa and Castanas 2008).

10.2.1 Estudios epidemiológicos sobre efectos en la salud de material particulado

El material particulado se ha asociado con el aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, la reducción de la función pulmonar, el agravamiento del asma y con muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares. Estudios epidemiológicos documentan los efectos a la salud del material particulado en el mundo y en la ZMVM. El material particulado se ha asociado con mortalidad (WHO 2001), con mortalidad infantil (APHEIS 2002) y con ausentismo escolar en niños (Romieu, Lugo et al. 1992). El material particulado y el ozono se han asociado a efectos respiratorios en niños asmáticos y a variabilidad en la frecuencia cardíaca en adultos mayores. En el Anexo 11 podemos ver una revisión de los estudios epidemiológicos más recientes a este respecto.

10.3 Efectos en la salud del Ozono

El ozono es un poderoso oxidante que puede reaccionar con biomoléculas extra e intracelulares. Sus efectos biológicos son causados probablemente por intermedios tales como radicales libres, hidroperóxidos lípidos, aldehídos o peróxido de hidrógeno.

El órgano más afectado por el ozono es el pulmón. El ozono que penetra al epitelio alveolar inicia un proceso de inflamación pulmonar (Kampa and Castanas 2008). Una exposición crónica a ozono reduce la función pulmonar, además de provocar síntomas respiratorios como tos, flema y sibilancias, lo cual puede ser responsable del agravamiento del asma, enfisema e incluso cáncer de pulmón. Estudios experimentales in vitro y con animales han mostrado lesiones en la vía respiratoria, incluyendo un aumento en la permeabilidad y la inflamación de la misma (niveles elevados de leucocitos polimorfonucleares, y la elaboración de leucotrienos y prostaglandinas por macrófagos alveolares), así como cambios morfológicos, bioquímicos y funcionales (Romieu and Korc 2002). El ozono también suprime las respuestas inmunes locales y sistémicas y una exposición prolongada a este compuesto puede causar una fibrosis local, demostrada en primera instancia por el incremento local de colágeno en el septo interalveolar de la región centroacinar.

10.3.1 Estudios epidemiológicos sobre efectos en la salud del ozono

El O₃ se ha asociado a mortalidad (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002), visitas a emergencias por asma (Comisión Ambiental Metropolitana. 2002), visitas a emergencia por infecciones respiratorias (Evans, Levy et al. 2002) y a síntomas de vías respiratorias altas (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000). Además de a efectos respiratorios en niños asmáticos y a variabilidad en la frecuencia cardíaca en adultos mayores. En los anexos Anexo 10 y Anexo 11 se presentan los principales estudios epidemiológicos llevados a cabo a nivel mundial y en la ZMVM para ozono y material particulado.

10.4 Efectos en la salud del monóxido de carbono (CO)

Los efectos agudos del CO responden a su gran afinidad por las proteínas transportadoras de oxígeno; por la hemoglobina (Hb) de la sangre y la mioglobina de los músculos (Quénel, Dab et al. 2003). El CO es rápidamente absorbido por los pulmones y llevado a la sangre (Romieu and Korc 2002). En la sangre, el CO se une a la hemoglobina (Hb) formando carboxihemoglobina (COHb), lo cual reduce su capacidad de transferir oxígeno a los órganos y tejidos del cuerpo (Kampa and Castanas 2008). Esto reduce la disponibilidad de oxígeno y puede afectar el funcionamiento de diferentes órganos (sobre todo cerebro y corazón, por ser más sensibles al oxígeno), resultando en dificultades para concentrarse, bajos reflejos y confusión (Kampa and Castanas 2008). El CO puede afectar las funciones mentales y el estado de alerta aun en exposición a bajas concentraciones. Los síntomas clásicos de la intoxicación por CO son: dolores de cabeza y mareos, cuando los niveles de COHb se sitúan entre 10 y 30%; dolor de cabeza severo, cuando dichos niveles son de 30%, y riesgo considerable de coma y muerte, cuando las concentraciones de COHb se ubican por arriba de 40% (Romieu and Korc 2002). También puede alterar el sistema nervioso autónomo manifestándose en cambios en la variabilidad de la frecuencia cardiaca. (Riojas-Rodriguez, Escamilla-Cejudo et al. 2006)

10.5 Efectos en la salud del bióxido de nitrógeno (NO₂)

El NO₂ es un gas poco soluble, irritante y oxidante que puede alcanzar los bronquiolos y los alvéolos (Quénel, Dab et al. 2003). Después de exposiciones a NO₂ se presentan síntomas como irritación de nariz y garganta, seguidos de bronco constricción y disnea, especialmente en individuos asmáticos; además de incrementar la susceptibilidad a infecciones respiratorias (Kampa and Castanas 2008). La exposición crónica a este contaminante puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias. Se han observado lesiones de tipo enfisema en ratones expuestos a NO₂ (Kampa and Castanas 2008).

El reanálisis de la cohorte de la sociedad americana de cáncer sugiere que la mortalidad puede ser atribuida a más de un componente de una mezcla compleja de contaminantes del aire. Los resultados de este reanálisis muestran una asociación con la mortalidad por SO₂ adicional a la de partículas finas y sulfatos. (Krewski, Burnett et al. 2005)

Los datos recopilados por la Sociedad Americana del Cáncer, como parte del estudio de Prevención del Cáncer II demuestran que las partículas finas y de óxido de azufre están asociadas con todas las causas, cáncer de pulmón, y mortalidad cardiopulmonar. El incremento de cada 10µg/m³ de partículas finas en la atmosfera se asocia con aproximadamente un 4%, 6% y 8% más de riesgo de cáncer de pulmón por todas las causas, cardiopulmonares y mortalidad, respectivamente. Las partículas gruesas y PST no fueron asociadas con la mortalidad. (Pope, Burnett et al. 2002)

11 EVALUACIÓN DE IMPACTO

La EIS comprendió las siguientes etapas: 1. Delimitación del espacio geográfico de la población a estudiar, 2. Selección de los contaminantes atmosféricos a ser incluidos en la evaluación 3. Determinación de la exposición al factor de riesgo en la población, 4. Selección de los eventos en salud, 5. Determinación de la frecuencia en la población de los problemas de salud seleccionados, 6. Determinación de la asociación cuantitativa entre la exposición y el efecto en la salud a través de la selección de funciones de concentración respuesta (CFR), 7. Selección de los diferentes escenarios comparativos, 8. Estimación de las mortalidad y morbilidad evitada de acuerdo a los diferentes escenarios planteados, 9. Análisis de la incertidumbre de los resultados. En los siguientes párrafos se abordaran cada uno de las etapas.

11.1 Delimitación de la Zona de Estudio

La asignación de la exposición es uno de los aspectos fundamentales en los proyectos epidemiológicos, la incorrecta o deficiente asignación de la exposición puede llevar a errores en las estimaciones de efecto y en consecuencia desencadena en deficientes y erróneas medidas de intervención.

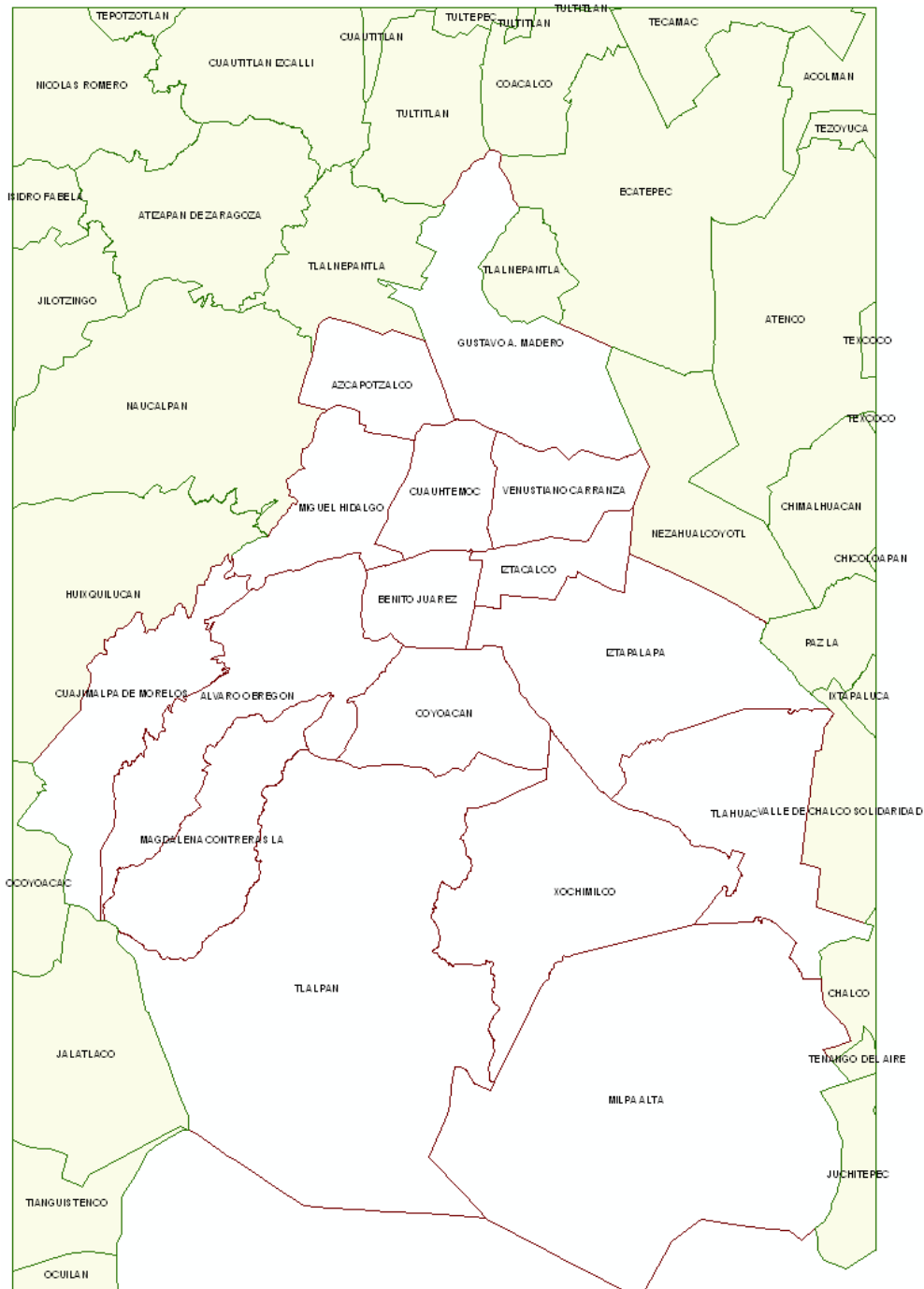
El presente proyecto fue planificado para generar estimaciones de exposición para la población del Distrito Federal. Sin embargo, las medidas de intervención que aplican en el Distrito Federal implican una fuerte vinculación con el gobierno del Estado de México y las políticas de control de la contaminación generalmente son de carácter metropolitano en la región que comúnmente conocemos como Zona Metropolitana del Valle de México. Por esta razón, una de las pretensiones fue la de ampliar la zona de cobertura de las estimaciones a la ZMVM.

El análisis realizado para la pretensión de generar información para toda la ZMVM mostró la imposibilidad de lograr la cobertura total debido primordialmente a que la red de monitoreo del SIMAT es insuficiente para la superficie total de la ZMVM. Recordemos que la ZMVM está constituida por 16 delegaciones del DF y 59 municipios del Estado de México. (Ver Mapa 3)

La vasta extensión territorial de la ZMVM y la reducida red de monitoreo para cubrirla generaría un modelo de exposición poco confiable, con estimaciones erróneas que podría llevar a medidas de intervención ineficientes en materia de calidad del aire.

Por lo anterior se decidió establecer un dominio espacial acorde a lo que en materia de información se cuenta para alimentar los modelos. Utilizando un sistema de información geográfico creado para este proyecto, se eligió un dominio para interpolar y extrapolar la concentración de contaminantes a la mayor cobertura espacial posible de la ZMVM. Esto fue determinado por dos capas de información a) estaciones del SIMAT (que midieran el contaminante de interés) y b) Contorno del Distrito Federal. Se eligió el punto más extremo de cualquiera de las dos capas para establecer así el límite de la interpolación/extrapolación. De esta manera hacia el norte fue determinado por la

estación Villa de las Flores (VIF) y hacia sur, este y oeste por el contorno del Distrito Federal. El Mapa 4 muestra los municipios que quedaron delimitados para el estudio y para los cuales se asignó exposición poblacional.



Mapa 4. Delegaciones y municipios del D.F. y Estado de México seleccionados para el estudio.

11.2 Periodo de análisis y contaminantes atmosféricos seleccionados

Los efectos en salud provocados por la contaminación atmosférica son muy diversos, en México la regulación normativa en la materia tiene como primordial función la protección a la salud de la población por lo que la EIS representa una valiosa herramienta para el análisis del efecto de los contaminantes criterio en la salud poblacional. Sin embargo, la realización de una evaluación que comprendiera la totalidad de los contaminantes regulados en la normatividad mexicana no fue posible debido primordialmente a la limitante de recursos financieros para esta tarea. Lo anterior hubiera demandado un mayúsculo periodo de tiempo para el análisis de la información que probablemente hubiera sacado a la luz la deficiencia de estudios realizados en México que evaluaran la exposición a otros contaminantes fuera de PM₁₀, PM_{2.5} y O₃.

Originalmente la pretensión era la realización de la evaluación sobre PM_{2.5}, PM₁₀ y Ozono. Sin embargo, la disponibilidad de la información fue cobrando peso para PM₁₀ y ozono. Las estimaciones se necesitaban realizar sobre el total de la población de la ZMVM y los datos más recientes fueron los del CENSO de INEGI del 2005. También era necesario realizar comparaciones de la concentración actual hacia el pasado y la red de PM_{2.5} no nos permitía ello y esta fue la razón principal de su exclusión para el análisis.

Así mismo la mayor parte de los estudios de efectos en salud en México por material particulado están centrados en PM₁₀ y O₃ por lo que la información mexicana para PM_{2.5} es aún insuficiente. Se encontró que para PM₁₀ y O₃ teníamos estudios en México que nos permitirían comparar con las experiencias y resultados de otras latitudes que también documentan la asociación entre los dos contaminantes y diversos efectos en la salud. Adicionalmente, podemos destacar la importancia de la evaluación del O₃ en la ZMVM por la magnitud de sus concentraciones en el aire y por la frecuencia en la que excede las normas de protección a la salud.

11.3 Estimación de la exposición de la población a PM₁₀

Para obtener los casos atribuibles a un determinado cambio de concentración, es necesario determinar el nivel de exposición de la población antes de que se produzca el cambio. En este contexto, con “exposición” nos referimos a las concentraciones de PM₁₀ y de ozono de fondo, representativas de la concentración que se da en el lugar de residencia de las personas.

Los promedios de concentraciones a estos compuestos fueron proporcionados por el Instituto Nacional de Ecología (INE). Dichos datos fueron validados para el “*Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica (ESCALA)*”, proyecto multicéntrico que incluye a la ZMVM y cuyo objetivo es el de examinar la asociación entre la exposición a la contaminación del aire exterior y algunas causas de mortalidad en las siguientes ciudades de América Latina: Zona Metropolitana del Valle de México, Monterrey y Toluca para el caso de México, Sao Paulo, Río de Janeiro y Porto Alegre en el caso de Brasil, y Santiago, Temuco y Concepción en el caso de Chile para el periodo 1997-2005. El proyecto utiliza el mismo marco analítico en los tres países con la finalidad de poder comparar los

resultados. El proyecto incluye además, una evaluación del efecto del nivel socioeconómico en la asociación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad. El proyecto inició en 2006 y actualmente está por concluir.

Debido a que consideramos importante que se incluyeran únicamente bases de datos limpias y validadas, es decir, bases de datos que hubieran pasado un estricto control de calidad, se optó por trabajar con niveles de exposición del año 2005, último año incluido en el proyecto ESCALA. En consecuencia, los promedios de concentraciones del año 2005 se consideraron como punto de referencia para comparar con los futuros cambios (diferentes escenarios).

Existen diversas metodologías para estimar la exposición de la población en función del nivel de detalle de los datos disponibles. El enfoque más habitual consiste en utilizar el valor medio anual que se obtiene con un monitor (escogido como “representativo” del área de estudio). Un enfoque más sofisticado consiste en utilizar superficies de contaminación modeladas, que se superponen a las distribuciones de la población para así obtener los cálculos detallados de las distribuciones de exposición de la población. En función de la disponibilidad de los datos, se podrá recurrir a métodos intermedios.

El indicador utilizado en este trabajo fue mediante la estimación de un “promedio ponderado por población” para el periodo de referencia. Esta estimación estuvo fundamentada en trabajos realizados por el INE en México y por el departamento de Salud y el departamento del Medio Ambiente y Vivienda de Cataluña en España. Con este enfoque se intenta conocer la exposición de la población asociando la concentración de un contaminante en una región determinada con la población asentada en esa misma región. Para esto se determinó en primer lugar una distribución espacial de los contaminantes y después se calculó el promedio ponderado por población.

11.3.1 Distribución espacial de los contaminantes

Las bases de datos utilizadas para este análisis fueron las mismas utilizadas por el Proyecto ESCALA que a su vez se valió de la información disponible para su descarga del sitio web del SIMAT validando los datos de acuerdo a lo que establece la norma respectiva de cada contaminante. La distribución espacial de los contaminantes se generó mediante mapas de contorno, creados a partir del cálculo del promedio anual por estación del periodo de referencia (año 2005). El SIG construido para este propósito se desarrolló utilizando el software ARCGIS 9.1 (ESRI Labs Inc).

11.3.1.1 Estimación de la exposición a PM₁₀ por Zona y por Delegación

El primer paso de este procedimiento consistió en el análisis estadístico de la tendencia en las concentraciones de PM₁₀ registradas durante el 2005 en cada una de las estaciones que cuentan con este tipo de mediciones en la red del SIMAT, posteriormente se generó el promedio anual para cada una de las estaciones. Los promedios por estación

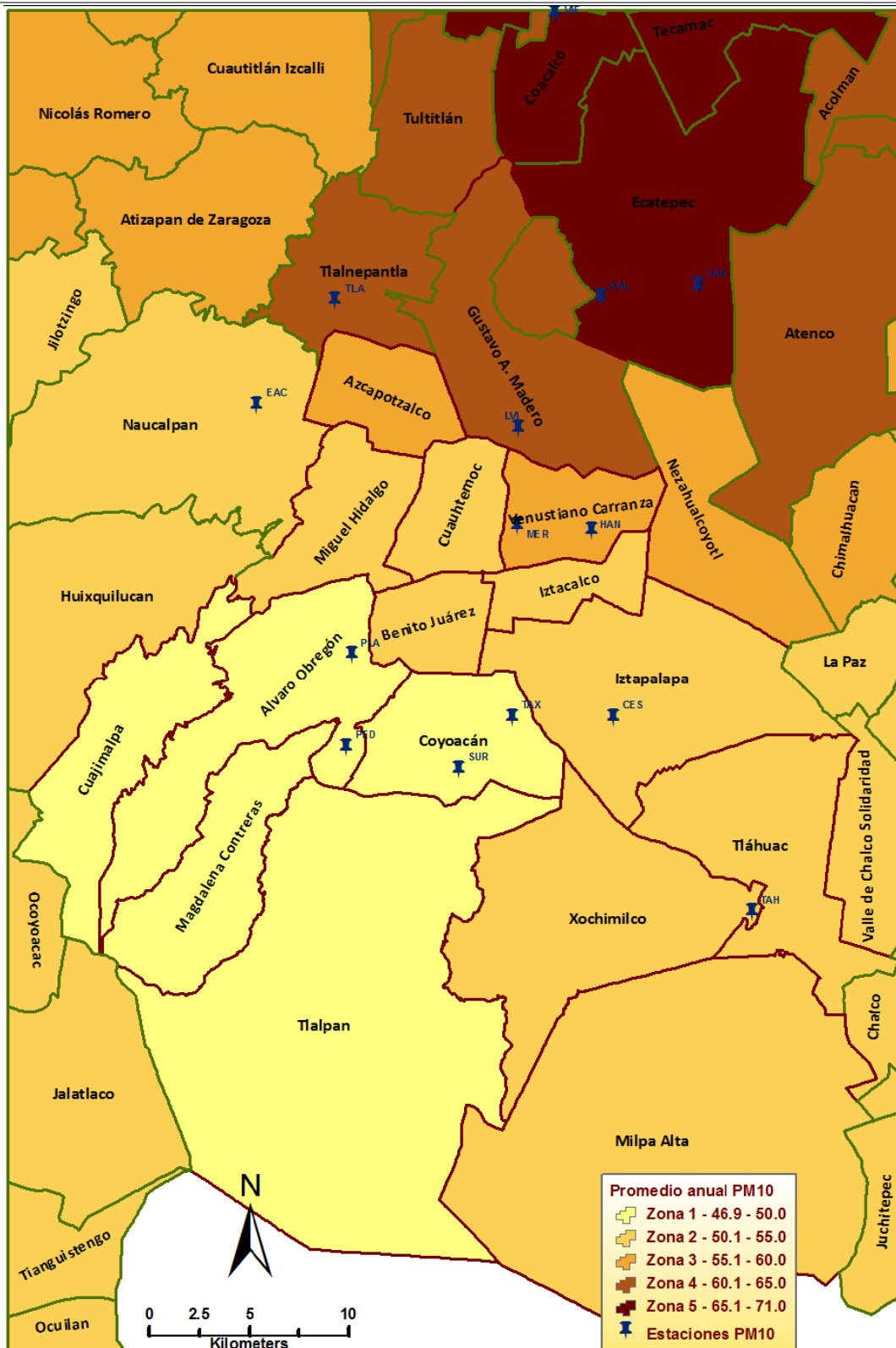
fueron incorporados al SIG del proyecto para generar los mapas de interpolación que permitirían conocer la distribución del contaminante de manera espacial en el Distrito Federal y Zona metropolitana. El método de interpolación elegido fue el de distancia inversa ponderada (IDW, por sus siglas en inglés). Dicho método se basa en la suposición de que a medida que nos alejamos del punto de la muestra (las estaciones de monitoreo), la concentración va disminuyendo.

Se generó una malla de 500m x 500m abarcando toda la zona de estudio y una vez ejecutado el método de interpolación se pudo obtener la estimación del nivel de concentración de PM₁₀ en cada una de las celdas. Posteriormente para cada delegación o municipio se identificó el total de celdas que contenían a su interior sumando la concentración de cada una de ellas y promediando al final entre el número total de celdas identificadas.

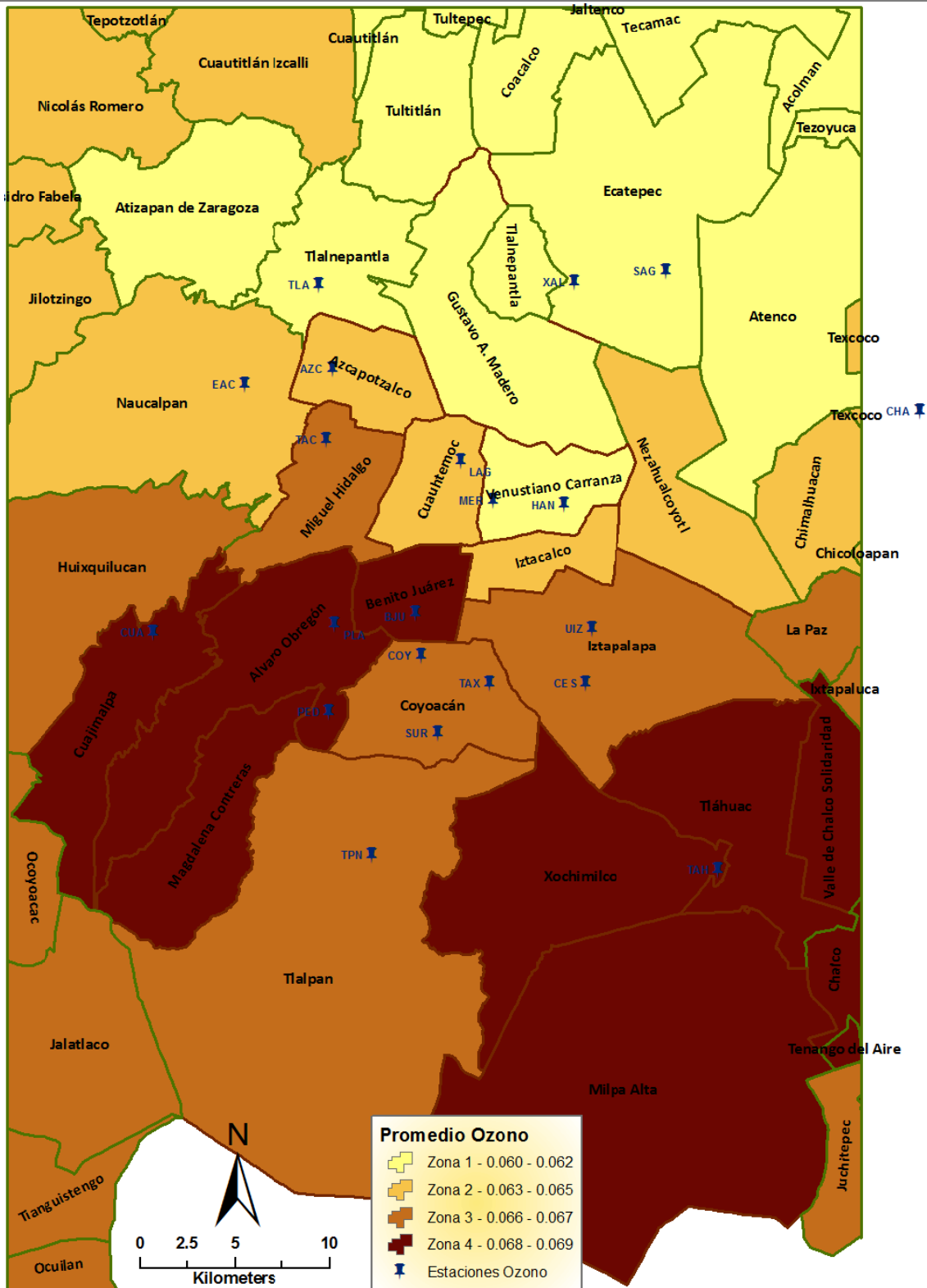
Del método de interpolación generado se categorizó en 5 distintos rangos de concentración correspondientes a diferencias de 10 microgramos entre cada una (ver Mapa 5). Esta categorización permitió ubicar 5 distintas zonas en toda el área de estudio que fueron utilizadas para estimar el efecto en los cambios futuros debido a medidas de intervención. El área que abarcaba cada zona fue intersectada en el SIG con la capa de AGEB para obtener el total de población en cada una de las zonas (Mapa 5).

11.3.1.2 Estimación de la exposición a Ozono por Zona y por Delegación

La metodología seguida para la estimación de O₃ fue similar a la realizada para PM₁₀. Para el caso de ozono se obtuvieron los promedios máximos móviles horarios registrados durante cada día del año 2005 para cada una de las estaciones del SIMAT que registran este contaminante, posteriormente se calculó el promedio con los datos disponibles para cada estación. Los promedios se incorporaron al SIG, se generaron los mapas de interpolación, se generó el mapa temático (Se categorizó la concentración en 4 rangos y zonas distintas que permitían diferenciar bien la exposición entre cada una de las delegaciones y municipios). El área que abarcaba cada zona fue intersectada en el SIG con la capa de AGEB para obtener el total de población en cada una de las zonas.



Mapa 5. Distribución espacial de la concentración de PM₁₀ en la Ciudad de México. 2005



Nota: Media aritmética de los máximos promedios móviles de 8 horas de cada día del año 2005.
Mapa 6. Distribución espacial de la concentración de Ozono en la Ciudad de México. 2005

11.3.2 Cálculo del promedio ponderado por población

La estimación de la concentración promedio ponderado por población se realizó posicionando los mapas de concentración sobre el mapa de población desagregado a nivel de delegaciones y municipios. En el SIG del proyecto se utilizó el procedimiento de INTERSECT (intersección), con el que se obtuvo la concentración de los contaminantes asociada a cada delegación y/o municipio en el área de cobertura. Con esta información se calcularon las concentraciones ponderadas por población mediante la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{\sum C_i \times N_i}{N}$$

En donde:

C_p = concentración ponderada

C_i = concentración en la Delegación i

N_i = número de personas en la Delegación i

N = población total en toda el área de cobertura

En esta valoración, el indicador representa una estimación de la exposición promedio de la población de cada Delegación (concentración media ponderada por población). Estas concentraciones se obtuvieron en función de la edad de acuerdo con aquellos utilizados en estudios de directrices, que proporcionan las relaciones concentración-respuesta (FCR). La población considerada para estas estimaciones está basada en los datos del Censo De Población y Vivienda del INEGI del año 2000.

11.4 Selección y frecuencia de los eventos en salud.

Los efectos adversos de la contaminación del aire en la salud son múltiples. Desafortunadamente, muchos no cuentan con registros confiables de la frecuencia del problema de salud en la población de la Zona Metropolitana del Valle de México o del Distrito Federal y/o con estudios epidemiológicos que respalden un valor de FCR, por lo que no es posible efectuar la EIS de manera confiable en muchas ocasiones. En general los datos disponibles para mortalidad son más robustos que los de egresos hospitalarios, y prácticamente no se cuenta con información suficiente para hacer estimaciones de morbilidad. Los efectos seleccionados para PM₁₀ fueron: mortalidad (general e infantil), mortalidad por causas cardiopulmonares (general y en mayores de 65 años), por causas respiratorias (general e infantil), por causas cardiovasculares (general y en mayores de 65 años), por causas cerebrovasculares (general y en mayores de 65 años), admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y por enfermedades cardiovasculares. Con la finalidad de no dejar fuera las estimaciones de morbilidad, se hicieron estimaciones para

bronquitis crónica en adultos a partir de los datos de FCR y de la incidencia de bronquitis crónica calculada en el estudio de (Abbey, Petersen et al. 1993), en una cohorte formada por miembros de la Iglesia Adventista del Séptimo Día en California, Estados Unidos. Se trató de incluir otros padecimientos como asma, infecciones respiratorias agudas, o neumonías y bronco neumonías, pero no se obtuvieron datos de FCR que pudieran ser utilizados con los datos de salud disponibles.

Para O₃ se seleccionaron los siguientes efectos: mortalidad general, mortalidad en mayores de 65 años, mortalidad por causas respiratorias (general), por causas cardiovasculares (general y en mayores de 65 años), por causas cerebrovasculares y causas cardiopulmonares en mayores de 65 años, admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias y enfermedades cardiovasculares.

En la Tabla 11 se incluyen los códigos CIE 9 y CIE 10 para los efectos seleccionados, además de las agrupaciones propuestas. Las bases de datos para mortalidad proporcionadas por INEGI fueron validadas para el proyecto ESCALA. Para el caso de admisiones hospitalarias se obtuvieron los datos del Boletín de información estadística daños a la salud número 25, Vol. II, año 2005.

Tabla 11. CIE 9 y CIE 10 de los efectos a la salud seleccionados.

Causas	CIE-9	CIE-10	Causas
Mortalidad general		A00-R99	
Mortalidad infantil		A00-R99	
Cardio-pulmonares	390-459 460-519	I00-I99 J00-J98	I10-I33, I40-I50, I60-I70, I74-I82 J00-J32, J37, J40-J46, J68, J80, J84-J90
Respiratorias	460-519	J00-J98	J00-J32, J37, J40-J46, J68, J80, J84-J90
Cardiovasculares	390-459	I00-I99	I10-I33, I40-I50
Cerebrovasculares	430-438	I60-I69	
Asma	493	J45	
Bronquitis crónica en adultos			Definida como síntomas de tos o flemas en la mayoría de los días, por lo menos 3 meses al año, y por dos años o más.

11.5 Funciones de concentración respuesta elegidas para estudio.

Las funciones de concentración respuesta (FCR) corresponden a los riesgos relativos (RR), o a un pool de RR encontrados en estudios epidemiológicos que asocian contaminación del aire a efectos en la salud. La selección de las funciones de concentración respuesta es clave para la EIS. Por este motivo se recurrió a cuatro fuentes para comparar y elegir las funciones de concentración-respuesta para PM₁₀, y O₃. Incluimos FCRs provenientes del proyecto ESCALA que determina el efecto de PM₁₀ y ozono sobre la mortalidad en residentes de la ZMVM, FCRs obtenidas a partir de otros estudios realizados en la ZMVM, FCRs utilizadas por el programa Europeo "Air Pollution and Health: A European Information System, APHEIS" (APHEIS 2002) y finalmente FCRs obtenidas como valores condensados de tipo meta análisis. En los Anexos Anexo 12 y Anexo 14 se presentan las diferentes funciones de concentración respuesta consideradas para el estudio.

11.6 Escenarios seleccionados

Para calcular el impacto en la salud, la metodología HIA generalmente incluye la selección de distintos escenarios de interés. En el presente estudio se determinaron estimaciones para tres escenarios. Para el caso de PM₁₀, el primer escenario estima los beneficios que se obtendrían en la salud (expresados en número de muertes o casos evitados) si la calidad del aire caracterizada por PM₁₀ cumpliera con los límites más estrictos a la fecha, los de la EPA-California y los de las guías de calidad de la OMS, es decir, de 20 µg/m³. El segundo escenario estima los beneficios que se obtendrían en la salud si la concentración de PM₁₀ cumpliera con los límites actuales de la Unión Europea de 40 µg/m³. Finalmente, el tercer escenario corresponde a la estimación del impacto en la salud si el promedio anual de PM₁₀ cumpliera con la NOM de 50µg/m³.

Para el caso de ozono, se consideraron igualmente tres escenarios. El primero estima los beneficios en la salud de la disminución de la concentración anual del promedio máximo móvil de 8 horas de O₃ a 50ppb. El segundo considera una reducción a 60ppb y el tercero corresponde a una reducción del 5% de los niveles actuales de la concentración promedio anual de los promedios máximos móviles de 8 horas de O₃.

11.7 Calculo de las muertes evitables

Como ya se dijo, la EIS se basa en la obtención del riesgo atribuible a factores específicos, es decir, en la obtención de la fracción de un problema de salud que puede ser atribuible a una exposición específica (en comparación con la línea base de exposición) o a un cambio de exposición. Para el cálculo de la fracción atribuible se utilizó la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ muertes en ZMVM} - \frac{N^{\circ} \text{ muertes en ZMVM}}{e^{([\ln RR \text{ corregido}] * \Delta \text{conc PM}_{10})}}$$

En donde:

- ΔconcPM₁₀: es la diferencia de concentración del contaminante de acuerdo a los diferentes escenarios
- RR corregido es la FCR para el evento en salud evaluado
- N° muertes en ZMVM, son las muertes por la causa evaluada (o número de eventos, hospitalizaciones por ejemplo) que se presentaron en el 2005.

Se presenta a continuación un ejemplo del cálculo de muertes que se evitarían al disminuir la concentración de PM₁₀ de 56.15 a 20 µg/m³. Utilizando la FCR reportada por la (WHO 2004). Considerando como línea basal el año 2005 en donde se presentaron 87,495 muertes por todas las causas y todos los grupos de edad.

$$\text{Muertes evitables} = 87,495 - \frac{87,495}{e^{([\ln 1.000596] * 36.15)}} = 1,863$$

12 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE IMPACTO EN LA SALUD

12.1 Evaluación impacto PM₁₀.

12.1.1 Muertes evitables

En la Gráfica 13 se presentan las estimaciones del total de muertes evitables por año en la ZMVM y en la Ciudad de México, de acuerdo a los tres escenarios contemplados, utilizando estimadores (CFR) de la OMS (en azul) y del proyecto ESCALA (en rojo). Se puede observar que bajo el escenario de continuar y cumplir con el límite establecido por la normatividad actual de 50 µg/m³ como promedio anual, se podrían evitar aproximadamente 320 (IC95% 214 - 426) y 397 (IC95% 293 - 500) muertes en la ZMVM utilizando los estimadores de la OMS y ESCALA respectivamente. Para el caso de la Ciudad de México estos valores se estiman en 87 y 108 respectivamente. A partir de lo anterior podemos obtener las siguientes aproximaciones:

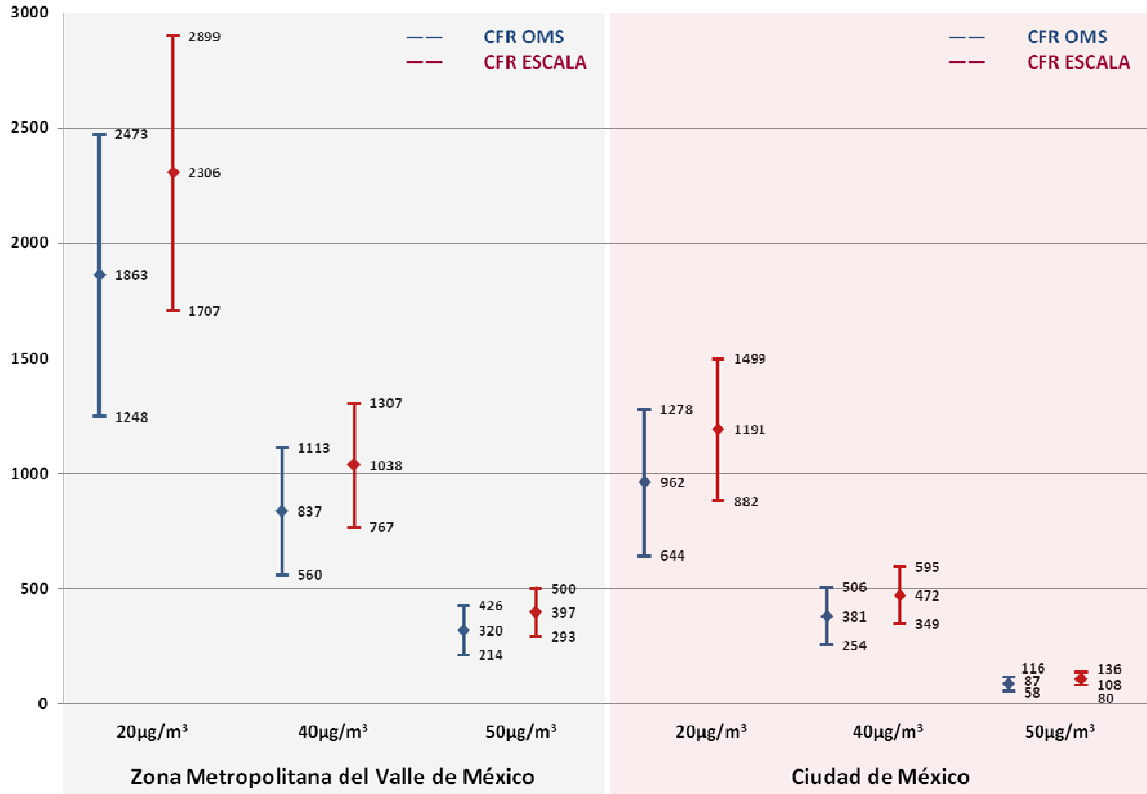
Cumpliendo los parámetros de la Unión Europea 40 µg/m³

- Se evitarían 520 muertes adicionales a las 320 (alrededor de 840 en total) evitadas por cumplir la NOM actual en la ZMVM.
- Se evitarían 641 muertes adicionales a las 397 evitadas por cumplir la NOM actual en la Ciudad de México.

Cumpliendo los parámetros de la OMS y EPA de 20 µg/m³

- Se evitarían 1,543 muertes adicionales a las 320 evitadas por cumplir la NOM actual en la ZMVM.
- Se evitarían 1,909 muertes adicionales a las 397 evitadas por cumplir la NOM actual en la Ciudad de México.

Gráfica 13. Muertes evitables por año (Mortalidad total – Corto Plazo) bajo diferentes escenarios de reducción en las concentraciones de PM₁₀.



Efectuando las estimaciones de forma regional (Tabla 12), observamos que los mayores beneficios son para los municipios y delegaciones agrupados en las zonas 2 y 3 (Ver Anexo 13) que son de las más pobladas en la ZMVM y donde aproximadamente se evitarían 300 y 250 muertes respectivamente bajo un escenario de reducción a 40 µg/m³ utilizando los estimadores de ESCALA.

Tabla 12. Muertes evitables por años (Corto Plazo) para todas las edades, para la zona de estudio, D.F. y zonas.

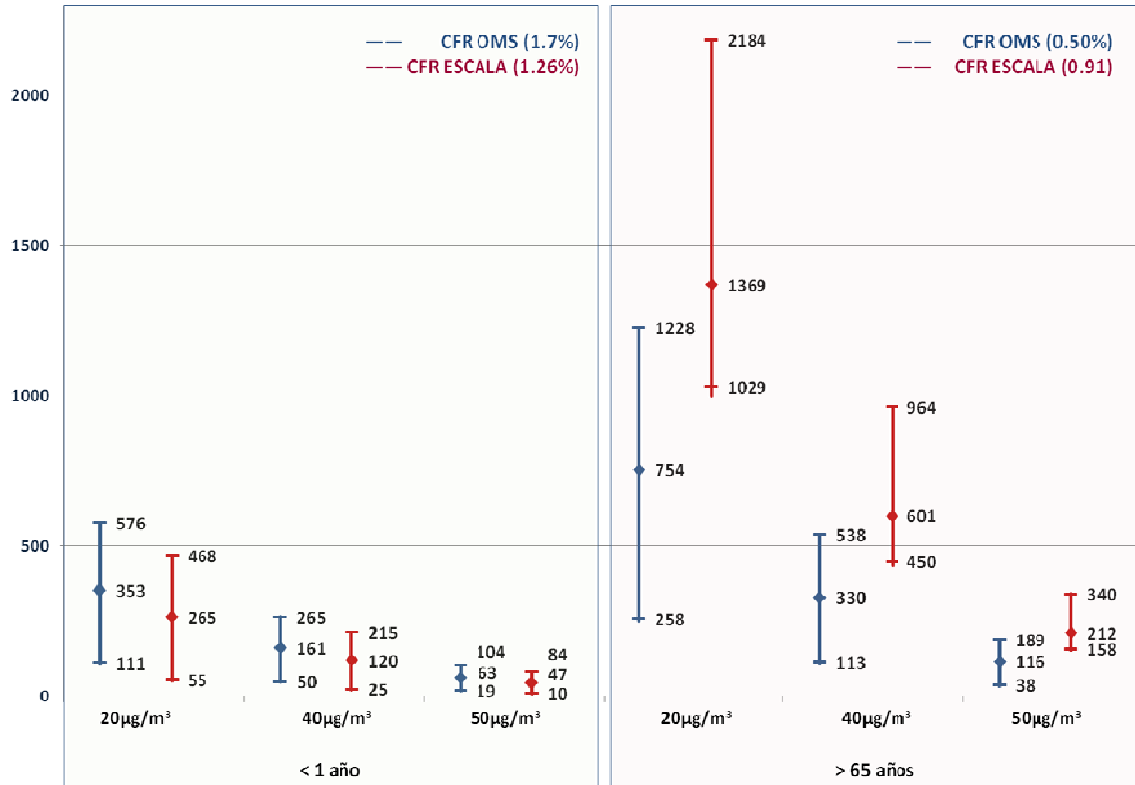
ZONA	Escenarios	CFR WHO (0.6%)			CFR ESCALA (0.745%)		
		20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
Total zona de estudio							
Tasa mortalidad: 4.75 por mil	promedio	1863	837	320	2306	1038	397
Concentración: 56.15ug/m ³	IC bajo	1248	560	214	1707	767	293
Población: 18,419,138	IC alto	2473	1113	426	2899	1307	500

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

ZONA	Escenarios	CFR WHO (0.6%)			CFR ESCALA (0.745%)		
		20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
Distrito Federal							
Tasa mortalidad: 5.68 por mil	promedio	962	381	87	1191	472	108
Concentración: 52.96ug/m ³	IC bajo	644	254	58	882	349	80
Población: 8,720,916	IC alto	1278	506	116	1499	595	136
Zona 1							
Tasa mortalidad: 4.96 por mil	promedio	194	57	0	241	71	0
Concentración: 48.31ug/m ³	IC bajo	130	38	0	178	53	0
Población: 2,344,727	IC alto	258	76	0	303	90	0
Zona 2							
Tasa mortalidad: 4.94	promedio	655	259	60	811	321	74
Concentración: 52.97ug/m ³	IC bajo	438	173	40	600	237	54
Población: 6,816,213	IC alto	869	345	79	1020	405	93
Zona 3							
Tasa mortalidad: 4.65 por mil	promedio	432	199	81	534	246	101
Concentración: 56.87ug/m ³	IC bajo	289	133	54	396	182	74
Población: 4,271,592	IC alto	573	264	108	672	310	127
Zona 4							
Tasa mortalidad: 5.18 por mil	promedio	326	169	89	404	209	111
Concentración: 61.13ug/m ³	IC bajo	219	113	60	299	154	82
Población: 2,605,327	IC alto	433	224	119	508	263	139
Zona 5							
Tasa mortalidad: 3.70 por mil	promedio	240	137	85	297	170	105
Concentración: 66.25ug/m ³	IC bajo	161	92	57	220	125	78
Población: 2,381,279	IC alto	318	182	113	373	213	133

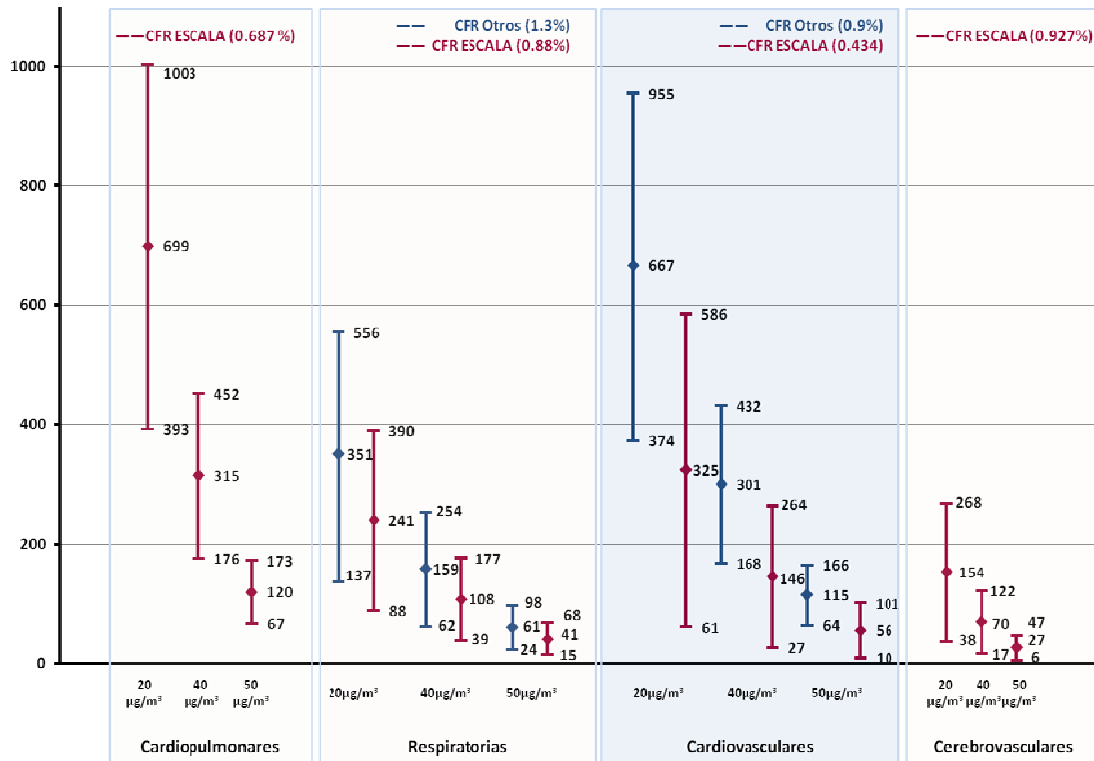
Al realizar la estimación por grupos de edad se observa que el mayor número de muertes evitables se encuentra en el grupo de más de 65 años dónde se podrían evitar cerca de 600 muertes en la ZMVM bajo un escenario de reducción del promedio anual de PM₁₀ a 40 ug/m³ utilizando los estimadores de ESCALA (Ver Gráfica 14). En el caso de los menores de 1 año, bajo similares estimaciones las muertes evitadas son de aproximadamente 150 muertes por año.

Gráfica 14. Muertes evitables por año en la ZMVM (Mortalidad por grupos específicos de edad – Corto Plazo) bajo diferentes escenarios de reducción en las concentraciones de PM₁₀.



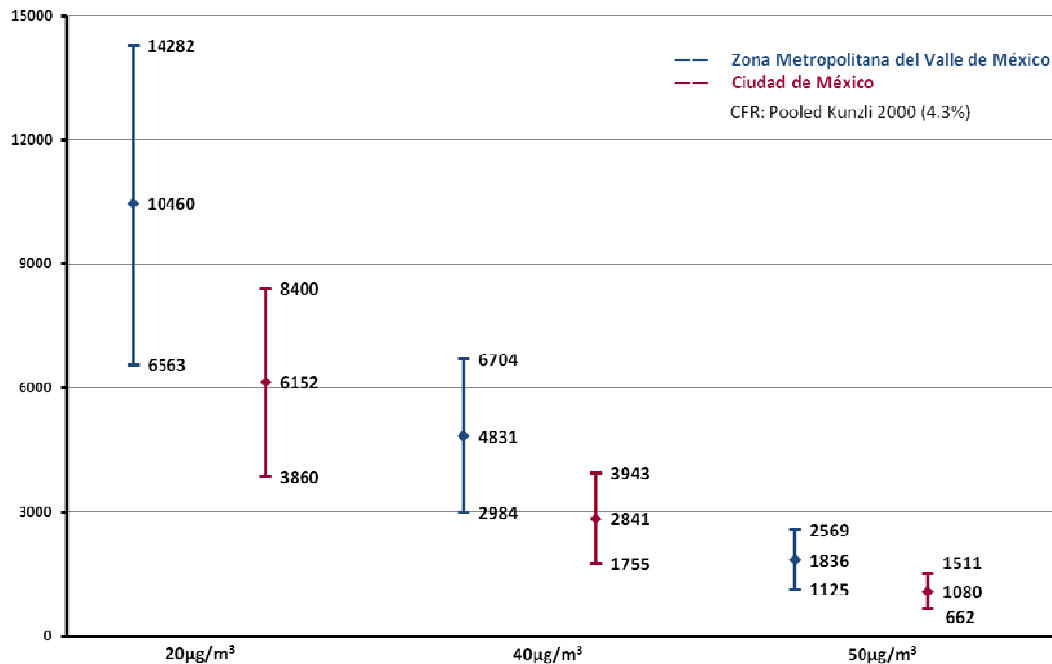
Al hacer la separación en las estimaciones por causas, podemos observar que el mayor impacto recaería en las cardiopulmonares con aproximadamente 700 muertes evitables al año (Ver Gráfica 15). La clasificación de muertes por causas cardiopulmonares agrupa a las causas respiratorias y cardiovasculares, pero al estimar el impacto por separado se observa que el beneficio es mayor para las causas cardiovasculares bajo cualquier escenario de reducción en comparación con las respiratorias. Además se estiman cerca de 150 muertes evitables por año por causas cerebrovasculares. Al igual que para mortalidad total, el beneficio en muertes evitables por causas bajo el escenario estricto de 40 µg/m³ es mayor para las zonas 2 y 3.

Gráfica 15. Muertes evitables por año (Mortalidad por causas específicas – Corto Plazo) bajo diferentes escenarios de reducción en las concentraciones de PM₁₀.



Los resultados de estimación a largo plazo (basados en estudios de más de 15 años de seguimiento) indican que cumplir con el escenario de 40 µg/m³ permitiría evitar cerca de 5,000 muertes en mayores de 30 años en la ZMVM en un periodo de aproximadamente 15 años y cerca de 3,000 muertes en la Ciudad de México en el mismo grupo de edad y periodo (Ver Gráfica 16)

Gráfica 16. Muertes evitables (Mortalidad mayores de 30 años – Largo Plazo) bajo diferentes escenarios de reducción en las concentraciones de PM₁₀.



Bajo los escenarios de reducción analizados, el impacto en muertes evitables sería mayor en la población por arriba de los 30 años con mayor énfasis en aquellos que habitan en los municipios de la Zona 2 (Ver Anexo 13). También destaca el impacto en el D.F. dónde se ubicaría más del 50% de muertes evitables de toda la zona de estudio. (Tabla 13)

Tabla 13. Muertes evitables a largo plazo mayores de 30 años PM₁₀

ZONA	CFR: Pooled Kunzli 2000 (4.3%)			
	Escenarios	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
Total zona de estudio				
Tasa mortalidad: 9.27 por mil	promedio	10460	4831	1836
Concentración: 55.93ug/m3	IC bajo	6563	2984	1125
Población: 8,105,538	IC alto	14282	6704	2569
Distrito Federal				
Tasa mortalidad: 10.6 por mil	promedio	6152	2841	1080
Concentración: 52.99ug/m3	IC bajo	3860	1755	662
Población: 4,177,076	IC alto	8400	3943	1511
Zona 1				
Tasa mortalidad: 9.30 por mil	promedio	1451	670	255
Concentración: 48.30ug/m3	IC bajo	910	414	156
Población: 1,121,079	IC alto	1981	930	356
Zona 2				
Tasa mortalidad: 9.61	promedio	4022	1858	706
Concentración: 52.96ug/m3	IC bajo	2523	1147	433
Población: 3,008,479	IC alto	5491	2578	988

ZONA	CFR: Pooled Kunzli 2000 (4.3%)			
	Escenarios	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
Zona 3				
Tasa mortalidad: 9.18 por mil	promedio	2350	1086	413
Concentración: 56.82ug/m3	IC bajo	1475	671	253
Población: 1,839,053	IC alto	3209	1507	577
Zona 4				
Tasa mortalidad: 9.95 por mil	promedio	1640	757	288
Concentración: 61.02ug/m3	IC bajo	1029	468	176
Población: 1,185,301	IC alto	2239	1051	403
Zona 5				
Tasa mortalidad: 7.54 por mil	promedio	1000	462	175
Concentración: 66.28ug/m3	IC bajo	627	285	108
Población: 951,626	IC alto	1365	641	246

Finalmente, utilizando las FCR de ESCALA de mortalidad total, los datos poblacionales del año 2005, y los datos de concentraciones de PM₁₀ ponderados por población de acuerdo a los registros reportados por la red de monitoreo atmosférico (Ver Tabla 14), se estimó que se evitaron aproximadamente 1,900 muertes en la ZMVM en el periodo 1997 a 2005 (Ver Tabla 15).

Tabla 14. Promedio ponderados por población de PM₁₀ en µg/m³:

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
76	76	54	53	52	51	59	54	56

Tabla 15. Estimación del número de muertes evitadas por PM₁₀ 1997-2005

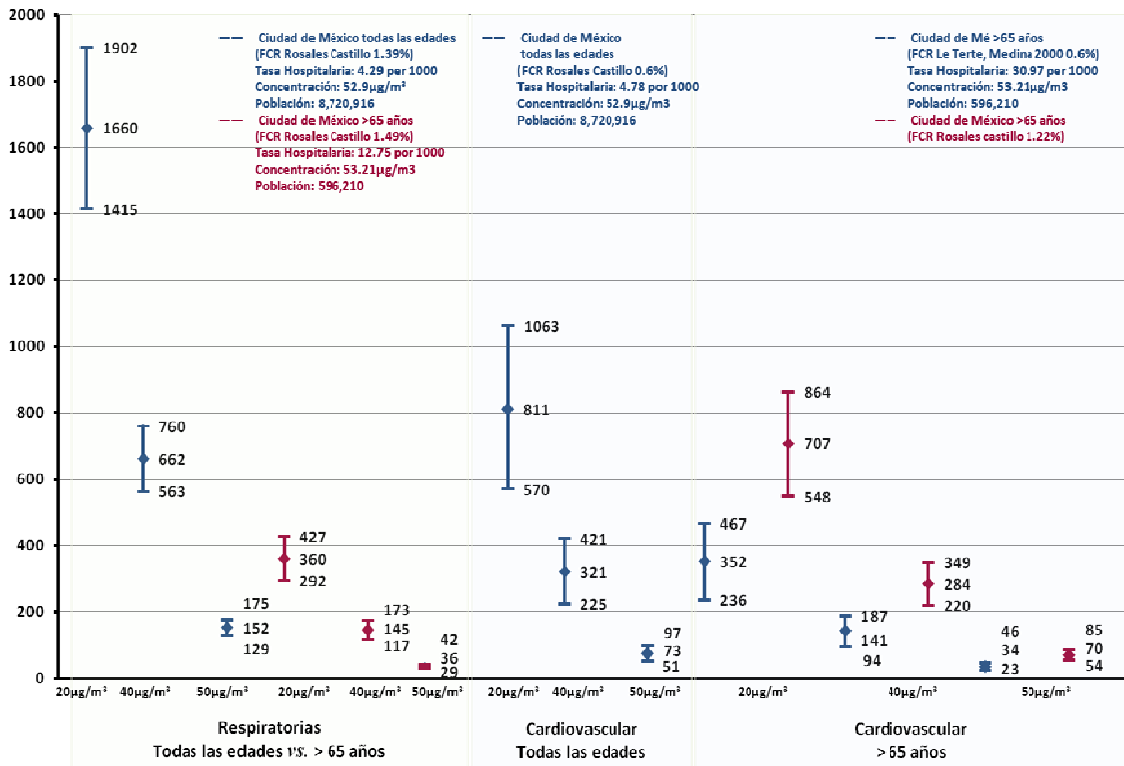
Periodo	Muertes evitadas
1998-1999	1410 (IC 95%: 1043-1776)
1999-2000	65 (IC 95%: 48-82)
2000-2001	65 (IC 95%: 48-82)
2001-2002	65 (IC 95%: 48-82)
2003-2004	323 (IC 95%: 238-407)
1997-2005	1928 (suma de muertes evitadas en el periodo)

Nota: En los años no incluidos en la tabla, no hubo muertes evitadas, puesto que las concentraciones no disminuyeron o aumentaron.

12.1.2 Hospitalizaciones Evitables

Las hospitalizaciones causadas por exposición a PM₁₀ verían también un beneficio en la población susceptible como es el caso de los ancianos dónde un escenario de ajuste a 40 µg/m³ provocaría una disminución de aproximadamente 150 casos al año para causas respiratorias y de alrededor de 300 para causas cardiovasculares. (Gráfica 17)

Gráfica 17. Hospitalizaciones evitables por causas respiratorias por PM₁₀



En cuanto a morbilidad a largo plazo, se estimó que se podrían evitar en la zona de estudio, 8,000 (IC 95%: 816-14,164) casos de bronquitis crónica en la población mayor o igual a 30 años de edad y de aproximadamente 4,000 casos (IC 95%: 421-7,300) en el Distrito Federal si se redujeran las concentraciones de PM₁₀ a 40 µg/m³. Cabe mencionar que la FCR utilizada para estas estimaciones proviene de una cohorte de diez años de seguimiento, por lo que no todos los casos se evitarían en un año.

12.2 Evaluación impacto O₃.

12.2.1 Muertes evitables ante diferentes escenarios de reducción de ozono

Como se puede observar en la Tabla 16, el total de muertes evitables por año relativas a la disminución de la concentración promedio de ozono para la zona metropolitana varía de acuerdo al estimador utilizado, en el caso del estimador de ESCALA una reducción del 5% en la concentración de los promedios máximos móviles al año implicaría alrededor de 400 muertes evitables en la ZMVM. Bajo un escenario de reducción en la concentración de ozono a 50 ppb se evitarían aproximadamente 400 muertes en la ZMVM y alrededor de 24^o en la ciudad de México.

Al efectuar el cálculo por zonas, se observa que en la zona 2, de... sería la más beneficiada con cerca de 150 muertes evitables en el escenario de reducción a 50 ppb (Ver Tabla 16).

Tabla 16. Muertes evitables por año bajo diferentes escenarios de reducción en las concentraciones de O₃ para toda la zona de estudio

ZONA	CFR Ito y De Leon 2005 (0.53%)				CFR ESCALA (0.326)		
	Escenarios	50ppb	60ppb	dism. 5%	50ppb	60ppb	dism. 5%
Total zona de estudio							
Tasa mortalidad general= 4.75 por mil	promedio	631	173	147	389	107	90
Concentración: 63.76 ppb	IC bajo	441	121	102	219	60	51
Población: 18,419,138	IC alto	796	218	185	559	153	130
Distrito Federal							
Tasa mortalidad: 5.68 por mil	promedio	387	128	84	239	79	52
Concentración: 64.93 ppb	IC bajo	271	90	59	134	44	29
Población: 8,720,916	IC alto	489	162	106	343	114	74
Zona 1							
Tasa mortalidad: 4.50 por mil	promedio	165	14	46	102	9	28
Concentración: 60.93 ppb	IC bajo	116	10	32	57	5	16
Población: 6,404,612	IC alto	209	18	58	146	12	41
Zona 2							
Tasa mortalidad: 5.03 por mil	promedio	233	64	54	144	40	33
Concentración: 63.79577 ppb	IC bajo	163	45	38	81	22	19
Población: 6,426,114	IC alto	295	81	68	207	57	48
Zona 3							
Tasa mortalidad: 4.80 por mil	promedio	123	47	25	76	29	16
Concentración: 66.21163 ppb	IC bajo	86	33	18	43	16	9
Población: 4,271,592	IC alto	155	60	32	109	42	22
Zona 4							
Tasa mortalidad: 4.33 por mil	promedio	104	46	20	64	28	12
Concentración: 67.840 ppb	IC bajo	73	32	14	36	16	7
Población: 2,572,692	IC alto	131	58	25	92	41	18

Al igual que para PM₁₀ el mayor número de muertes evitables se encuentra en el grupo de mayores de 65 años. Utilizando el estimador de ESCALA se evitarían en la ZMVM cerca de 300 muertes al año en esta población bajo el escenario de reducción a 50 ppb en la concentración de los promedios máximos móviles al año de O₃ (Ver Anexo 16). En la Tabla 17 se observa que para el mismo escenario de 50 ppb y el mismo grupo de mayores de 65 años se podrían evitar alrededor de 140 muertes por causas cardiopulmonares, 90 por causas cardiovasculares y 30 por causas cerebrovasculares. En los Anexo 15 y Anexo 16 se pueden revisar las estimaciones de muertes evitables por causas específicas por zonas tanto para PM₁₀ como para O₃.

Tabla 17. Muertes evitables para la zona de estudio

	PARA ZONA DE ESTUDIO						Población 18,419,138
	CFR OMS			CFR ESCALA			
	50ppb	60ppb	dism del 5%	50ppb	60ppb	dism del 5%	
Total	631(441-796)	173(121-218)	147(102-185)	389(219-559)	107(60-153)	90(51-130)	
> 65 años	541(201-887)	150(56-246)	126(47-207)	294(195-393)	81(54-108)	68(45-91)	
por causas cardiopulmonares > 65 años	SD	SD	SD	141(70-212)	39(19-58)	33(16-49)	
por causas respiratorias	SD	SD	SD	126(6-246)	35(2-68)	29(1-57)	
por causas cardiovasculares en > 65 años	SD	SD	SD	89(28-150)	25(8-41)	21(6-35)	
por causas cerebrovasculares > 65 años	SD	SD	SD	30(1-58)	8(0-16)	7(0-13)	

Cardiopulmonar: respiratoria + cardiovascular + I60-I70,I74-I82

Cerebrovascular: I60-I69

Respiratoria: J00-J32, J37,J40-J46, J68,J80;J84-J90

Cardiovascular: I10-I33,I40-I50

SD: Sin datos

Utilizando las FCR de ESCALA para todas las causas de muerte, los datos poblacionales del año 2005, y los datos de concentraciones de O₃ ponderados por población de acuerdo a los registros reportados por la red de monitoreo atmosférico (Ver Tabla 18), se estimó que se evitaron alrededor de 800 muertes en la zona de estudio en el periodo 1997 a 2005. (Ver Tabla 19)

Tabla 18. Promedio ponderados por población de O₃ en ppb

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
0.080	0.078	0.073	0.079	0.070	0.068	0.067	0.058	0.065

Tabla 19. Estimación del número de muertes evitadas por O₃ 1997-2005.

Periodo	Muertes evitadas
1997-1998	57 (IC95%: 32-81)
1998-1999	142(IC95%: 80-203)
2000-2001	255(IC95%: 143-366)
2001-2002	57(IC95%: 32-81)
2002-2003	28(IC95%: 16-41)
2003-2004	255(IC95%: 143-366)
1997-2005	794

Nota: En los años no incluidos en la tabla, no hubo muertes evitadas, puesto que las concentraciones no disminuyeron o aumentaron.

12.2.2 Hospitalizaciones evitables ante diferentes escenarios en las reducciones de ozono

En la Tabla 20 se observa que si se redujera la concentración de los promedios máximos móviles al año de O₃ a 50 ppb, se podrían evitar cerca de 2000 hospitalizaciones al año por causas respiratorias y 430 por causas cardiovasculares en la población de la Ciudad de México. En la misma tabla se puede ver que bajo el mismo escenario se podrían

evitar aproximadamente 300 hospitalizaciones al año en mayores de 65 años por causas respiratorias.

Tabla 20. Hospitalizaciones evitables por causas

Hospitalizaciones evitables por causas respiratorias por año				
ZONA	Escenarios	50ppb	60ppb	dism 5%
Distrito Federal Todas edades				
CFR Rosales-Castillo (3.76%)				
Tasa hospit: 4.29 por mil	promedio	2000	672	440
Concentración: 64.93 ppb	IC bajo	249	82	54
Población: 8,720,916	IC alto	3608	1232	809
Distrito Federal mayores de 65 años				
CFR Rosales-Castillo (2.83%)				
Tasa hospit: 12.75 por mil	promedio	302	98	67
Concentración: 64.7ug/m ³	IC bajo	185	60	41
Población: 596,210	IC alto	416	135	93
HOSPITALIZACIONES EVITABLES POR CAUSAS CARDIOVASCULARES POR AÑO				
ZONA	Escenarios	50ppb	60ppb	dism 5%
Distrito Federal Todas edades				
CFR Ballester 2006 (0.7%)				
Tasa hospit: 4.78 por mil	promedio	430	142	93
Concentración: 52.96ug/m ³	IC bajo	185	61	40
Población: 8,720,916	IC alto	612	203	133

13 DISCUSION DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE

Los resultados del estudio muestran que mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México supone beneficios notables para la salud. De acuerdo a las estimaciones basadas en las FCR del proyecto ESCALA, podemos observar que si los niveles de PM₁₀ cumplieran los límites actuales de la normatividad mexicana se podrían evitar alrededor de 400 muertes al año en la zona de estudio, es decir la mortalidad total de la zona podría reducirse en un 0.5%. Con medidas más estrictas que redujeran las concentraciones de PM₁₀ para cumplir con los estándares actuales de la EPA-California se podrían obtener beneficios cinco veces superiores y evitar cerca de 2,300 muertes, correspondientes al 3% de la mortalidad total anual de la zona. Un análisis comparativo de los resultados en cada una de las cinco zonas propuestas, indica que el impacto de estas reducciones es mayor en la zona 2, seguido de la zona 3, mientras que la zona 1 es la que presenta un menor número de muertes evitadas (Ver municipios en Anexo 13). Es importante no olvidar que para el cálculo específico de las 5 zonas, se considera tanto la tasa de mortalidad, como la población expuesta y la concentración de PM₁₀ ponderada por población. Por lo que el mayor número de casos se encontrarán en zonas con una mayor población expuesta, con altos niveles de concentraciones de PM₁₀ y con una elevada tasa de mortalidad.

Respecto al ozono, las estimaciones indican que sería posible prevenir aproximadamente 389 muertes si se redujeran los promedios anuales de 8 horas móviles a 50 ppb. El impacto esperado es mayor en la zona 2 y en la zona 1 (Ver municipios en Anexo 13). Además, se espera un mayor impacto en el verano, aunque no se pudo calcular la estimación de muertes evitadas por estacionalidad.

Las diferencias en la exposición a partículas varían entre las cinco zonas con una diferencia de 20 microgramos por metro cúbico entre la zona con mayor concentración (Zona 1) y la de menor concentración (Zona 5). Estas diferencias están dadas principalmente porque en la región central de la ZMVM existe una mayor emisión generada principalmente por las fuentes móviles y en la periferia por las vialidades sin pavimentar. Por otro lado, en municipios del norte del D.F. se tienen emisiones de origen industrial. Tan sólo en el municipio de Tlalnepantla se ubican un gran número de industrias, la fabricación de materiales para la construcción y la industria del hierro generan aproximadamente 400 toneladas de este contaminante al año. En el municipio de Ecatepec las emisiones más significativas son generadas por la fundición y moldeado de metales y en el municipio de Acolman por la generación de energía eléctrica, todo estos municipios pertenecientes a la parte norte de la ZMVM. También en las delegaciones del centro y norte del D.F. se presentan emisiones de PM₁₀ que pueden llegar hasta 80 toneladas al año, las cuales son generadas principalmente por la intensa actividad vehicular y en algunos casos, se conjunta con la actividad industrial. (Gobierno del Distrito Federal. 2006)

El ozono, por su parte, tiende a concentrarse en la zona sur y suroeste. Esto debido principalmente a que las corrientes de aire dominantes provocan que al formarse en la atmósfera se concentre más en esta zona. (Instituto de Aire Limpio. 2007)

Para las estimaciones sobre morbilidad hospitalizaciones causadas por exposición a PM₁₀ verían también un beneficio en la población susceptible como es el caso de los ancianos dónde un escenario de ajuste a 20 µg/m³ provocaría una disminución de hasta 360 casos al año para causas respiratorias y de alrededor de 350 para causas cardiovasculares

Las metodologías de evaluación de impacto en salud han sido diseñadas para contribuir al diseño de políticas públicas utilizando el mejor conocimiento disponible en la estimación de los beneficios en salud. La metodología aquí utilizada sigue las recomendaciones y es similar a la propuesta por la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental. Hemos utilizado la información epidemiológica más reciente y los mejores métodos estadísticos por lo que consideramos que los resultados de este estudio son comparables con otros que se han desarrollado en Europa y otras partes del mundo.

Una aclaración que es pertinente mencionar, tiene que ver con el uso de los estudios más recientes para el cálculo de las CFR. Estudios como el de ESCALA desarrollados en la ciudad de México y otras ciudades de América Latina, incorporan los métodos estadísticos para el análisis de series de tiempo últimamente desarrollados que permiten obtener estimadores más precisos y confiables. Esto reduce la incertidumbre,

ya que los métodos epidemiológicos y estadísticos han avanzado durante los últimos años permitiendo la extrapolación de resultados o el uso de indicadores a otras poblaciones como es el caso de la Ciudad de México.

Es importante mencionar que los beneficios esperados se hicieron sobre los impactos finales de la contaminación sobre la salud es decir, las muertes evitables y las hospitalizaciones. Sin embargo, no están calculados los eventos en salud tales como el incremento de enfermedades respiratorias agudas de las vías superiores ya que la mayoría de estos casos son ambulatorios comúnmente no llegan a los hospitales. Es de esperarse que con la mejora en la calidad del aire un número importante en este tipo de eventos también serían evitados.

Esperanza de vida. Otro indicador no contemplado en este estudio, es el de la disminución en la esperanza de vida. Estudios anteriores muestran el impacto en la disminución de este indicador asociado con la exposición crónica a los contaminantes atmosféricos. El estudio denominado "Harvard Study" ha encontrado que como resultado de la gradual disminución de los niveles de contaminación del aire en 51 ciudades de Estados Unidos durante los 80's y 90's ha provocado un aumento en la esperanza de vida de su población en aproximadamente 5 meses. (Pope, Ezzati et al. 2009) Un estudio de la APHEIS, mostró que la reducción en exposición crónica partículas menores de 2.5 micrones a niveles de 15 microgramos por metro cúbico incrementaría la esperanza de vida entre un mes y más de dos años. El análisis fue realizado con una metodología similar a la nuestra. Un análisis similar podría hacerse para la ZMVM cuando se cuenten con los datos necesarios para ello.

Además de ello, una parte que puede complementar este estudio, es la evaluación económica de los efectos en salud presentados. Para la parte de mortalidad hemos evitado asignar costos a la mortalidad esperada porque consideramos que en términos de beneficios es suficiente con determinar la tasa y el número de eventos. Para la parte de morbilidad, el estudio se puede complementar asignando un valor a cada evento de hospitalización para tener una estimación de los costos evitados para el sector salud.

Efectos adicionales no incluidos en el estudio por falta de datos adecuados, son: cáncer de pulmón, días de trabajo perdidos y días perdidos de asistencia a la escuela en los niños.

13.1 Análisis de la incertidumbre.

Para la interpretación de los resultados es necesario tomar en cuenta que existen una serie de supuestos e incertidumbres al efectuar este tipo de estimaciones. Debido a esto, no se deberán considerar como cifras exactas las estimaciones presentadas sino más bien como una estimación de la magnitud de los beneficios que podrían obtenerse.

La incertidumbre se ve implicada en diversos componentes metodológicos de la EIS: en la selección de los efectos en la salud y en la determinación de su frecuencia, en la selección de las funciones de concentración respuesta y en las determinaciones de la

exposición de la población a los dos contaminantes. En los siguientes párrafos se describen cada una de estas incertidumbres.

13.1.1 Funciones de concentración respuesta.

La FCR es uno de los componentes con más influencia en los cálculos del impacto en la salud. Una de las incertidumbres asociadas a las FCR es la relacionada con la capacidad de transferencia de los resultados de las FCR de estudios realizados en otros países o zonas, cuando no se contaba con una FCR para la ZMVM. Esto debido a que pueden intervenir factores como diferencias climáticas, características de las viviendas, el tiempo pasado fuera de casa, la actividad física, la alimentación, el hábito de fumar, la prevalencia de enfermedades como el asma, las condiciones socioeconómicas y el acceso a la asistencia sanitaria. De igual forma, la posible presencia de subgrupos especialmente vulnerables dentro de la población estudiada, como los adultos mayores y los niños, en comparación con la población para la cual se obtuvo la FCR, también puede influir en la magnitud de la estimación. En gran medida estas han sido reducidas al utilizar FCR generadas en la misma zona metropolitana.

En las tablas de los Anexos Anexo 12 y Anexo 14 se incluyen las diferentes fuentes contempladas durante la selección de las FCR, así como aquellas FCR elegidas (subrayadas en las tablas). Se dio prioridad a las FCRs de estudios llevados a cabo en la ZMVM o en la Ciudad de México, sobre todo a las FCR obtenidas para el proyecto ESCALA por ser un proyecto que incluye datos de 1997 a 2005. Cuando se trató de FCRs obtenidas por meta análisis, se le dio preferencia a los estudios que otorgaban el mismo peso a todos los coeficientes incluidos. Por ejemplo, no se consideraron siempre, las FCR reportadas por Borja-Aburto, Rosales-Castillo y colaboradores (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000; Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001) y el Banco Mundial (Cesar, Schadler et al. 2002). Específicamente cuando en el cálculo otorgan el doble de peso a las estimaciones de estudios llevados a cabo en México, debido a que se consideró que el efecto podía estar sobreestimado. Esto a pesar de que estas FCR fueron utilizadas en evaluaciones previas de impacto en la salud en la zona de estudio.

Respecto a las FCR para hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares se obtuvieron principalmente del metanálisis de Borja-Aburto y Rosales-Castillo, se incluyen en los Anexos Anexo 12 y Anexo 14. Estas FCR tienen la limitación de no siempre ser construidas a partir de estudios que incluyeran el mismo rango de edad y/o los mismos padecimientos dentro de la clasificación de enfermedades respiratorias o cardiovasculares de acuerdo a la CIE 9 o CIE 10.

Otra fuente de incertidumbre tanto de la FCR como de la frecuencia incidencia basal inicial asumida en la población para cada afección considerada pudieran ser las diferencias en las definiciones de los valores de referencia de los eventos de salud según el estudio. En muchas ocasiones se utilizan cuestionarios de estandarización internacional, sin embargo es posible que no todas las definiciones coincidan y que se produzca una

subestimación o sobreestimación de los resultados de los estudios o pooled de estudios incluidos en la EIS.

13.1.2 Efectos en la salud

Para estimar los beneficios en la salud en los diferentes escenarios se consideraron principalmente la mortalidad total y mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares en la población en general y en grupos vulnerables menores de un año y mayores de 65 años, así como las hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares. Es probable que los beneficios totales en la salud se hayan subestimado si se pudieran valorar por ejemplo, efectos como: alteraciones de la función pulmonar, ausentismo escolar, días de actividades restringidas, visitas a urgencias, efectos en la morbilidad por ciertos padecimientos como bronquitis crónica, asma o cáncer de pulmón y efectos en el sistema reproductivo como complicaciones en el embarazo, bajo peso del recién nacido, parto prematuro y desarrollo cognitivo del lactante. Sin embargo, no contamos con registros confiables y para un periodo de tiempo suficiente para hacer las estimaciones del impacto en salud. También se podría haber realizado un análisis separado para grupos vulnerables como niños asmáticos, pero tampoco en este caso tenemos suficientes datos confiables. Por ejemplo, se contaba con FCRs para bronquitis crónica, crisis asmáticas y consulta al servicio de urgencias por enfermedades respiratorias y por asma, pero no con datos locales de la frecuencia presentada de estos problemas en la población del estudio.

No obstante, es posible que algunos de estos efectos no evaluados queden reflejados en los cálculos relativos a las consecuencias clínicas tomadas en cuenta para el estudio. Por ejemplo, es probable que las personas que llegan al servicio de urgencias deban ser hospitalizadas, o que los niños asmáticos que presentan síntomas agudos debido al asma deban recibir asistencia médica, o que el impacto sobre mortalidad total incluya casos de cáncer de pulmón, puesto que las tasas de mortalidad de esta enfermedad son muy elevadas.

Para el caso de hospitalizaciones por causas respiratorias y cardiovasculares se consideró únicamente al Distrito Federal como zona de estudio, por la dificultad de obtener datos de frecuencia en la población a nivel ZMVM. Además las frecuencias iniciales podrían estar subestimadas puesto que el Boletín de información estadística de donde se consultaron los datos, no incluyen las hospitalizaciones en clínicas y hospitales privados.

13.1.3 Exposición de la población.

Otra limitación es que se restringió el análisis considerando sólo las concentraciones de ozono y PM₁₀. Puede ser que el efecto de otros contaminantes se encuentre parcialmente incorporado dentro de los efectos de estos dos contaminantes, lo cual puede haber generado cierto grado de incertidumbre y de subestimación de los efectos.

La estimación de la exposición de la población estuvo basada en la concentración promedio anual de PM_{10} y para el caso de O_3 al no existir un valor de referencia anual fue elegido el valor promedio del total de máximos promedios móviles de cada día registrados para cada estación del SIMAT; la desventaja de utilizar estos promedios es que la variabilidad de la concentración se pierde y en el caso de ozono aún más pues existen días con altas concentraciones por encima de la normatividad en la materia.

Otra limitante fue la disponibilidad de los de datos de mortalidad y morbilidad para realizar la estimación de las muertes evitadas. Se eligió el 2005 por ser el año con la información más reciente y de mejor calidad. Además, la información disponible a nivel municipal para el caso del Estado de México no estuvo disponible.

13.2 Beneficios a corto y a largo plazo.

Es improbable que la contaminación atmosférica disminuya de forma inmediata al introducir políticas ambientales u otras medidas, la reducción se da más bien de forma gradual, por lo que se espera que las variaciones de mortalidad, morbilidad y hospitalizaciones también se produzca de manera gradual (Kunzli and Perez 2007). Observar estos beneficios graduales es mucho más difícil que evaluar los cambios debidos a una reducción inmediata y drástica de la contaminación atmosférica.

Pueden encontrarse factores de riesgo competitivos o variaciones en los perfiles de riesgos existentes que, más adelante, interfieran en los beneficios a largo plazo. Por lo que, las incertidumbres relativas a los impactos y beneficios a largo plazo son mayores que las que afectan a los efectos a corto plazo (Kunzli and Perez 2007).

Un modelo propuesto recientemente indica que en el caso de estimaciones a largo plazo, aproximadamente un 40% del total de muertes atribuibles ocurren en el primer año (Kunzli and Perez 2007). Bajo este modelo, de las 10,460 muertes evitables a largo plazo, estimadas en la población de más de 30 años en la ZMVM (Ver Tabla 13), 4,200 muertes se evitarían en el primer año, el resto se evitarían durante los siguientes 14 años.

14 Conclusiones

1. Las políticas de intervención encaminadas a la reducción de la concentración de contaminantes del aire en la Ciudad de México y Zona Metropolitana han tenido un impacto positivo sobre la mortalidad durante el periodo 1997-2005.
2. Los niveles actuales de contaminantes como, ozono y PM_{10} , presentes en la ZMVM continúan generando un exceso en la mortalidad y en la morbilidad.
3. Es necesaria una revisión y ajuste de la normatividad vigente. Adecuándose a la evidencia científica actual y a las recomendaciones y guías internacionales.

4. El caso de ozono sigue siendo un tema de interés en Salud Pública ya que las tendencias de este contaminante siguen colocándose por arriba de los estándares recomendados en el país y a nivel internacional.
5. Estas concentraciones tienen un nivel diferente según las regiones en las que ha sido dividida la ciudad en este estudio, siendo mayores los niveles de partículas respirables en el norte y los de ozono en el sur y oeste.
6. Es posible obtener beneficios sustanciales si se reducen las concentraciones de ozono y partículas respirables tanto si se cumplen las normas locales pero sobre todo si se cumplen los lineamientos internacionales actuales (OMS) y las normas existentes en otros países como en la Unión Europea.
7. Estos beneficios han sido cuantificados con relación a las muertes y hospitalizaciones evitables pero pueden extenderse a otros beneficios en la salud.
8. Para el caso de morbilidad, actualmente no se cuenta con bases de datos suficientemente sólidas para realizar análisis complejos y elaborar escenarios de estimación sobre otros efectos en salud. Actualmente se dispone únicamente con datos sobre admisiones hospitalarias para algunas causas y la mortalidad.
9. Pese a que la contaminación del aire es un tema prioritario para la ZMVM no existen estudios epidemiológicos suficientes que proporcionen sustento científico permanente.
10. No existe un consejo científico asesor (con experiencia en Evaluación de Impacto en Salud) que genere investigación y sustento periódico para la revisión y ajuste de la normatividad nacional como si existe en otros países.
11. Actualmente en México se realizan cada vez mayores estudios que evalúan y analizan con las mejores técnicas y metodologías disponibles en diversos campos del conocimiento como son la estadística, geoestadística, bioestadística, medicina, epidemiología, física, geografía, etc., que contribuyeron de manera importante para facilitar la realización de las estimaciones de impacto en salud asociable con la disminución de PM₁₀ y Ozono.

15 RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados encontrados en este estudio, es posible generar algunas recomendaciones cuya viabilidad y aplicabilidad generarían efectos en salud medibles, la implementación de algunas de ellas pueden ser realizadas de manera gradual y serían sujetas a evaluación periódica:

1. Fijar metas en el PROAIRE 2011-2020 que tengan como finalidad disminuir las concentraciones de PM₁₀ de forma gradual hasta lograr los siguientes objetivos
 - a. 40µ/m³ como promedio aritmético anual.
 - b. 50µ/m³ como promedio aritmético de 24 horas

2. Fijar metas en el PROAIRE 2011-2020 que tengan como finalidad disminuir las concentraciones de O₃ forma gradual hasta lograr los siguientes objetivos.
 - a. 0.05 ppm como promedio móvil de 8 horas
 - b. 0.09ppm promedio horario
 - c. Estos valores deberían ser logrados en un plazo de cinco años.
3. Desarrollar Evaluaciones de Impacto en Salud cada cinco años y constituir un comité científico de expertos (como existe en otras partes del mundo) que realice consultas y evaluaciones periódicas.
4. Realizar en lo inmediato la Evaluación de Impacto en salud para PM_{2.5} considerando que en el futuro habrá series de tiempo y mediciones más precisas sobre la distribución de este contaminante y ya se cuenta actualmente con datos de 4 años de monitoreo.
5. Fomentar la investigación de frontera que genere la evidencia en salud suficiente que permita la toma de decisiones con datos de la población mexicana.
6. Fortalecer los sistemas de bases de datos de egresos hospitalarios que incluyan cuando menos la AGEB de residencia de manera que se puedan hacer mejores mediciones de exposición para cada evento. Así como también fortalecer los sistemas de vigilancia en salud existentes.
7. Una vez tenida una mejor información de los egresos hospitalarios, incorporar a una siguiente evaluación el componente de evaluación económica para el sector salud asociado con la contaminación atmosférica.
8. Como se ha podido ver, existe una distribución espacial de la concentraciones en el área metropolitana que permite en la medida de lo posible identificar e implementar medidas de intervención focalizadas en el espacio geográfico específicamente por zonas, con énfasis en primer orden la disminución de emisiones de partículas en la zona norte.
9. Pese a que las CFR han incorporado información y estimación de investigaciones desarrolladas en la ciudad de México, se hace necesario desarrollar un número mayor de estudios epidemiológicos especialmente para aquellos eventos en los que las estimaciones son insuficientes (ausentismo escolar, ausentismo laboral, hospitalizaciones, infarto, cerebrovascular, cáncer de pulmón).

16 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El estudio no presentó implicaciones de carácter ético puesto que se recurrió a datos secundarios que no permiten hacer el vínculo con las personas que alimentan la base de datos.

17 FINANCIAMIENTO

El presente proyecto fue financiado por el Gobierno del Distrito Federal a través del Instituto de Ciencia y Tecnología. El proyecto incluyó tanto recursos humanos como recursos financieros.

18 RECURSOS HUMANOS

El equipo de trabajo para llevar a cabo el proyecto fue conformado por los siguientes investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública: la Dra. Isabelle Romieu, el Dr. Horacio Riojas, la Mtra. Urinda Alamo y el M. en C. José Luis Texcalac Sangrador. Dicho equipo se encargó de realizar las revisiones bibliográficas correspondientes, del diseño y realización de la EIS, además de elaborar los informes parciales y el reporte final.

Por otro lado se contrató como asesor de la parte de evaluación de impacto en la salud al Dr. Nino Kunzli del Centro de Investigación Ambiental de Barcelona España.

También se contó en todo momento con la disposición de la Secretaría del Medio Ambiente a través de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire para la obtención de información de apoyo relativa al proyecto.

19 REFERENCIAS

- Abbey, D. E., F. Petersen, et al. (1993). "Long-term ambient concentrations of total suspended particulates, ozone, and sulfur dioxide and respiratory symptoms in a nonsmoking population." *Arch Environ Health* **48**(1): 33-46.
- Anderson, H. R., A. Ponce de Leon, et al. (1996). "Air pollution and daily mortality in London: 1987-92." *BMJ* **312**(7032): 665-9.
- APHEIS (2002). Health impact assessment of air pollution in 26 european cities. Second year Report. Union Europea, Air Pollution and Health: A European Information System: 225.
- Ballester, F., P. Rodriguez, et al. (2006). "Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS project." *J Epidemiol Community Health* **60**(4): 328-36.
- Barraza-Villarreal, A., J. Sunyer, et al. (2008). "Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren." *Environ Health Perspect* **116**(6): 832-8.
- Bell, M. L., D. L. Davis, et al. (2006). "The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, Sao Paulo, and Mexico City." *Environ Res* **100**(3): 431-40.
- Bell, M. L., F. Dominici, et al. (2005). "A meta-analysis of time-series studies of ozone and mortality with comparison to the national morbidity, mortality, and air pollution study." *Epidemiology* **16**(4): 436-45.
- Bell, M. L., K. Ebisu, et al. (2009). "Hospital admissions and chemical composition of fine particle air pollution." *Am J Respir Crit Care Med* **179**(12): 1115-20.
- Boldo E, A. N., Medina S, Pérez-Gómez B, Pallán M, Lope V, Carrasco JM, García J, Ramis R, Rodríguez S, López-Abente G. (2005). "Evaluación de Impacto en Salud: una herramienta infrautilizada en salud pública. Ejemplo Apheis (Air Pollution and Health: a European Information System)." *España. Ministerio de Sanidad y Consumo. Boletín Epidemiológico*. **13**(9/97-108): 97-100.
- Borja-Aburto, V. H., M. Castillejos, et al. (1998). "Mortality and ambient fine particles in southwest Mexico City, 1993-1995." *Environ Health Perspect* **106**(12): 849-55.
- Borja-Aburto, V. H., D. P. Loomis, et al. (1997). "Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City." *Am J Epidemiol* **145**(3): 258-68.
- Borja-Aburto, V. H., J. A. Rosales-Castillo, et al., Eds. (2000). *Evaluation of Health Effects of Pollution*. Paris, Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Burnett, R. T., R. Dales, et al. (1995). "Associations between ambient particulate sulfate and admissions to Ontario hospitals for cardiac and respiratory diseases." *Am J Epidemiol* **142**(1): 15-22.
- Calderon-Garciduenas, L., A. C. Solt, et al. (2008). "Long-term air pollution exposure is associated with neuroinflammation, an altered innate immune response, disruption of the blood-brain barrier, ultrafine particulate deposition, and accumulation of amyloid beta-42 and alpha-synuclein in children and young adults." *Toxicol Pathol* **36**(2): 289-310.

- Carbajal-Arroyo, L., M. Medina-Ramon, et al. (Por publicar). "Effect of PM₁₀ on infant mortality among residents of the Mexico City Metropolitan Area. A case-crossover analysis, 1997-2005."
- Cesar, H. G., M. Schadler, et al. (2002). Air pollution abatement in Mexico City: an economic valuation World Bank report.
- Comisión Ambiental Metropolitana. (2002). Programa para mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010. Mexico D.F, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales, Secretaría de Salud.: 381.
- CONAPO (2007). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005. Ciudad de México, Consejo Nacional de Población
- Cortez-Lugo, M., H. Moreno-Macias, et al. (2008). "Relationship between indoor, outdoor, and personal fine particle concentrations for individuals with COPD and predictors of indoor-outdoor ratio in Mexico city." J Expo Sci Environ Epidemiol **18**(1): 109-15.
- Curtis, L., W. Rea, et al. (2006). "Adverse health effects of outdoor air pollutants." Environ Int **32**(6): 815-30.
- Dab, W., S. Medina, et al. (1996). "Short term respiratory health effects of ambient air pollution: results of the APHEA project in Paris." J Epidemiol Community Health **50 Suppl 1**: s42-6.
- Dannenberg, A. L., R. Bhatia, et al. (2008). "Use of health impact assessment in the U.S.: 27 case studies, 1999-2007." Am J Prev Med **34**(3): 241-56.
- Dockery, D. W., C. A. Pope, 3rd, et al. (1993). "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities." N Engl J Med **329**(24): 1753-9.
- Elena Zuñiga Herrera, J. E. G. (2008). El envejecimiento demográfico en México. Principales tendencias y características. México Distrito Federal.
- Evans, J., A. Fernández-Bremauntz, et al. (2003). Introducción al análisis de riesgos ambientales. México, D.F., Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT).
- Evans, J., J. Levy, et al. (2002). Health benefits of air pollution control. Air Quality in the Mexico Megacity. An Integrated Assessment. L. Molina and M. Molina. Netherlands, Kluwer Academic Publishers
- Gobierno del Distrito Federal (2004). Anuario del transporte y la vialidad 2004. Ciudad de México, Secretaría de Transportes y Vialidad.
- Gobierno del Distrito Federal (2004). Inventario de emisiones 2004. , Gobierno del Distrito Federal. Secretaria del Medio Ambiente, Ciudad de México.
- Gobierno del Distrito Federal (2005). Anuario del transporte y la vialidad 2005. Ciudad de México, Secretaría de Transportes y Vialidad.
- Gobierno del Distrito Federal. (2006). Informe climatológico ambiental del valle de México. Ciudad de México, Secretaría del Medio Ambiente del G.D.F.: 211.
- Gobierno del Distrito Federal. (2006). Inventario de emisiones 2006, Secretaría del Medio Ambiente del G.D.F.
- Hernandez-Cadena, L., M. M. Tellez-Rojo, et al. (2000). "[Relationship between emergency consultations for respiratory diseases and air pollution in Juarez City, Chihuahua]." Salud Publica Mex **42**(4): 288-97.

- Holguin, F., S. Flores, et al. (2007). "Traffic-related exposures, airway function, inflammation, and respiratory symptoms in children." Am J Respir Crit Care Med **176**(12): 1236-42.
- Instituto de Aire Limpio. (2007). Revisión Crítica de Información sobre el Proyecto de Restricción Vehicular Sabatina. Ciudad de México, Clean Air Initiative.
- Ito, K., S. F. De Leon, et al. (2005). "Associations between ozone and daily mortality: analysis and meta-analysis." Epidemiology **16**(4): 446-57.
- Kampa, M. and E. Castanas (2008). "Human health effects of air pollution." Environ Pollut **151**(2): 362-7.
- Katsouyanni, K., G. Touloumi, et al. (2001). "Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project." Epidemiology **12**(5): 521-31.
- Krewski, D., R. Burnett, et al. (2005). "Mortality and long-term exposure to ambient air pollution: ongoing analyses based on the American Cancer Society cohort." J Toxicol Environ Health A **68**(13-14): 1093-109.
- Krewski, D. and D. Rainham (2007). "Ambient air pollution and population health: overview." J Toxicol Environ Health A **70**(3-4): 275-83.
- Kunzli, N., R. Kaiser, et al. (2000). "Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment." Lancet **356**(9232): 795-801.
- Kunzli, N. and L. Perez (2007). The public health benefits of reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area. Barcelona, Centre de Recerca en Epidemiologia ambiental (CREAL): 58.
- Lacasana, M., A. Esplugues, et al. (2005). "Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects." Eur J Epidemiol **20**(2): 183-99.
- Le Tertre, A., S. Medina, et al. (2002). "Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities." J Epidemiol Community Health **56**(10): 773-9.
- Levy, J. I., S. M. Chemerynski, et al. (2005). "Ozone exposure and mortality: an empiric bayes metaregression analysis." Epidemiology **16**(4): 458-68.
- Linn, W. S., Y. Szlachcic, et al. (2000). "Air pollution and daily hospital admissions in metropolitan Los Angeles." Environ Health Perspect **108**(5): 427-34.
- Lisabeth, L. D., J. D. Escobar, et al. (2008). "Ambient air pollution and risk for ischemic stroke and transient ischemic attack." Ann Neurol **64**(1): 53-9.
- Loomis, D., M. Castillejos, et al. (1999). "Air pollution and infant mortality in Mexico City." Epidemiology **10**(2): 118-23.
- Maisonet, M., A. Correa, et al. (2004). "A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth." Environ Res **95**(1): 106-15.
- McConnell, R., K. Berhane, et al. (2003). "Prospective study of air pollution and bronchitic symptoms in children with asthma." Am J Respir Crit Care Med **168**(7): 790-7.
- McKinley, G., M. Zuk, et al. (2003). The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City INE, INSP, NREL.
- McKinley, G., M. Zuk, et al. (2005). "Quantification of local and global benefits from air pollution control in Mexico City." Environ Sci Technol **39**(7): 1954-61.

- Medina, S. and E. Boldo (2005). Boldo, and contributing members of the APHEIS group. APHEIS: Health Impact assessment of Air Pollution Communication Strategy. Third year report., APHEIS.
- O'Neill, M. S., M. L. Bell, et al. (2008). "Air pollution and mortality in latin america: the role of education." Epidemiology **19**(6): 810-9.
- O'Neill, M. S., D. Loomis, et al. (2004). "Ozone, area social conditions, and mortality in Mexico City." Environ Res **94**(3): 234-42.
- Peel, J. L., P. E. Tolbert, et al. (2005). "Ambient air pollution and respiratory emergency department visits." Epidemiology **16**(2): 164-74.
- Ponce de Leon, A., H. R. Anderson, et al. (1996). "Effects of air pollution on daily hospital admissions for respiratory disease in London between 1987-88 and 1991-92." J Epidemiol Community Health **50 Suppl 1**: s63-70.
- Pope, A., M. Thun, et al. (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S adults. ." Am J Respir Crit Care Med **151**: 669-674.
- Pope, C. A., 3rd, R. T. Burnett, et al. (2002). "Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution." JAMA **287**(9): 1132-41.
- Pope, C. A., 3rd, M. Ezzati, et al. (2009). "Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States." N Engl J Med **360**(4): 376-86.
- Quénel, P., W. Dab, et al. (2003). Qualité de l'air ambiant. Environnement et santé publique. Fondements et pratiques. M. Gérin, P. Gosselin, S. Cordieret al. Québec, EDISEM, TEC & DOC: 291-315.
- Riojas-Rodriguez, H., J. A. Escamilla-Cejudo, et al. (2006). "Personal PM_{2.5} and CO exposures and heart rate variability in subjects with known ischemic heart disease in Mexico City." J Expo Sci Environ Epidemiol **16**(2): 131-7.
- Rojas-Martinez, R., R. Perez-Padilla, et al. (2007). "Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City." Am J Respir Crit Care Med **176**(4): 377-84.
- Romieu, I., F. Castro-Giner, et al. (2008). "Air pollution, oxidative stress and dietary supplementation: a review." Eur Respir J **31**(1): 179-97.
- Romieu, I. and M. Korc (2002). Contaminación del aire exterior. Contaminación ambiental y salud de los niños en América Latina y el Caribe. I. Romieu and S. López. México, Instituto Nacional de Salud Pública. : 109-129.
- Romieu, I., M. C. Lugo, et al. (1992). "Air pollution and school absenteeism among children in Mexico City." Am J Epidemiol **136**(12): 1524-31.
- Romieu, I., F. Meneses, et al. (1996). "Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City." Am J Respir Crit Care Med **154**(2 Pt 1): 300-7.
- Rosales-Castillo, J. A., V. M. Torres-Meza, et al. (2001). "[Acute effects of air pollution on health: evidence from epidemiological studies]." Salud Publica Mex **43**(6): 544-55.
- Samet, J. and D. Krewski (2007). "Health effects associated with exposure to ambient air pollution." J Toxicol Environ Health A **70**(3-4): 227-42.
- Schouten, J. P., J. M. Vonk, et al. (1996). "Short term effects of air pollution on emergency hospital admissions for respiratory disease: results of the APHEA project in two

- major cities in The Netherlands, 1977-89." *J Epidemiol Community Health* **50 Suppl 1**: s22-9.
- Schwartz, J. (1995). "Short term fluctuations in air pollution and hospital admissions of the elderly for respiratory disease." *Thorax* **50**(5): 531-8.
- Secretaría de Transportes y Vialidad. (2008). "Secretaría de Transportes y Vialidad. ." Retrieved Revisada el 25 de agosto de 2008.
, from http://www.setravi.df.gob.mx/vialidades/transporte_vialidad.html.
- SEMARNAT. (2008). "Secretaría del Medio Ambiente. ." Retrieved 25 de agosto 2008., from <http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=61>.
- Taylor L. (2002). Introducing health impact assessment (HIA): Informing the decision-making process. London, NHS Health Development Agency.
- Tellez-Rojo, M. M., I. Romieu, et al. (1997). "[Effect of environmental pollution on medical visits for respiratory infections in children in Mexico City]." *Salud Publica Mex* **39**(6): 513-22.
- Tellez-Rojo, M. M., I. Romieu, et al. (2000). "Daily respiratory mortality and PM₁₀ pollution in Mexico City: importance of considering place of death." *Eur Respir J* **16**(3): 391-6.
- Thurston, G. D., K. Ito, et al. (1994). "Respiratory hospital admissions and summertime haze air pollution in Toronto, Ontario: consideration of the role of acid aerosols." *Environ Res* **65**(2): 271-90.
- Thurston, G. D., K. Ito, et al. (1992). "A multi-year study of air pollution and respiratory hospital admissions in three New York State metropolitan areas: results for 1988 and 1989 summers." *J Expo Anal Environ Epidemiol* **2**(4): 429-50.
- Vigotti, M. A., G. Rossi, et al. (1996). "Short term effects of urban air pollution on respiratory health in Milan, Italy, 1980-89." *J Epidemiol Community Health* **50 Suppl 1**: s71-5.
- WHO (2001). Quantification of health effects of exposure to air pollution. Copenhagen, World Health Organization. Regional Office for Europe.
- WHO (2002). World Health Report. Geneva, World Health Organisation.
- WHO (2004). Health aspects of air pollution. Results from the WHO project "systematic review of health aspects of air pollution in Europe", World Health Organization.
- WHO (2004). Meta-analysis of time-series studies and panel studies of Particulate matter (PM) and ozone (O₃) World Health Organization.
- WHO (2006). [Air quality guidelines: global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide.](#)
. Copenhagen, Denmark World Health Organization.
- WHO Working Group. (2000). "Evaluation and Use of Epidemiological Evidence for Environmental Health Risk Assessment: WHO Guideline Document." *Environmental Health Perspectives* **108**(10): 997-1002.
- Wigle, D. T., T. E. Arbuckle, et al. (2007). "Environmental hazards: evidence for effects on child health." *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* **10**(1-2): 3-39.
- Woodruff, T. J., L. A. Darrow, et al. (2008). "Air pollution and postneonatal infant mortality in the United States, 1999-2002." *Environ Health Perspect* **116**(1): 110-5.

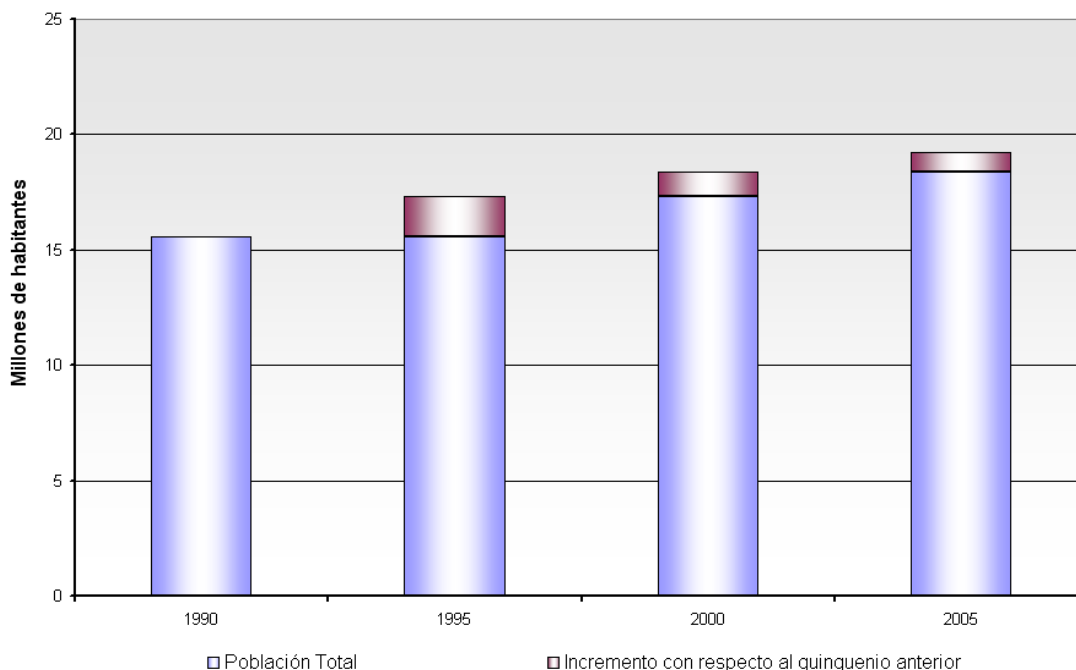
20 ANEXOS

Anexo 1. Municipios y delegaciones que conforman la ZMVM

Distrito Federal		Estado de México					
Clave	Delegación	Clave	Municipio	Clave	Municipio	Clave	Municipio
09010	Álvaro Obregón	15002	Acolman	15035	Huehuetoca	15083	Temamatla
09002	Azcapotzalco	15009	Amecameca	15036	Hueyoxotla	15084	Temascalapa
09014	Benito Juárez	15010	Apaxco	15037	Huixquilucan	15089	Tenango del aire
09003	Coyoacán	15011	Atenco	15038	Isidro Fabela	15091	Teoloyucán
09004	Cuajimalpa	15013	Atizapán de Zaragoza	15039	Ixtapaluca	15092	Teotihuacán
09015	Cuauhtémoc	15015	Atlautla	15044	Jaltenco	15093	Tepetlaoxtoc
09005	Gustavo A. Madero	15016	Axapusco	15046	Jilotzingo	15094	Tepetlixpa
09006	Iztacalco	15017	Ayapango	15050	Juchitepec	15095	Tepotzotlán
09007	Iztapalapa	15020	Coacalco de Berriozábal	15070	La Paz	15096	Tequixquiac
09008	M. Contreras	15022	Cocotitlán	15053	Melchor Ocampo	15099	Texcoco
09016	Miguel Hidalgo	15023	Coyotepec	15057	Naucalpan de Juárez	15100	Tezoyuca
09009	Milpa Alta	15024	Cuautitlán	15059	Nextlalpan	15103	Tlalmanalco
09011	Tláhuac	15121	Cuautitlán Izcalli	15058	Nezahualcoyotl	15104	Tlalnepantla de Baz
09012	Tlalpan	15025	Chalco	15060	Nicolás Romero	15125	Tonanitla
09017	Venustiano Carranza	15028	Chiautla	15061	Nopaltepec	15108	Tultepec
09013	Xochimilco	15029	Chicoloapan	15065	Otumba	15109	Tultitlán
		15030	Chiconcuac	15068	Ozumba	15122	Valle de Chalco Solidaridad
		15031	Chimalhuacán	15069	Papalotla	15112	Villa del Carbón
		15033	Ecatepec de Morelos	15075	San Martín de las Pirámides	15120	Zumpango
		15034	Ecatzingo	15081	Tecámac		

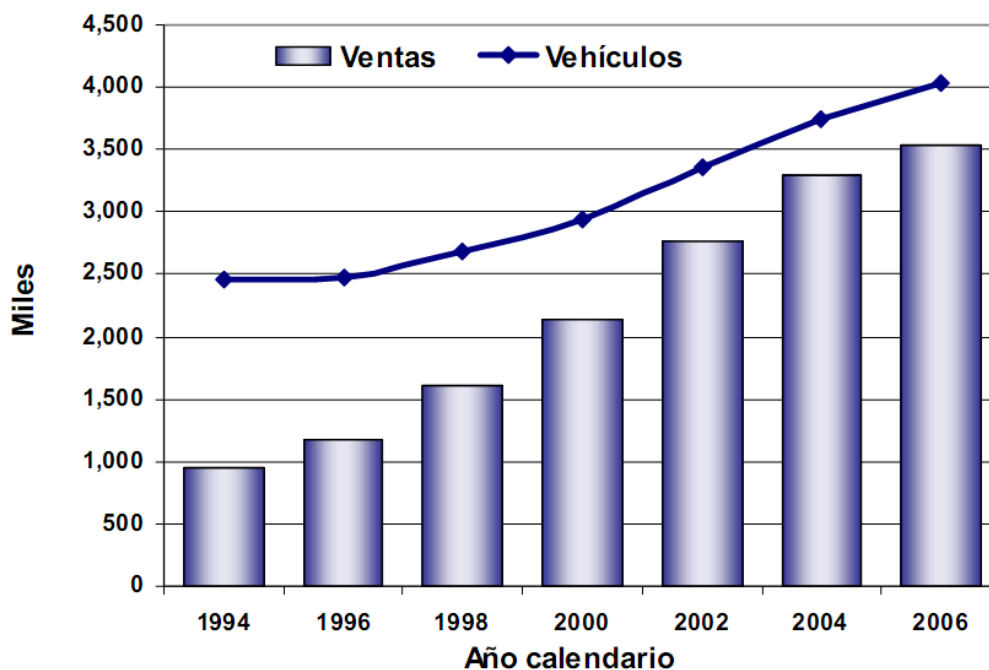
Fuente: CONAPO. Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005.

Anexo 2. Población total de la ZMVM (1990 - 2005)



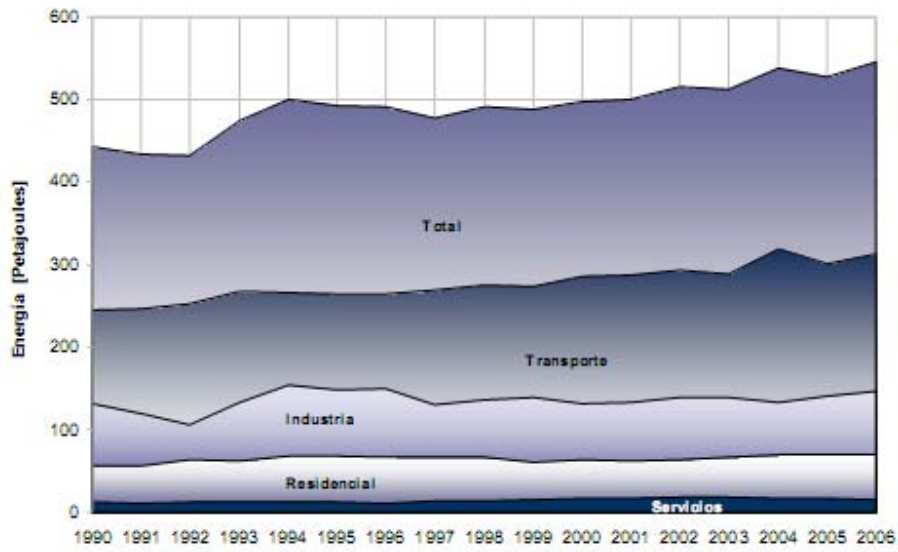
Fuente: Elaboración basada en datos de los censos y conteos respectivos de INEGI.

Anexo 3. Crecimiento de la flota vehicular en circulación y ventas acumuladas.



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Anexo 4. Consumo energético histórico por sector, ZMVM 1990 – 2006.



Fuente: GDF, Inventario de Emisiones 2006.

Anexo 5. Distrito Federal. Población total y por Delegación 1960-2005.

Población Total	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005
Distrito Federal	4,870,876	6,874,165	8,029,498	8,235,744	8,489,007	8,591,309	8,720,916
Centrales	1,568,503	1,528,742	1,235,611	1,002,828	904,780	866,978	874,882
Cuauhtémoc	956,582	923,182	734,277	595,960	540,382	515,132	521,348
Miguel Hidalgo	611,921	605,560	501,334	406,868	364,398	351,846	353,534
Interiores	2,412,438	3,572,219	3,580,910	3,118,517	2,986,605	2,906,620	2,815,960
Azcapotzalco	370,724	534,554	557,427	474,688	455,131	440,558	425,298
Benito Juárez	507,215	576,475	480,741	407,811	369,956	359,334	355,017
Gustavo A. Madero	753,966	1,234,376	1,384,431	1,268,068	1,256,913	1,233,922	1,193,161
Iztacalco	198,904	477,331	523,971	448,322	418,982	410,717	395,025
Venustiano Carranza	581,629	749,483	634,340	519,628	485,623	462,089	447,459
Exteriores	889,935	1,773,204	3,212,977	4,114,399	4,597,622	4,817,711	5,030,074
Álvaro Obregón	220,011	456,709	570,384	642,753	676,930	685,327	706,567
Coyoacán	169,811	339,446	541,328	640,066	653,489	639,021	628,063
Cuajimalpa	19,199	36,200	84,665	119,669	136,873	151,127	173,625
Iztapalapa	254,355	522,095	1,149,411	1,490,499	1,696,609	1,771,673	1,820,888
Magdalena Contreras	40,724	75,429	159,564	195,041	211,898	221,762	228,927
Milpa Alta	24,379	33,694	47,417	63,654	81,102	96,744	115,895
Tláhuac	29,880	62,419	133,589	206,700	255,891	302,483	344,106
Tlalpan	61,195	130,719	328,800	484,866	552,516	580,776	607,545
Xochimilco	70,381	116,493	197,819	271,151	332,314	368,798	404,458

Fuente: GDF, 2007. Primer Informe de Gobierno.

Anexo 6. Distrito Federal, total de habitantes por kilómetro cuadrado (1950 - 2005).

	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2005
Distrito Federal	2,034	3,247	4,583	5,887	5,490	5,659	5,737	5,814
Centrales	26,775	47,658	43,068	37,274	27,469	24,809	23,799	23,978
Cuauhtémoc	16,887	33,517	28,976	25,468	18,624	16,887	16,133	16,292
Miguel Hidalgo	9,888	14,141	14,092	11,806	8,845	7,922	7,666	7,686
Interiores	33,847	63,179	94,095	100,784	78,673	74,277	72,251	69,932
Azcapotzalco	5,963	11,234	16,199	18,228	14,384	13,792	13,364	12,888
Benito Juárez	13,219	19,889	22,443	20,181	15,104	13,702	13,351	13,149
Gustavo A. Madero	2,328	6,582	13,478	17,197	14,410	14,283	14,040	13,559
Iztacalco	1,476	8,648	20,754	24,799	19,492	18,217	17,884	17,175
Venustiano Carranza	10,861	16,826	21,221	20,379	15,283	14,283	13,612	13,161
Exteriores	4,196	9,798	19,556	37,673	42,732	46,948	48,771	50,432
Álvaro Obregón	961	2,268	4,708	6,590	6,626	6,979	7,083	7,284
Coyoacán	1,321	3,204	6,405	11,267	12,077	12,330	12,083	11,850
Cuajimalpa	136	270	510	1,285	1,685	1,928	2,130	2,445
Iztapalapa	678	2,251	4,620	11,171	13,190	15,014	15,693	16,114
Magdalena Contreras	343	636	1,179	2,705	3,048	3,311	3,470	3,577
Milpa Alta	63	85	117	186	221	282	336	402
Tláhuac	193	296	618	1,455	2,047	2,534	2,998	3,407
Tlalpan	105	197	420	1,186	1,559	1,777	1,871	1,954
Xochimilco	396	591	979	1,828	2,279	2,793	3,107	3,399

Fuente: GDF, 2007. Primer Informe de Gobierno.

Anexo 7. Transporte y vialidad. Distrito Federal.

Clasificación de vehículos matriculados en el DF		
Tipo de vehículo	Total	%
Vehículos particulares	2,446,536	92
Transporte público de pasajeros	106,604	2.14
Unidades de Carga	72,226	6.73

Fuente: SETRAVI, 2005. Anuario del transporte y vialidad

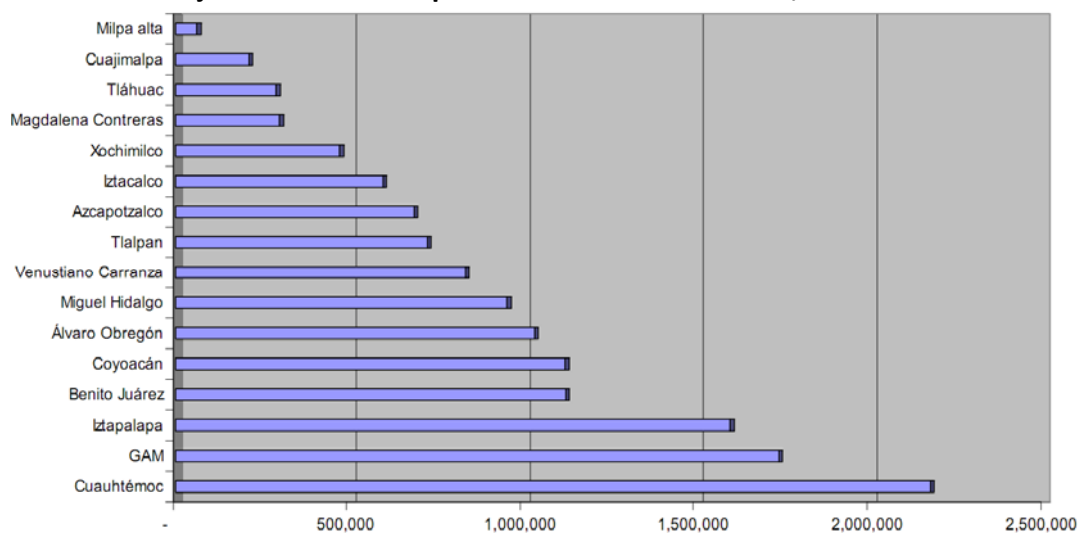
Porcentajes de condición del pavimento de la vialidad primaria.								
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
	%	%	%	%	%	%	%	%
En buenas condiciones de rodamiento	28	39	49	65	61	62	71	74
Requiere mantenimiento preventivo	32	31	28	24	25	21	16	12
Requiere mantenimiento correctivo	40	30	23	11	14	17	13	14

Fuente: GDF. Secretaría de Obras y Servicios; Dirección General de Servicios Urbanos 2005.

Porcentaje de modos de transporte utilizados.				
Modo de transporte	1986	1989	1994	2000
Metro	19	21	16	14
Tren Ligero/Trolebús	3	3	1	1
Autobús	42	19	10	9
Minibuses y Combis	6	35	53	55
Taxis	5	6	3	5
Autos particulares	25	16	17	16

Fuente: SETRAVI, 2005. Anuario del transporte y vialidad

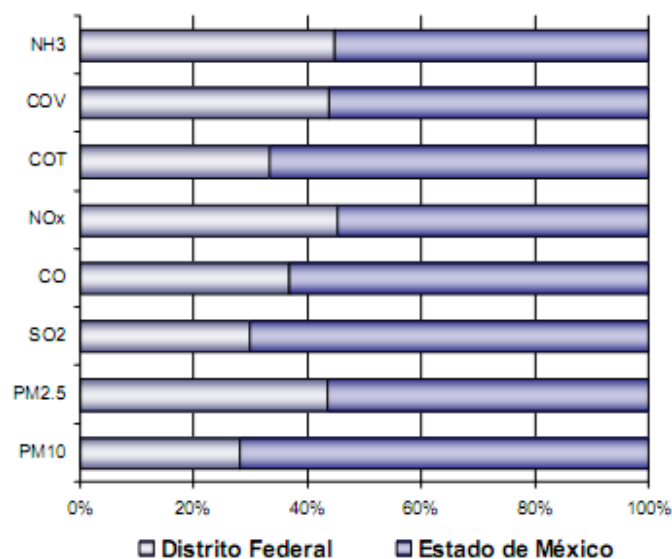
Viajes diarios totales producidos. Distrito Federal, Estimado 2004.



Fuente: SETRAVI, 2004.

Anexo 8. Emisiones por Entidad Federativa.

	Fuentes puntuales			Fuentes de área			Fuentes móviles			Vegetación y suelos			Total		
	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM	ZMVM	DF	EM
	[ton/año]	%		[ton/año]	%		[ton/año]	%		[ton/año]	%		[ton/año]	%	
PM ₁₀	48969	31	69	12133	15	85	5248	59	41	803	5	95	23053	28	72
PM _{2.5}	826	13	87	1366	19	81	3835	60	40	164	4	96	6191	43	57
SO ₂	3555	12	88	34	26	74	3324	50	50	N/A	N/A	N/A	6913	30	70
CO	6637	16	84	7370	71	29	1976799	37	63	N/A	N/A	N/A	1990806	37	63
NOx	21255	15	85	12645	65	35	159541	48	52	1248	42	58	194689	45	55



Anexo 9. Normas oficiales actuales y sus predecesoras.

Contaminante	NOM	NOM anterior	NOM vigente
Ozono	NOM-020-SSA1-1993	23 diciembre 1993	30 octubre 2002
Monóxido de Carbono	NOM-021-SSA1-1993	23 diciembre 1993	
Dióxido de azufre	NOM-021-SSA1-1993	23 diciembre 1994	
Dióxido de Nitrógeno	NOM-023-SSA1-1993	23 diciembre 1993	
Partículas Suspendidas Totales (PST)	NOM-024-SSA1-1993	23 diciembre 1993	26 septiembre 2005 Modificación NOM-025-SSA1-1993
Partículas menores a 2.5 micrómetros	NOM-025-SSA1-1993	26 septiembre 2005	
Partículas menores a 10 micrómetros	NOM-025-SSA1-1993	23 diciembre 1993	26 septiembre 2005
Plomo	NOM-026-SSA1-1993	23 diciembre 1993	

Fuente: Elaboración propia en base revisión del Diario Oficial de la Federación

Anexo 10. Evidencia epidemiológica sobre efectos en la salud de material particulado y ozono

Referencia	Diseño,	Población, año. No de sujetos y rango de edad	Outcome	Exposición, contaminante	VARIABLES controladas	Resultados OR/RR (95% CI)
(Lacasana, Esplugues et al. 2005)	Meta-análisis	Artículos publicados de 1994 a 2003. Menores de 1 año	Mortalidad infantil	Incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}	criterios de inclusión de artículos : artículos originales, estudios epidemiológicos, exposición a contaminantes del aire exterior, exposición prenatal o durante el primer año de vida, idioma inglés, francés, español, portugués o italiano	Para exposición aguda se estimó que un incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los niveles diarios de PM_{10} se asocia a 3.3% (2.4-4.3%) en la mortalidad infantil. Para exposición crónica la combinación de estimadores muestra una asociación con mortalidad infantil para todas las causas de 4.8% (2.2-7.5%) y con mortalidad por causas respiratorias de 21.6% (10.2-34.2%)
Woodruff 2008		Niños nacidos entre 1999 y 2002 en USA en condados de más de 250,000 habitantes. Aproximadamente 3.5 millones de nacidos vivos y 6639 muertes infantiles.	Mortalidad infantil por todas las causas, causas respiratorias, síndrome de muerte súbita	$\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , O_3 , SO_2 , CO. Exposición crónica durante los dos primeros meses de vida	Se controló por factores individuales de la madre (raza, estado civil, educación, edad, primigesta), porcentaje de pobreza en el condado, región, mes de nacimiento, año de nacimiento, y otros contaminantes	1.16 (1.06-1.27) por incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} para mortalidad por enfermedades respiratorias y 1.20 % (1.09-1.32) por incremento de 10 ppb de O_3 para mortalidad por síndrome de muerte súbita.
(WHO 2004)	Meta-análisis de estudios de series de tiempo y estudios de panel	Todas las edades.	mortalidad por todas las causas, por causas respiratorias, por causas cardiovasculares (efectos a corto plazo)	Incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} Incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de O_3		PM_{10} Todas las causas: 1.006 (1.004-1.008) Causas respiratorias: 1.013 (1.005-1.021) Causas cardiovasculares: 1.009 (1.005-1.021) O_3 Todas las causas: 1.003 (1.001-1.004) Causas respiratorias: 1.000 (0.996-1.005) Causas cardiovasculares: 1.004 (1.003-1.005)
Stieb 2002	Meta-análisis de estudios de series de tiempo	Artículos publicados de 1985 a 2000	Mortalidad	PM_{10} , CO, NO_2 , O_3 y SO_2	109 estudios de series de tiempo de 1958 a 1999	2.0% (1.5-2.4) por incremento de 31.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} 1.6%(1.1-2.0) por incremento de 31.2 ppb O_3
(Kunzli, Kaiser et al. 2000)	Meta-análisis		Mortalidad por todas las causas (long term effects)	Incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10}		

Referencia	Diseño,	Población, año. No de sujetos y rango de edad	Outcome	Exposición, contaminante	Variables controladas	Resultados OR/RR (95% CI)
(Pope, Burnett et al. 2002) Krewski y Burnett 2005	Cohorte	Mayores de 30 años. Seguimiento por 16 años. Nivel de comparación: ciudad Reanálisis de la cohorte de la Sociedad Americana de Cáncer	Mortalidad por todas las causas, por causa cardiopulmonar, por cáncer de pulmón, por otras causas	Incremento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$	Exposiciones ocupacionales, variables dietéticas. Factores individuales de riesgo como fumar, educación, índice de masa corporal, consumo de alcohol. Diferencias en condiciones climáticas de ciudad en ciudad.	Todas las causas: 1.06 (1.02-1.11) Causas cardiopulmonares: 1.09(1.03-1.16) Cáncer de pulmon: 1.14(1.04-1.23)
(McConnell, Berhane et al. 2003)	Cohorte	Los Angeles	Bronquitis	PM_{10}		Se encontró una asociación dosis respuesta entre bronquitis y niveles de PM_{10}
(Peel, Tolbert et al. 2005)		4 millones de visitas hospitalarias /Atlanta	Visitas hospitalarias por COPD (Chronic Obstructive pulmonary disease)	PM_{10} , NO_2 , CO		
Abbey et al 1993	Cohorte de 10 años	3914 adventistas del séptimo día, no fumadores mayores de 25 años de California.	Bronquitis crónica, asma, enfisema.	PST, ozono, SO_2	Variables de estilo de vida, exposiciones ocupacionales,	Consideraron que la tos y flemas crónicas representan el síndrome clínico de bronquitis crónica de acuerdo al Consejo Británico de Investigación Médica (BMRC por sus siglas en inglés). Diagnóstico de asma por un médico. Convirtiendo el RR para PST a PM_{10} se tiene 1.098 (1.009-1.194)
Zemp, E 1999	Estudio con componentes transversal y longitudinal	9651 sujetos de 18 a 60 años de Suiza.	Bronquitis, asma, síntomas cardiopulmonares no específicos	SO_2 , NO_2 , TSP, O_3 y PM_{10}	Edad, índice de masa corporal, genero, parientes con asma, exposiciones ocupacionales, fumar	PM_{10} : 1.27 (1.08-1.50) tos o flemas crónicas No significativo para asma

SIDS: post neonatal sudden infant death syndrome, CRF: concentration response function

Anexo 11. Evidencia epidemiológica de efectos a la salud por contaminación por ozono y material particulado en la Ciudad de México.

Referencia	Diseño	Población, año. No de sujetos y rango de edad	Outcome	Exposición, contaminante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3 para CO)	Variables controladas	Resultados OR/RR (95% CI)
(Romieu, Meneses et al. 1996)	Estudio de panel. Seguimiento de 4 meses	Niños con asma 5-13 años. México DF 1991	Síntomas respiratorios bajos	Porcentaje de cambio en evento respiratorio		8.0% (4.0%-12.0%) por $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM_{10} (promedio 24 hrs) 16.6% (4.0%-32.3%) por $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\text{PM}_{2.5}$ (promedio 24 hrs) 9%(3%-15%) por 50ppb O_3 (1hr max)
(Romieu, Lugo et al. 1992)	Estudio de panel. Seguimiento de 3 meses	111 niños de 3-7 años. México DF 1990	Ausentismo escolar por enfermedad respiratoria			
(Loomis, Castillejos et al. 1999)	Series de tiempo	Sur oeste de la ciudad de México, 1993-1995. 2.5 millones de personas; 942 muertes infantiles. Nivel de comparación: Día	Muertes diarias Edad < 1 año	Una estación de monitoreo operada por los investigadores. Promedio de niveles diarios: $\text{PM}_{2.5}$ (27.8); SO_2 NO_2 (70.9); O_3 (1 hr max) (88.2)	Estacionalidad y variables meteorológicas; los otros dos contaminantes	$\text{PM}_{2.5}$: RR $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$: 1.069 (1.025-1.113), lag 3-5, modelo con un contaminante, 1.063(0.995-1.132), lag 3-5, modelo con tres contaminantes Resultados menos consistentes para los demás contaminantes
(Barraza-Villarreal, Sunyer et al. 2008)	Cohorte	158 asthmatic and 50 nonasthmatic school-age children, followed an average of 22 weeks.	spirometric tests, measurements of fractional exhaled nitric oxide (Fe(NO), interleukin-8 (IL-8) in nasal lavage, and pH of exhaled breath condensate every 15 days during follow-up	$\text{PM}_{2.5}$.		Exposure to $\text{PM}_{2.5}$ resulted in acute airway inflammation and decrease in lung function in both asthmatic and nonasthmatic children.
(Rojas-Martinez, Perez-Padilla et al. 2007)	Cohorte	3170 niños escolares de 8 años. April 23, 1996, through May 19, 1999	lung function growth. FVC and FEV	PM_{10} , NO_2 , O_3		long-term exposure to O_3 , PM_{10} , and NO_2 is associated with a deficit in FVC and FEV(1) growth among schoolchildren living in Mexico City.
(Holguin, Flores et al. 2007)	Longitudinal	200 children from ages 6 to 12 years of whom half had physician-diagnosed asthma.		NO_2 , $\text{PM}_{2.5}$		Vehicular traffic exposures are associated with increased levels of exhaled NO and reduced lung volumes in children with asthma.
(Cortez-Lugo, Moreno-Macias et al. 2008)		38 adultos con COPD	chronic obstructive pulmonary disease (COPD)	PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$		

Anexo 12. Funciones de concentración respuesta (FCR) para PM₁₀.

PM ₁₀	FCR Media (IC 95%) por 10 µg/m ³	Fuente	Notas Las FCR subrayadas son las que se seleccionaron para el estudio
Mortalidad			
Mortalidad total (por exposición a corto plazo)	0.6% (0.4-0.8)	Pooled en(WHO 2004). Se utilizó para estudio APHEIS en Barcelona	Meta análisis, a partir de 33 estudios europeos de series de tiempo ecológicos o individuales. Las series de tiempo comprenden diferentes periodos de 1990 a 1999 en diferentes ciudades o regiones europeas. 21 de estos estudios son del proyecto APHEIS 2. y la mayoría están reportados en: (Katsouyanni, Touloumi et al. 2001)
	0.745% (0.549-0.941)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	En ZMVM. Lag 1
	0.51%(0.07-0.93)	Samet et al 2000	Estudio Nacional de Mortalidad, Morbilidad y contaminación atmosférica (NMMAPS por sus siglas en inglés)
	0.96 (0.83-1.18)	Pooled en (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001). El artículo de Rosales y Castillo está basado en el estudio de (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000) de la OECD	Pooled a partir de 39 estudios. No se seleccionó debido a que se le dio el doble de peso a los estudios del DF en comparación con los estudios internacionales.
Mortalidad infantil A00-R99	3.3% (2.4-4.3%)	Pooled en (Lacasana, Esplugues et al. 2005). Utilizado para estudio APHEIS en Barcelona.	<i>Estudios considerados:</i> Bobak and Leon (1992) , ecológico, 45 distritos de la República Checa. 1986-1988, n=222,370 nacidos vivos Woodruff (1997) , cohorte retrospectiva. Infantes nacidos en 86 áreas metropolitanas de Estados Unidos. 1989-1991, n= 788,079 Loomis et al (1999) , serie de tiempo, zona suroeste de la Ciudad de México, 1994-1995 (población: 2.5 millones de personas; 942 muertes infantiles) Bobak and Leon (1999) , casos y controles. Todos los niños nacidos en la República Checa, 1989-1991. Casos: 2949, controles: 25642 HA (2003) , Serie de tiempo. Seoul, Korea, 1981-1992
	3.52% (0.72-6.31)	(Loomis, Castillejos et al. 1999)	Serie de tiempo del suroeste del DF. 1993-1995.
	1.263% (0.257-2.279)	Proyecto ESCALA (2007). Single lag model	Lag1
	1.7 % (0.52-2.84) convertido a 10ug/m ³	(Carbajal-Arroyo, Medina-Ramon et al. Por publicar)	Lag 2. De enero 1997 a diciembre 2005 en ZMVM. Case crossover. 12079 muertes infantiles. En artículo está reportado como: 6.6 % (2-11) por 38.7 µg/m ³ de incremento por rango intercuartil
Mortalidad en > 65 años	1.18 % (0.66-1.57)	Pooled en (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000; Rosales-Castillo, Torres-Meza et al.	Se le dio el doble de peso a los estudios del DF en comparación con los estudios internacionales. A partir de 11 estudios.

PM ₁₀	FCR Media (IC 95%) por 10 µg/m ³	Fuente	Notas Las FCR subrayadas son las que se seleccionaron para el estudio
		2001)	
	0.50% (0.17-0.82)	(O'Neill, Bell et al. 2008)	Lag 1. 1998-2002. En ZMVM. Se excluyó la estación de monitorio de Xalostoc.
	0.916% (0.685-1.148)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	Lag 1
Mortalidad causas respiratorias (a corto plazo)	1.3 % (0.5-2.1)	Pooled en (WHO 2004)	Se utilizó para el estudio de Barcelona. A partir de 18 estudios en ciudades europeas.
	0.884% (0.319-1.452)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	Lag 1
	1.82% (1.37-2.22)	Pooled en (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000; Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001)	Se le dio el doble de peso a los estudios del DF en comparación con los estudios internacionales. A partir de 21 estudios.
	2.9% (0.9-4.9)	(Tellez-Rojo, Romieu et al. 2000)	México DF. Enero 1-Dic 31. 1994. RR para personas que murieron fuera de una unidad médica
Mortalidad por causas respiratorias infantil	2.5% (0.52-4.65) convertido a 10ug/m ³	(Carbajal-Arroyo, Medina-Ramon et al. Por publicar)	De enero 1997 a diciembre 2005. Case crossover. 12079 muertes infantiles. En artículo está reportado como: 9.8% (2-18) por 38.7 µg/m ³ de incremento por rango intercuartil
	1.16% (1.06-1.27)	(Woodruff, Darrow et al. 2008)	1999-2002. U.S. condados con más de 250,000 residentes. 3.5 millones de nacimientos, 6639 muertes. Se calculó la concentración promedio de cada contaminante evaluado durante los 2 primeros meses de vida.
Mortalidad causas cardiovasculares (a corto plazo)	0.9% (0.5-1.3)	Pooled en (WHO 2004)	Se utilizó para el estudio de Barcelona. A partir de 17 estudios en Europa.
	0.434%(0.081-0.789)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Distributed lag model	Lag 1
	1.32% (1.1-1.55)	Pooled en (Borja-Aburto, Rosales-Castillo et al. 2000; Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001)	Se le dio el doble de peso a los estudios del DF en comparación con los estudios internacionales. A partir de 20 estudios.
	0.9%(0.7-1.2)	Meta análisis de COMEAP (2006)	
Mortalidad por causas cardiovasculares en > 65 años	0.577% (0.167)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	Lag 1
Mortalidad por causas caridopulmonares	0.687% (0.383)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	En ZMVM. Lag 1

PM ₁₀	FCR Media (IC 95%) por 10 µg/m ³	Fuente	Notas Las FCR subrayadas son las que se seleccionaron para el estudio
Mortalidad por causas cardiopulmonares en > 65 años	0.852% (0.494)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model.	Lag 1
Mortalidad por causas cerebrovasculares	0.927% (0.224)	Proyecto ESCALA (2007) 24 hr mean av. Single lag model	En ZMVM. Lag 1
Mortalidad por cerebrovascular	1.082% (0.266)	Proyecto ESCALA	Lag 1
Mortalidad total (a largo plazo)	4.3% (2.6-6.1) en adultos de 30 años o más.	Pooled en (Kunzli, Kaiser et al. 2000)	Se utilizó para el estudio de Barcelona. A partir de (Dockery, Pope et al. 1993) y (Pope, Thun et al. 1995). Se le dio mayor peso a los estudios con bajo error estandar en el estimado global. Se eligió este estudio debido a que el valor del pooled es similar al de estudios recientes llevados a cabo con PM _{2,5} una vez convertidos a PM ₁₀
	8.4% (2.6-15%) en adultos de 25 a 74 años	(McKinley, Zuk et al. 2003)	A partir de "The Six cities cohorte study" de (Dockery, Pope et al. 1993)
	3.6% (1.2-7%)	(McKinley, Zuk et al. 2003)	A partir de "The ACS cohorte study" de (Pope, Burnett et al. 2002)
Uso de la asistencia sanitaria			
Ingresos hospitalarios por causas respiratorias. Todas edades	1.1% (0.6-1.7) 1.39% (1.18-1.60)	(Medina and Boldo 2005) Pooled (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001) A partir de 11 estudios. Es el mismo metaanálisis del Banco Mundial (Cesar, Schadler et al. 2002)	Dato utilizado en Barcelona. CIE 9: 460-519; CIE 10 J00-J95 (Ponce de Leon, Anderson et al. 1996): CIE 9 460-519 (Schouten, Vonk et al. 1996): 460-519 (Burnett, Dales et al. 1995): 493,490,491,492, 494,496,466,480-486 (Dab, Medina et al. 1996): 460-519 (Linn, Szlachcic et al. 2000): pulmonary CAPR-DR6 75-101 (Thurston, Ito et al. 1994): 466,480,481,482,485,490,491,492,493 (Thurston, Ito et al. 1992) (Vigotti, Rossi et al. 1996): CIE 9 460-519 Abbey 1995 Schwartz 1996
Hospitalizaciones respiratorias >65	1.49% (1.20-1.78)	Pooled en (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001).	A partir de 6 estudios (Ponce de Leon, Anderson et al. 1996): ICD 460-519

PM ₁₀	FCR Media (IC 95%) por 10 µg/m ³	Fuente	Notas Las FCR subrayadas son las que se seleccionaron para el estudio
			(Schouten, Vonk et al. 1996) : ICD 460-519 Schouten 1996 Rotterdam Schwartz 1999 Spokane Schwartz 1999 New Heaven Schwartz 1995 Tacoma
Consultas al servicio de urgencias por enfermedades respiratorias agudas < de 15 años	1.475% (0.4-2.535) convertido a incremento de 10 ug/m ³	(Hernandez-Cadena, Tellez-Rojo et al. 2000)	Lag 3, promedio 24 horas, En Ciudad Juárez 1997-1998 Datos de salud a partir de 2 hospitales del IMSS. En artículo reportan 2.95% (0.8-5.07) infecciones respiratorias altas por incremento de 20 ug/m ³ . Infecciones respiratorias altas: Infecciones respiratorias agudas no especificadas (CIE9 460, CIE10 J06.9); Sinusitis aguda (CIE9 461, CIE10 J01.9); faringitis aguda (462, J02.9); laringitis, traqueitis (464, J04x, J06.9); tos (463)
Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares	0.6% (0.3-0.9)	(Le Tertre, Medina et al. 2002)	Dato utilizado en Barcelona
	0.6% (0.42-0.79)	Pooled en (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001).	A partir de 12 estudios.
Admisiones hospitalarias en >65 por causas cardiovasculares	0.6% (0.4-0.8)	(McKinley, Zuk et al. 2003)	En estudio de Evans 2000 (the Harvard White paper)
Morbilidad			
Bronquitis Crónica	9.8% (0.9-19.4) en mayores de 25 años	Abbey, et al 1993	Consideraron que la tos y flemas crónicas representan el síndrome clínico de bronquitis crónica de acuerdo al Consejo Británico de Investigación Médica (BMRC por sus siglas en inglés).
	27.4%(7.9-50.5) en población de 18 a 60 años	Zemp, 1999	Tos o flemas crónicas
Asma		Abbey, et al 1993	Consideraron que wheeze persistente equivale a asma clínico

Se considera que las PM_{2.5} representan el 60% de las PM₁₀. Referencia: (Kunzli, Kaiser et al. 2000)

Tabla 21. Funciones de concentración respuesta (FCR) para PM_{2.5}.

PM_{2.5}	FCR Media (IC 95%) por 10 µg/m³	Fuente	Notas
Mortalidad total (por exposición a corto plazo)	0.6% (0.2-1.0)	Ostro et al 2006	Nueve ciudades de California
	1.2% (0.8-1.6)	Klemm and Mason 2003 en Pope 2007	
Mortalidad total (a largo plazo)	16% (7-26)	Laden et al 2006	Harvard six cities cohort study
	6.2% (1.6-11)	Pope et al 2002	Cohorte ACS, U.S mayores de 30 años
	17% (5-30)	Jerrett et al 2005	Cohorte de los Angeles. ACS, intra metro

Anexo 13. Municipios por zona de exposición

Zonas de exposición a PM₁₀

ENTIDAD	DELEGACION	Promedio PM ₁₀	ZONA
DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON	46.93	1
DISTRITO FEDERAL	COYOACAN	48.46	1
DISTRITO FEDERAL	CUAJIMALPA	49.62	1
DISTRITO FEDERAL	MAGDALENA CONTRERAS	47.4	1
DISTRITO FEDERAL	TLALPAN	49.74	1
DISTRITO FEDERAL	BENITO JUAREZ	50.73	2
DISTRITO FEDERAL	CUAUHTEMOC	54.99	2
DISTRITO FEDERAL	IZTACALCO	54.16	2
DISTRITO FEDERAL	IZTAPALAPA	53.26	2
DISTRITO FEDERAL	MIGUEL HIDALGO	52.1	2
DISTRITO FEDERAL	MILPA ALTA	52.3	2
DISTRITO FEDERAL	TLAHUAC	52.69	2
DISTRITO FEDERAL	XOCHIMILCO	51.35	2
ESTADO DE MEXICO	CHALCO	52.84	2
ESTADO DE MEXICO	HUIXQUILUCAN	51.17	2
ESTADO DE MEXICO	IXTAPALUCA	54.13	2
ESTADO DE MEXICO	JALATLACO	51.06	2
ESTADO DE MEXICO	JILOTZINGO	54.25	2
ESTADO DE MEXICO	JUCHITEPEC	53.03	2
ESTADO DE MEXICO	NAUCALPAN	52.51	2
ESTADO DE MEXICO	OCOYOACAC	50.66	2
ESTADO DE MEXICO	OCUILAN	52.07	2
ESTADO DE MEXICO	PAZ LA	54.6	2
ESTADO DE MEXICO	TENANGO DEL AIRE	52.94	2

ENTIDAD	DELEGACION	Promedio PM ₁₀	ZONA
ESTADO DE MEXICO	TIANGUISTENCO	51.77	2
ESTADO DE MEXICO	VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD	53.18	2
DISTRITO FEDERAL	AZCAPOTZALCO	55.49	3
DISTRITO FEDERAL	VENUSTIANO CARRANZA	55.36	3
ESTADO DE MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	55.95	3
ESTADO DE MEXICO	CHICOLOAPAN	55.85	3
ESTADO DE MEXICO	CHIMALHUACAN	56.64	3
ESTADO DE MEXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	59.21	3
ESTADO DE MEXICO	ISIDRO FABELA	55.34	3
ESTADO DE MEXICO	NEZAHUALCOYOTL	57.13	3
ESTADO DE MEXICO	NICOLAS ROMERO	56.71	3
ESTADO DE MEXICO	TEPOTZOTLAN	57.78	3
ESTADO DE MEXICO	TEXCOCO	59.32	3
DISTRITO FEDERAL	GUSTAVO A. MADERO	60.19	4
ESTADO DE MEXICO	ACOLMAN	62.22	4
ESTADO DE MEXICO	ATENCO	60.28	4
ESTADO DE MEXICO	CUAUTITLAN	63.33	4
ESTADO DE MEXICO	TEZOYUCA	61.79	4
ESTADO DE MEXICO	TLALNEPANTLA	60.38	4
ESTADO DE MEXICO	TULTITLAN	63.95	4
ESTADO DE MEXICO	COACALCO	68.87	5
ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	65.74	5
ESTADO DE MEXICO	JALTENCO	70.07	5
ESTADO DE MEXICO	TECAMAC	65.02	5
ESTADO DE MEXICO	TULTEPEC	69.51	5

Zonas de exposición a O₃

ENTIDAD	DELEGACION	Promedio de O ₃	ZONA
DISTRITO FEDERAL	GUSTAVO A. MADERO	0.061	1
DISTRITO FEDERAL	VENUSTIANO CARRANZA	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	ACOLMAN	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	ATENCO	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	ATIZAPAN DE ZARAGOZA	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	COACALCO	0.061	1
ESTADO DE MEXICO	CUAUTITLAN	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	CUAUTITLAN IZCALLI	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	ECATEPEC	0.06	1
ESTADO DE MEXICO	JALTENCO	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	TECAMAC	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	TEZOYUCA	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	TLALNEPANTLA	0.06	1
ESTADO DE MEXICO	TULTEPEC	0.062	1
ESTADO DE MEXICO	TULTITLAN	0.061	1
DISTRITO FEDERAL	AZCAPOTZALCO	0.063	2
DISTRITO FEDERAL	CUAUHTEMOC	0.063	2
DISTRITO FEDERAL	IZTACALCO	0.064	2
DISTRITO FEDERAL	IZTAPALAPA	0.065	2
ESTADO DE MEXICO	CHICOLOAPAN	0.064	2
ESTADO DE MEXICO	CHIMALHUACAN	0.064	2
ESTADO DE MEXICO	ISIDRO FABELA	0.063	2
ESTADO DE MEXICO	JILOTZINGO	0.064	2
ESTADO DE MEXICO	NAUCALPAN	0.064	2

ENTIDAD	DELEGACION	Promedio de O ₃	ZONA
ESTADO DE MEXICO	NEZAHUALCOYOTL	0.063	2
ESTADO DE MEXICO	NICOLAS ROMERO	0.063	2
ESTADO DE MEXICO	TEPOTZOTLAN	0.063	2
ESTADO DE MEXICO	TEXCOCO	0.064	2
DISTRITO FEDERAL	BENITO JUAREZ	0.067	3
DISTRITO FEDERAL	COYOACAN	0.067	3
DISTRITO FEDERAL	MIGUEL HIDALGO	0.065	3
DISTRITO FEDERAL	TLALPAN	0.067	3
ESTADO DE MEXICO	HUIXQUILUCAN	0.067	3
ESTADO DE MEXICO	IXTAPALUCA	0.066	3
ESTADO DE MEXICO	JALATLACO	0.066	3
ESTADO DE MEXICO	JUCHITEPEC	0.067	3
ESTADO DE MEXICO	OCOYOACAC	0.066	3
ESTADO DE MEXICO	OCUILAN	0.066	3
ESTADO DE MEXICO	PAZ LA	0.065	3
ESTADO DE MEXICO	TIANGUISTENCO	0.066	3
DISTRITO FEDERAL	ALVARO OBREGON	0.068	4
DISTRITO FEDERAL	CUAJIMALPA DE MORELOS	0.067	4
DISTRITO FEDERAL	MAGDALENA CONTRERAS	0.068	4
DISTRITO FEDERAL	MILPA ALTA	0.067	4
DISTRITO FEDERAL	TLAHUAC	0.069	4
DISTRITO FEDERAL	XOCHIMILCO	0.067	4
ESTADO DE MEXICO	CHALCO	0.068	4
ESTADO DE MEXICO	TENANGO DEL AIRE	0.067	4
ESTADO DE MEXICO	VALLE DE CHALCO SOLIDARIDAD	0.068	4

Anexo 14. Funciones de concentración respuesta para O₃.

O ₃	FCR Media (IC 95%) por 10 ppb (salvo que se especifique)	Fuente	Notas
Mortalidad total (por exposición a corto plazo)	0.326 % (0.183-0.469)	Proyecto ESCALA (2007). Single lag model.	En ZMVM, lag 1. Promedio 8 horas máximo móvil.
	0.433% (0.013-0.853) 8 horas	(O'Neill, Loomis et al. 2004)	En la Ciudad de Mexico. 1996-1998 (206,510 muertes). 0.65% (0.02-1.28) Promedio 24 horas Convirtiendo a 8 hr, utilizando una relación 2:1-5:1 da 0.43%(0.013-0.853)
	0.588% (0.196-0.784)	(WHO 2004)	A partir de 15 estudios (8 horas). Series de tiempo de 1987 a 1998. Estudios de Francia, Italia, Holanda, España e Inglaterra. Los datos originales vienen por incremento de 10ug/m ³ . 0.3% (0.1-0.4). Se multiplicó el dato en ug/m ³ por 1.96
	Ajustada por partículas: 0.59% (0.30-0.86)	Pooled de (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001) Para artículo de (McKinley, Zuk et al. 2005)	A partir de 9 estudios. Se le dio el doble de peso a los estudios de México. <i>Estudios considerados:</i> (Anderson, Ponce de Leon et al. 1996) . 1987-1992 Londres. Promedio 8 horas. (Borja-Aburto, Castillejos et al. 1998) . 1993-1995. Southwest Mexico City. Promedio de 24 horas. (Borja-Aburto, Loomis et al. 1997) . 1990-1992. ZMVM. Ito 1996 (Chicago), Kelsall 1997 Filadelfia, Moolgavkar 1996 Filadelfia, Verhoeff 1996 Amsterdam, Toloumi 1997 (ciudades APHEA), Hoek 1997 Rotterdam
	No ajustada por partículas: 0.99% (0.62-1.31)	Pooled de (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001)	A partir de 15 estudios. Se le dio el doble de peso a los estudios de México.
	0.53%(0.37-0.67) por 10 ppb 8 horas máximo	Meta análisis. (Ito, De Leon et al. 2005)	Meta análisis de 43 estudios. 1990-2003. Incluye los dos estudios de Borja-Aburto 1997, 1998. 0.39% (0.26-0.51) 1hora max. Reportan también en este estudio 1.6% (1.1-2) por 20 ppb daily average ozone. La conversión que utilizan es: 1 hora, 8 horas, 24 horas (40,30, 20 ppb aproximadamente). Lo que sería 1.6% (1.1-2) por 40 ppb 1 hour máximo.... 0.4%(0.275-0.5) por 10 ppb 1 hour máximo 1.6% (1.1-2) por 30 ppb 8 hour máximo.....0.53%(0.37-0.67) por 10 ppb 8 horas máximo
	0.464%(0.293- 0.629) 8 horas máximo	(Bell, Dominici et al. 2005)	Meta análisis de 39 series de tiempo. 1990-2004. Estudios de todo el mundo incluyendo Chile y México (estudio de O'Neill 2004 y los dos de Borja Aburto). 0.87%(0.55-1.18) 24hrs. La conversión que utilizaron fue: 20:15:8 para 1 hora, 8 horas, 24 horas. Para convertir a 8 horas máximo: 0.87x(8/15) 0.464%(0.293- 0.629) 8 horas máximo
	0.54%(0.42- 0.69) 8 horas máximo	(Levy, Chemerynski et al. 2005)	Meta regresión de 28 series de tiempo. Publicados antes de octubre 2003. Estudios de todo el mundo. Pero excluyeron países en vías de desarrollo. 0.41% (0.32-0.52) 1hr . La conversión que utilizaron fue: 2:1.5:1 para 1 hora, 8 horas, 24 horas.

O ₃	FCR Media (IC 95%) por 10 ppb (salvo que se especifique)	Fuente	Notas
			Para convertir a 8 horas máximo: 0.41x (2/1.5). 0.54%(0.42- 0.69) 8 horas máximo
	1.12% (0.76-1.45) 8 horas máximo	(Levy, Chemerynski et al. 2005)	A partir de 14 estudios (Filadelfia, UK, Londres, Montreal, Holanda, USA, California, Barcelona, Francia). 0.84% (0.57-1.09) 1 hr max, en verano
Mortalidad en >65 años	0.92%(0.34-1.52) 8 hr	(O'Neill, Loomis et al. 2004)	En la Ciudad de Mexico. 1996-1998 (206,510 muertes). 1.39% (0.51-2.28) 24hr . Convirtiendo a 8 hr, utilizando una relación 2:1.5:1 da 0.92%(0.34-1.52)
	0.497%(0.329-0.666)	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av . single lag model	Lag 1
Mortalidad respiratorias causas	0.25% No significativo. 8 horas máx	(Bell, Dominici et al. 2005)	A partir de 17 estudios. 0.47% (-0.51-1.47) NS 24 horas Utilizando la conversión: 20:15:8 da 0.25% 8 horas máx
	0.441%(0.020-0.863)	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av. Single lag model	En ZMVM, Lag 1
Mortalidad cardiovasculares (a corto plazo) causas	0.225%(-0.032-0.483) NS	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av Single lag model	
	0.73% (0.32-1.13)	(Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001)	A partir de 3 estudios: (Borja-Aburto, Loomis et al. 1997) , 1990-1992. ZMVM. (Anderson, Ponce de Leon et al. 1996) , 1987-1992 Londres. Promedio 8 horas (Borja-Aburto, Castillejos et al. 1998) . 1993-1995. Southwest Mexico City.
	0.784% (0.588-0.98) 8 hr	WHO, 2004	A partir de 13 estudios europeos. Los datos originales vienen por incremento de 10ug/m ³ . 0.4% (0.3-0.5). Se multiplicó el dato en ug/m ³ por 1.96
	0.592% (0.363- 0.916) 8 horas	(Bell, Dominici et al. 2005)	A partir de 18 estudios internacional. 1.11%(0.68-1.53) 24 hr. Utilizando la conversión: 20:15:8 da 0.592% (0.363- 0.916) 8 horas
Mortalidad por causas cardiovasculares en > 65 años	0.435%(0.136-0.736)	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av . single lag model	En ZMVM, Lag 1
Mortalidad por causas cardiopulmonares en > 65 años	0.515%(0.255-0.776)	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av . single lag model	En ZMVM, Lag 1
Mortalidad por cerebrovascular > 65 años	0.640%(0.031-1.252)	Proyecto ESCALA (2007) O ₃ 8 hor max mov av . Single lag model	Lag1
Mortalidad por cerebrovascular > 65 años		0.640%(0.031-1.252)	Lag 1
Uso de la asistencia sanitaria			
Consultas a urgencias por	1.48% (0.455-2.525) convertido a	(Hernandez-Cadena, Tellez-Rojo et al.	1 lag , enfermedades respiratorias altas: Ciudad Juárez. Datos de salud a

O ₃	FCR Media (IC 95%) por 10 ppb (salvo que se especifique)	Fuente	Notas
infecciones respiratorias altas en <15años	incremento de 10 ppb,	2000)	partir de 2 hospitales del IMSS. En artículo reportan 2.96% (0.91-5.05) infecciones respiratorias altas por incremento de 20 ppb. Infecciones respiratorias altas: Infecciones respiratorias agudas no especificadas (CIE9 460, CIE10 J06.9); Sinusitis aguda (CIE9 461, CIE10 J01.9); faringitis aguda (462, J02.9); laringitis, traqueitis (464, J04x, J06.9); tos (463). Tomaron las medias diarias de ozono del promedio de seis horas de niveles máximos (10 a 16 horas) y el nivel horario máximo del día.
	Convertido a incremento de 10ppb: 1.98% (1.4-2.58). En artículo reportan: 9.9% (7.0-12.9) por incremento de 50 ppb. En periodo invernal (septiembre-marzo)	(Tellez-Rojo, Romieu et al. 1997)	Lag 1. Servicios de urgencias y medicina familiar de un hospital de hospitalidades del IMSS ubicado en la zona sureste de la Ciudad de México en 1993. Mediciones diarias de ozono de la estación Pedregal (máximos de los promedios horarios del día correspondiente). 1 lag, Ciudad de México. Infecciones respiratorias altas: rinofaringitis aguda (CIE 9 460), laringitis y traqueitis aguda (464), Infecciones respiratorias de vías superiores de localización múltiple o no especificada (465)
	6% (4.66-7.42) convertido a incremento de 10 ppb. Ellos reportan: 30 % (23.3-37.1) por un incremento de 50 ppb	(Tellez-Rojo, Romieu et al. 1997)	Promedio cinco días previos. Dato utilizado en (Hall 2003) . Ciudad de México, Infecciones respiratorias altas en periodo invernal
Ingresos hospitalarios por causas respiratorias	3.76% (0.45-7.05)	Pooled de (Rosales-Castillo, Torres-Meza et al. 2001)	A partir de: (Ponce de Leon, Anderson et al. 1996; Schouten, Vonk et al. 1996; Linn, Szlachcic et al. 2000). Ponce de Leon: ICD 460-519; Schouten: 460-519; Linn: pulmonary (APR-DR6 75-101)
Hospitalizaciones respiratorias > 65 años	2.83% (1.71-3.95)	Pooled de (Schwartz 1995)	
Hospitalizaciones por causas cardiovasculares	0.7% (0.3-1.0)	(Ballester, Rodriguez et al. 2006)	Lag 2-3. 1995-1999 en 14 ciudades de España. Para la estación de calor, de mayo a octubre.

Anexo 15. Muertes evitables por causas. PM₁₀

MUERTES EVITADAS < 1 año PM ₁₀						
Tasa mortalidad < 1 año=21.06 por 1000			Total zona de estudio		56.29ug/m ³	Población 288694
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	353	161	63	265	120	47
IC bajo	111	50	19	55	25	10
IC alto	576	265	104	468	215	84
Tasa mortalidad DF < 1 año=20.85 por 1000			Distrito Federal		52.93 ug/m ³	Población 123348
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	136	54	12	102	41	9
IC bajo	43	17	4	21	8	2
IC alto	222	90	21	180	72	17
Tasa mortalidad zona1 < 1 año=17.29por 1000			Zona 1		48.3 ug/m ³	Población 32727
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	26	8	0	19	6	0
IC bajo	8	2	0	4	1	0
IC alto	42	13	0	34	10	0
Tasa mortalidad zona2 < 1 año=21.82por 1000			Zona 2		52.99 ug/m ³	Población 109508
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	126	12	0	95	9	0
IC bajo	40	4	0	20	2	0
IC alto	206	19	0	168	16	0
Tasa mortalidad zona3 < 1 año=21.79por 1000			Zona 3		56.89 ug/m ³	Población 68574
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	88	41	17	66	31	13
IC bajo	28	13	5	14	6	3
IC alto	144	68	28	117	55	23
Tasa mortalidad zona4 < 1 año=21.71por 1000			zona 4		61.25 ug/m ³	Población 38604
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	55	29	15	41	22	11
IC bajo	17	9	5	9	4	2
IC alto	90	47	25	73	38	21
Tasa mortalidad zona5 < 1 año=20.24por 1000			Zona 5		66.21 ug/m ³	Población 39281
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (1.7%)			CFR ESCALA (1.263%)			
	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³	20 ug/m ³	40 ug/m ³	50 ug/m ³
promedio	58	34	21	44	25	16
IC bajo	18	11	7	9	5	3
IC alto	95	55	35	77	45	28

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS EN >65 años PM10						
Tasa mortalidad >65 años=45.92 por 1000			Total zona de estudio		55.40ug/m3	Población 982,876
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	754	330	116	1369	601	212
IC bajo	258	113	39	1029	450	158
IC alto	1228	538	189	2184	964	340
Tasa mortalidad DF >65 años=47.48 por 1000			Distrito Federal		53.21 ug/m3	Población 596,210
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	443	177	43	805	323	79
IC bajo	152	60	15	605	242	59
IC alto	722	289	71	1285	518	127
Tasa mortalidad Z1 >65 años=43.60 por 1000			Zona 1		48.25ug/m3	Población 149,832
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	87	26	0	159	47	0
IC bajo	30	9	0	119	35	0
IC alto	143	42	0	254	75	0
Tasa mortalidad Z2 >65 años=46.89 por 1000			Zona 2		52.91ug/m3	Población 377,159
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	275	108	24	499	197	45
IC bajo	94	37	8	375	148	33
IC alto	447	177	40	796	317	72
Tasa mortalidad Z3 >65 años=46.46 por 1000			Zona 3		56.64 ug/m3	Población 213,944
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	172	78	31	312	143	57
IC bajo	59	27	11	234	107	43
IC alto	280	128	51	497	229	92
Tasa mortalidad Z4 >65 años=46.28 por 1000			zona 4		60.68 ug/m3	Población 157,471
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	140	71	37	253	130	67
IC bajo	48	24	13	190	97	50
IC alto	227	116	60	404	208	108
Tasa mortalidad Z5 >65 años=43.81 por 1000			Zona 5		66.21 ug/m3	Población 84,470
CFR O'Neill y Bell 2008 (0.50%)			CFR ESCALA (0.916%)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	81	46	28	146	84	52
IC bajo	28	16	10	110	63	39
IC alto	131	75	47	233	134	83

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CARDIOPULMONARES, TODAS EDADES. PM10							
Tasa mortalidad cardiopul= 1.56 por mil	Total zona de estudio		56.15ug/m3		Población 18,419,138		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	699	315	120				
	393	176	67				
	1003	452	173				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.98 por mil	Distrito Federal		52.96 ug/m3		Población 8,720,916		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	385	152	35				
	216	85	20				
	552	219	50				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.73 por mil	Zona 1		48.31 ug/m3		Población 2,344,727		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	78	23	0				
	43	13	0				
	111	33	0				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.64por mil	Zona 2		52.97 ug/m3		Población 6,816,213		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	250	99	23				
	140	55	13				
	358	142	33				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.49 por mil	Zona 3		56.87 ug/m3		Población 4,271,592		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	158	73	30				
	89	41	17				
	227	105	43				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.69 por mil	zona 4		61.13 ug/m3		Población 2,605,327		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	122	63	33				
	69	35	19				
	175	91	48				
Tasa mortalidad cardiopul= 1.11por mil	Zona 5		66.25 ug/m3		Población 2,381,279		
	CFR ESCALA (0.687)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3				
	82	47	29				
	46	26	16				
	118	67	42				

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CARDIOPULMONARES EN >65 años						
Tasa mortalidad cardiopulm >65 años=20.72 por		Total zona de estudio		55.40ug/m3		982,876
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		590	259	91		
IC bajo		345	151	53		
IC alto		832	366	129		
Tasa mortalidad cardiopulm DF>65 años=21.68p		Distrito Federal		53.21 ug/m3		Población 596210
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		351	141	34		
IC bajo		205	82	20		
IC alto		496	199	49		
Tasa mortalidad cardiopulm Z1>65 años=19.70p		Zona 1		48.25ug/m3		Población 149832
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		69	20	0		
IC bajo		40	12	0		
IC alto		97	29	0		
Tasa mortalidad cardiopulm Z2>65 años=21.56por		Zona 2		52.91ug/m3		Población 377159
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		219	87	20		
IC bajo		128	50	11		
IC alto		309	123	28		
Tasa mortalidad cardiopulm Z3>65 años=20.94 p		Zona 3		56.64 ug/m3		Población 213944
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		134	61	25		
IC bajo		78	36	14		
IC alto		189	87	35		
Tasa mortalidad cardiopulm Z4>65 años=20.34por		zona 4		60.68 ug/m3		Población 157471
CFR ESCALA (0.84%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		106	55	28		
IC bajo		62	32	16		
IC alto		150	77	40		
Tasa mortalidad cardiopulm Z5>65 años=19.04 por		Zona 5		66.21 ug/m3		Población 84470
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio		61	35	22		
IC bajo		36	20	13		
IC alto		85	49	30		

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS RESPIRATORIAS, TODAS EDADES. PM10							
Tasa mortalidad respiratorias= 0.42 por mil			Total zona de estudio		56.15ug/m3		Población 18,419,138
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	351	159	61	241	108	41	
IC bajo	137	62	24	88	39	15	
IC alto	556	254	98	390	177	68	
Tasa mortalidad respiratorias DF= 0.47 por mil			Distrito Federal		52.96 ug/m3		Población 8,720,916
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	169	67	15	116	46	11	
IC bajo	66	26	6	42	17	4	
IC alto	269	108	25	188	75	17	
Tasa mortalidad respiratorias zona1= 0.41 por mil			Zona 1		48.31 ug/m3		Población 2,344,727
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	34	10	0	23	7	0	
IC bajo	13	4	0	9	3	0	
IC alto	54	16	0	38	11	0	
Tasa mortalidad respiratorias zona2= 0.44 por mil			Zona 2		52.97 ug/m3		Población 6,816,213
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	124	50	11	85	34	8	
IC bajo	49	19	4	31	12	3	
IC alto	198	79	18	139	55	13	
Tasa mortalidad respiratorias zona3= 0.41 por mil			Zona 3		56.87 ug/m3		Población 4,271,592
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	82	38	16	56	26	11	
IC bajo	32	15	6	21	9	4	
IC alto	130	61	25	91	42	17	
Tasa mortalidad respiratorias zona4= 0.44 por mil			zona 4		61.13 ug/m3		Población 2,605,327
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	60	31	16	41	21	11	
IC bajo	23	12	6	15	8	4	
IC alto	95	50	26	67	35	18	
Tasa mortalidad respiratorias zona5= 0.40 por mil			Zona 5		66.25 ug/m3		Población 2,381,279
CFR WHO (1.3%)			CFR ESCALA (0.88%)				
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	
promedio	48	28	17	33	19	12	
IC bajo	19	11	7	12	7	4	
IC alto	76	44	28	54	31	19	

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS CAUSAS RESPIRATORIAS < 1 año PM10						
Tasa mortalidad resp < 1 año=2.79 por 1000			Total zona de estudio	56.29ug/m3	Población 288694	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	69	32	12			
IC bajo	15	7	3			
IC alto	122	57	23			
Tasa mortalidad resp DF < 1 año=3.31 por 1000			Distrito Federal	52.93 ug/m3	Población 123348	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	21	8	2			
IC bajo	5	2	0			
IC alto	37	15	4			
Tasa mortalidad resp zona1 < 1 año= 2.23por 1000			Zona 1	48.3 ug/m3	Población 32727	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	5	1	0			
IC bajo	1	0	0			
IC alto	9	3	0			
Tasa mortalidad resp zona2 < 1 año=2.69por 1000			Zona 2	52.99 ug/m3	Población 109508	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	23	9	2			
IC bajo	5	2	0			
IC alto	41	17	4			
Tasa mortalidad resp zona3 < 1 año=3.12por 1000			Zona 3	56.89 ug/m3	Población 68574	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	19	9	4			
IC bajo	4	2	1			
IC alto	33	16	7			
Tasa mortalidad resp zona4 < 1 año=2.43por 1000			zona 4	61.25 ug/m3	Población 38604	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	9	5	3			
IC bajo	2	1	1			
IC alto	16	9	5			
Tasa mortalidad resp zona5 < 1 año=3.31por 1000			Zona 5	66.21 ug/m3	Población 39281	
CFR Carbajal-Arroyo por publicar (2.5%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	14	8	5			
IC bajo	3	2	1			
IC alto	25	15	9			

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CARDIOVASCULARES, TODAS EDADES. PM10						
Tasa mortalidad cardiovas= 1.14 por mil			Total zona de estudio		56.15ug/m3	Población 18,419,138
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	667	301	115	325	146	56
IC bajo	374	168	64	61	27	10
IC alto	955	432	166	586	264	101
Tasa mortalidad cardiovasDF= 1.52 por mil			Distrito Federal		52.96 ug/m3	Población 8,720,916
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	384	152	35	187	74	17
IC bajo	215	85	19	35	14	3
IC alto	550	219	50	338	134	31
Tasa mortalidad cardiovasZ1= 1.32 por mil			Zona 1		48.31 ug/m3	Población 2,344,727
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	77	23	0	38	11	0
IC bajo	43	13	0	7	2	0
IC alto	111	33	0	68	20	0
Tasa mortalidad cardiovasZ2= 1.21 por mil			Zona 2		52.97 ug/m3	Población 6,816,213
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	239	95	22	116	46	11
IC bajo	134	53	12	22	9	2
IC alto	342	136	31	210	83	19
Tasa mortalidad cardiovasZ3= 1.08 por mil			Zona 3		56.87 ug/m3	Población 4,271,592
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	149	69	28	73	33	14
IC bajo	84	39	16	14	6	3
IC alto	214	99	41	131	61	25
Tasa mortalidad cardiovasZ4= 1.25 por mil			zona 4		61.13 ug/m3	Población 2,605,327
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	117	61	32	57	30	16
IC bajo	66	34	18	11	6	3
IC alto	168	87	46	103	53	28
Tasa mortalidad cardiovasZ5= 0.76 por mil			Zona 5		66.25 ug/m3	Población 2,381,279
CFR WHO (0.9%)			CFR ESCALA (0.434)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	73	42	26	36	20	13
IC bajo	41	24	15	7	4	2
IC alto	105	60	38	65	37	23

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CARDIOVASCULARES EN >65 años						
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=15.39 por 100C		Total zona de estudio		55.40ug/m3		982,876
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		300	131	46		
IC bajo		88	38	13		
IC alto		510	224	79		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=16.66por 1000		Distrito Federal		53.21 ug/m3		Población 596210
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		185	74	18		
IC bajo		54	22	5		
IC alto		314	126	31		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=15.03por 1000		Zona 1		48.25ug/m3		Población 149832
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		36	11	0		
IC bajo		10	3	0		
IC alto		61	18	0		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=16.09 por 100C		Zona 2		52.91ug/m3		Población 377159
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		112	44	10		
IC bajo		33	13	3		
IC alto		190	75	17		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=15.45 por 100C		Zona 3		56.64 ug/m3		Población 213944
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		68	31	12		
IC bajo		20	9	4		
IC alto		115	53	21		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=15.21 por 100C		zona 4		60.68 ug/m3		Población 157471
CFR ESCALA (0.577%)						
		20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3		
promedio		55	28	14		
IC bajo		16	8	4		
IC alto		93	48	25		
Tasa mortalidad cardiovasc>65 años=13.15 por 100C		Zona 5		66.21 ug/m3		Población 84470
CFR ESCALA (0.577%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio				29	16	10
IC bajo				8	5	3
IC alto				49	28	17

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CEREBROVASCULARES, TODAS EDADES. PM10						
Tasa mortalidad cerebrovas= 0.26 por mil	Total zona de estudio		56.15ug/m3		Población 18,419,138	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	154	70	27			
	38	17	6			
	268	122	47			
Tasa mortalidad cerebrovas DF= 0.32por mil	Distrito Federal		52.96 ug/m3		Población 8,720,916	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	84	33	8			
	21	8	2			
	145	58	13			
Tasa mortalidad cerebrovas Z1= 0.27 por mil	Zona 1		48.31 ug/m3		Población 2,344,727	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	16	5	0			
	4	1	0			
	28	8	0			
Tasa mortalidad cerebrovas Z2= 0.26 por mil	Zona 2		52.97 ug/m3		Población 6,816,213	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	54	21	5			
	13	5	1			
	94	38	9			
Tasa mortalidad cerebrovas Z3= 0.26 por mil	Zona 3		56.87 ug/m3		Población 4,271,592	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	37	17	7			
	9	4	2			
	65	30	12			
Tasa mortalidad cerebrovas Z4= 0.29 por mil	zona 4		61.13 ug/m3		Población 2,605,327	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	28	14	8			
	7	4	2			
	48	25	13			
Tasa mortalidad cardiovasZ5= 0.17 por mil	Zona 5		66.25 ug/m3		Población 2,381,279	
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	17	10	6			
	4	2	1			
	29	17	11			
control suma de resultados						
			CFR ESCALA (0.927)			
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
	153	68	26			
	37	17	6			
	265	118	45			

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CEREBROVASCULARES EN >65 años						
Tasa mortalidad cerebrovasc >65 años=3.45 por 100			Total zona de estudio		55.40ug/m3	982,876
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	126	56	20			
IC bajo	32	14	5			
IC alto	219	97	34			
Tasa mortalidad cerebrovasc DF>65 años=3.56 por 100			Distrito Federal		53.21 ug/m3	Población 596210
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	74	30	7			
IC bajo	19	7	2			
IC alto	128	52	13			
Tasa mortalidad cerebrovasc Z1>65 años=3.07 por 100			Zona 1		48.25ug/m3	Población 149832
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	14	4	0			
IC bajo	3	1	0			
IC alto	24	7	0			
Tasa mortalidad cerebrovasc Z2>65 años=3.53 por 100			Zona 2		52.91ug/m3	Población 377159
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	46	18	4			
IC bajo	12	5	1			
IC alto	80	32	7			
Tasa mortalidad cerebrovasc Z3>65 años=3.72 por 100			Zona 3		56.64 ug/m3	Población 213944
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	31	14	6			
IC bajo	8	3	1			
IC alto	53	24	10			
Tasa mortalidad cerebrovasc Z4>65 años=3.57 por 100			zona 4		60.68 ug/m3	Población 157471
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3			
promedio	24	12	6			
IC bajo	6	3	2			
IC alto	41	21	11			
Tasa mortalidad cerebrovasc Z5>65 años=2.91 por 100			Zona 5		66.21 ug/m3	Población 84470
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	12	7	4			
IC bajo	3	2	1			
IC alto	20	12	7			
Control suma de resultados						
CFR ESCALA (0.84%)						
	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
promedio	126	56	20			
IC bajo	32	14	5			
IC alto	219	97	36			

Anexo 16. Muertes evitables por causas. O₃

MUERTES EVITADAS < 1 año											
Tasa mortalidad < 1 año=21.06 por 1000			Total zona de estudio		56.29ug/m3		Población 288694				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			Distrito Federal		52.93 ug/m3		Población 123348				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			Zona 1		48.3 ug/m3		Población 32727				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			Zona 2		52.99 ug/m3		Población 109508				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			Zona 3		56.89 ug/m3		Población 68574				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			zona 4		61.25 ug/m3		Población 38604				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio											
IC bajo											
IC alto											
			Zona 5		66.21 ug/m3		Población 39281				
CFR Pooled Lacasaña (4.8%)			CFR ESCALA (0.405%)NS				CFR Loomis, Castillejo 1999 (3.52%)				
promedio			20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3	20 ug/m3	40 ug/m3	50 ug/m3
IC bajo											
IC alto											

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES EVITADAS EN >65 años						
Tasa mortalidad >65 años=45.92 por 1000			Total zona de estudio		63.8 ppb	Polación 982,876
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	541	150	126	294	81	68
IC bajo	201	56	47	195	54	45
IC alto	887	246	207	393	108	91
Tasa mortalidad >65 DF =47.48 por 1000			Distrito Federal		64.7 ppb	Población 596,210
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	361	116	80	196	63	43
IC bajo	134	43	30	130	42	29
IC alto	591	190	131	262	84	58
Tasa mortalidad >65 Z1 =45.75 por 1000			Zona 1		60.95 ppb	Población 315,046
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	137	12	38	74	6	21
IC bajo	51	4	14	49	4	14
IC alto	225	20	63	100	9	28
Tasa mortalidad >65 Z2 =46.23 por 1000			Zona 2		63.72 ppb	Población 354,585
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	195	53	46	106	29	25
IC bajo	73	20	17	70	19	16
IC alto	320	87	75	142	39	33
Tasa mortalidad >65 Z3 =44.70 por 1000			Zona 3		66.34 ppb	Población 190,324
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	121	47	25	66	26	13
IC bajo	45	17	9	44	17	9
IC alto	198	77	41	88	34	18
Tasa mortalidad >65 Z4 =44.46 por 1000			zona 4		67.80 ppb	Población 122,921
CFR =O'Neill, Loomis 2004 (0.92%)			CFR ESCALA (0.497%)			
	50ppb	60ppb	dism 5%	50ppb	60ppb	dism 5%
promedio	84	37	16	46	20	9
IC bajo	31	14	6	30	13	6
IC alto	138	61	27	61	27	12

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES EVITADAS POR CAUSAS RESPIRATORIAS								
Tasa mortalidad resp total= 0.42 por mil			Total zona de estudio			63.76 ppb	Población 18,419,138	
			CFR ESCALA (0.441%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			126	35	29			
IC bajo			6	2	1			
IC alto			246	68	57			
Tasa mortalidad resp DF= 0.47 por mil			Distrito Federal			64.93 ppb	Población 8,720,916	
			CFR ESCALA (0.23%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			86	29	19			
IC bajo			4	1	1			
IC alto			168	56	36			
Tasa mortalidad resp Z1= 0.39 por mil			Zona 1			60.93 ppb	Población 6,404,612	
			CFR ESCALA (0.23%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			32	3	9			
IC bajo			1	0	0			
IC alto			63	5	17			
Tasa mortalidad resp Z2= 0.44 por mil			Zona 2			63.79577 ppb	Población 6,426,114	
			CFR ESCALA (0.23%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			46	13	11			
IC bajo			2	1	0			
IC alto			89	25	21			
Tasa mortalidad resp Z3= 0.44 por mil			Zona 3			66.21163 ppb	Población 4,271,592	
			CFR ESCALA (0.23%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			28	11	6			
IC bajo			1	0	0			
IC alto			55	21	11			
Tasa mortalidad resp Z4= 0.36 por mil			zona 4			67.840 ppb	Población 2,572,692	
			CFR ESCALA (0.23%)NS					
			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio			20	9	4			
IC bajo			1	0	0			
IC alto			39	17	8			

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES CARDIOPULMONARES EVITADAS EN >65 años						
Tasa mortalidad cardiopul>65 =20.72por 1000		Total zona de estudio		63.8 ppb		Población 982,876
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		141	39	33		
IC bajo		70	19	16		
IC alto		212	58	49		
Tasa mortalidad cardiopul DF>65 =21.68por 1000		Distrito Federal		64.7 ppb		Población 596,210
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		95	30	21		
IC bajo		47	15	10		
IC alto		143	46	32		
Tasa mortalidad cardiopul Z1 >65 =20.28 por 1000		Zona 1		60.95 ppb		Población 315,046
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		35	3	10		
IC bajo		17	2	5		
IC alto		53	5	15		
Tasa mortalidad cardiopul Z2 >65 =20.77por 1000		Zona 2		63.72 ppb		Población 354,585
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		51	14	12		
IC bajo		25	7	6		
IC alto		76	21	18		
Tasa mortalidad cardiopul Z3 >65 =21.25por 1000		Zona 3		66.34 ppb		Población 190,324
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		33	13	7		
IC bajo		16	6	3		
IC alto		50	19	10		
Tasa mortalidad cardiopulZ4 >65 =19.54por 1000		zona 4		67.80 ppb		Población 122,921
		CFR ESCALA (0.515%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		21	9	4		
IC bajo		11	5	2		
IC alto		32	14	6		

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES EVITADAS POR CAUSAS CARDIOVASCULARES								
Tasa mortalidad general= 1.14 por mil			Total zona de estudio			63.76 ppb		Población 18,419,138
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	169	46	39					
IC bajo	104	29	24					
IC alto	233	64	54					
Tasa mortalidad general= 1.52 por mil								Población 8,720,916
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	116	38	25					
IC bajo	71	24	15					
IC alto	159	53	34					
Tasa mortalidad zona 1 = 1.05 por mil								Población 6,404,612
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	43	4	12					
IC bajo	26	2	7					
IC alto	59	5	17					
Tasa mortalidad zona 2 = 1.17 por mil								Población 6,426,114
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	61	17	14					
IC bajo	38	10	9					
IC alto	84	23	19					
Tasa mortalidad zona 3 = 1.31 por mil								Población 4,271,592
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	38	14	8					
IC bajo	23	9	5					
IC alto	52	20	11					
Tasa mortalidad zona 4 = 1.004 por mil								Población 2,572,692
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	27	12	5					
IC bajo	17	7	3					
IC alto	37	16	7					
CFR Bell 2005 (0.59%)								
	50 ppb	60 ppb	dism. del 5%			50 ppb	60 ppb	dism. del 5%
promedio	169	47	39					
IC bajo	104	29	24					
IC alto	232	65	54					

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES CARDIOVASCULARES EVITADAS EN >65 años						
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =15.39 por 1000		Total zona de estudio		63.8 ppb		Polación 982,876
		CFR ESCALA (0.435%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		89	25	21		
IC bajo		28	8	6		
IC alto		150	41	35		
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =16.66 por 1000		Distrito Federal		64.7 ppb		Población 596,210
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		62	20	14		
IC bajo		19	6	4		
IC alto		105	34	23		
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =14.92 por 1000		Zona 1		60.95 ppb		Población 315,046
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		22	2	6		
IC bajo		7	1	2		
IC alto		37	3	10		
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =15.35 por 1000		Zona 2		63.72 ppb		Población 354,585
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		32	9	7		
IC bajo		10	3	2		
IC alto		54	15	13		
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =15.97 por 1000		Zona 3		66.34 ppb		Población 190,324
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		21	8	4		
IC bajo		7	3	1		
IC alto		36	14	7		
Tasa mortalidad cardiovasc >65 =14.82 por 1000		zona 4		67.80 ppb		Población 122,921
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism 5%		
promedio		14	6	3		
IC bajo		4	2	1		
IC alto		23	10	4		

Estado del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

OZONO MUERTES CEREBROVASCULARES EVITADAS EN >65 años						
Tasa mortalidad cerebrovasc >65 =3.45 por 1000		Total zona de estudio		63.8 ppb		Polación 982,876
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		30	8	7		
IC bajo		1	0	0		
IC alto		58	16	13		
Tasa mortalidad cerebrovasc DF>65 =3.56 por 1000		Distrito Federal		64.7 ppb		Población 596,210
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		20	6	4		
IC bajo		1	0	0		
IC alto		38	12	8		
Tasa mortalidad cerebrovasc Z1 >65 =3.38 por 1000		Zona 1		60.95 ppb		Población 315,046
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		7	1	2		
IC bajo		0	0	0		
IC alto		14	1	4		
Tasa mortalidad cerebrovasc Z2 >65 =3.58 por 1000		Zona 2		63.72 ppb		Población 354,585
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		11	3	3		
IC bajo		1	0	0		
IC alto		21	6	5		
Tasa mortalidad cerebrovasc Z3 >65 =3.37 por 1000		Zona 3		66.34 ppb		Población 190,324
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		7	3	1		
IC bajo		0	0	0		
IC alto		13	5	3		
Tasa mortalidad cerebrovasc Z4 >65 =3.17 por 1000		zona 4		67.80 ppb		Población 122,921
		CFR ESCALA (0.640%)				
		50ppb	60ppb	dism del 5%		
promedio		4	2	1		
IC bajo		0	0	0		
IC alto		9	4	2		