



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**“EVALUACIÓN PRELIMINAR DE
BENEFICIOS AMBIENTALES POR
CAMBIOS EN LA CONCENTRACION DE
OZONO EN LA ZONA METROPOLITANA
DE LA CIUDAD DE MÉXICO
EMPLEANDO BenMAP”**

**TRABAJO DE SEMINARIO DE
T I T U L A C I O N
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

I N G E N I E R O Q U I M I C O

P R E S E N T A

LORENA DOLORES REYES CORTÉS.

ASESOR: Dr. JOSE AGUSTIN GARCÍA REYNOSO





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Orlando y Dolores.

Infinitamente agradezco a ustedes, que siempre cuidaron de mí desde niña y me impulsaron a seguir siempre adelante, aun cuando hubo algunas dudas y tropiezos.

Hoy también gracias a ustedes por el apoyo que siempre me han brindado he logrado alcanzar una de mis metas.

Por mi existencia y formación profesional.

Eternamente agradecida, los quiero.

Al Dr. José Agustín García Reynoso:

Por su apoyo y confianza para la realización de este trabajo, el cual simboliza mi gratitud por toda la responsable e inolvidable ayuda que siempre me proporciono.

Gracias por su colaboración y por compartir sus conocimientos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

Por brindarme la oportunidad de ser parte de ella, y proporcionarme lo mejor en enseñanza y por ser de mi una profesional.

DEDICATORIAS:

A mis hermanas: Elizabeth, Claudia, Marlene y Karina, por el apoyo incondicional que siempre me han brindado y con el cual he logrado terminar mi carrera profesional, siendo para mí el mejor regalo que me han dado. Por que son mi ejemplo a seguir y mis mejores amigas.

A mis pequeños sobrinos: Luís Fernando e Iván Alejandro por regalarme día a día sus lindas sonrisas que alegran mi vida,

A mis cuñados Luís Uriel y Jorge Luís por el apoyo incondicional que siempre me han proporcionado.

A mis profesores del Colegio y de la Universidad por compartir sus conocimientos conmigo, enseñándome que con perseverancia y estudio se alcanza el éxito.

A mi amiga y compañera de Seminario Alejandra Carmona por brindarme su gran apoyo, amistad y confianza que me ha demostrado en todo momento.

A mis amigos, compañeros y todas las personas queridas que he tenido la dicha de conocer en mi formación tanto personal como profesional, compartiendo momentos de alegría, trabajo, amistad y por el apoyo que me brindaron en momentos difíciles.

*Nunca lamentes el ayer,
La vida esta en ti hoy
Y tú construyes tu mañana.*

INDICE

INTRODUCCION	1
1. DESCRIPCION DE BenMAP.	4
2. DESCRIPCION DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO. DISTRITO FEDERAL-ESTADO DE MEXICO	10
2.1. LOCALIZACIÓN	10
3. OZONO. GENERALIDADES.....	15
3.1 CARACTERÍSTICAS DEL OZONO	15
3.1.1 PROPIEDADES DEL OZONO.	16
3.1.2 CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO.	18
3.2. EFECTOS EN LA SALUD.	19
4. DESCRIPCION DE ESCENARIOS.	23
4.1 CONCENTRACIÓN DE OZONO 1996.	24
4.2 CONCENTRACIÓN DE OZONO 2004.	25
5. RESULTADOS.....	31
6. CONCLUSIONES.	39
7. RECOMENDACIONES.	41

ANEXO **43**

BIBLIOGRAFIA. **51**

INTRODUCCION

Los problemas ambientales son cada vez más una preocupación de la sociedad, y es útil tener herramientas para analizar la magnitud de problema y las ventajas que se pueden alcanzar por reducir la amenaza. En el presente trabajo se describe y muestra un programa de análisis de beneficios por cambio en las concentraciones ambientales de contaminantes de interés en este caso ozono en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

En las décadas recientes, nuestro país ha observado un importante crecimiento poblacional y un desarrollo industrial, que se ha manifestado en un fuerte impacto al ambiente. En las áreas urbanas, principalmente en las ciudades más densamente pobladas, la contaminación del ambiente alcanza niveles críticos o peligrosos para la salud humana. En el caso de ozono en la ZMCM, más de 200 días al año se sobre pasa la norma de calidad, dicha norma de calidad del aire indica que no se debe sobre pasar más de una hora al año¹. Debido a lo anterior se han desarrollado diferentes estrategias de control para mejorar la calidad del aire (Proaire 2005)². Mediante la aplicación de las diferentes medidas de control, se han generado diferentes escenarios y para evaluarlos se emplean estudios de costo-beneficio. En este trabajo se aplica un programa de cómputo donde se evalúan los beneficios por cambio en las concentraciones de ozono entre dos años diferentes (1996, 2004). El programa utilizado es BenMAP³, el cual proporciona una herramienta útil para analizar una amplia gama de diferentes escenarios así como también es útil para evaluar el avance en cuanto a la calidad del aire como se presenta en este trabajo.

A pesar de que la contaminación atmosférica constituye un hecho cotidiano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la circunstancia de vivir en un cielo turbio es, en realidad, un fenómeno reciente. La parte más importante en la historia del deterioro del aire en la ciudad se ubica en los últimos 40 años, como resultado del desarrollo y agudización de múltiples desequilibrios de carácter económico, urbano, energético, social y ambiental.

En el capítulo 1 de esta Tesina se describe el programa BenMAP, sus capacidades y la descripción de sus diferentes módulos. En el capítulo 2

¹ NOM-020-SSA1-1993. 23/12/1994. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiental con respecto al ozono (O_3). Valor normado para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

² PROAIRE considera como objetivo prioritario la reducción de los niveles de ozono (O_3) y partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}) debido a que la magnitud de sus concentraciones en el aire y la alta frecuencia en que exceden los límites máximos permisibles, indican que en la actualidad son los contaminantes que constituyen un mayor riesgo a la salud.

³ Environmental Benefits Mapping and Analysis Program.

se hace una descripción de la zona de estudio donde se aplicó este programa. En el capítulo 3 se mencionan las características, propiedades, importancia como contaminante criterio y los efectos a la salud del ozono. En el capítulo 4 se describen los escenarios que se emplearon para la evaluación. El capítulo 5 muestra los resultados obtenidos empleando el programa BenMAp y en el capítulo 6 se muestran las conclusiones y las recomendaciones se presentan el capítulo 7.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCION DE BenMAP.

El modelo Environmental Benefits Mapping and Análisis Program (BenMAP) es un programa PC basado en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que estima las contribuciones por enfermedad que se asocian a los cambios en la calidad del aire. El análisis de los beneficios dentro de este contexto es un proceso de pasos múltiples incluyendo los mapas de los cambios de la calidad del aire para la población, conversión de todos aquellos cambios en la calidad del aire que inducen reducciones cuantificables en la incidencia tanto en morbilidad y mortalidad, emplea las funciones de evaluación para traducir esas reducciones de impactos en la salud en un beneficio económico. Los beneficios económicos se pueden comparar contra el costo social en el diseño y la evaluación de estrategias regulatorias, y con ello identificar estrategias óptimas del control de emisiones. Para conducir un análisis de beneficios, BenMAP combina datos de la calidad del aire, datos demográficos (población total e incidencia por enfermedad) y daños, empleando las funciones derivadas de los estudios epidemiológicos para estimar cambios en la incidencia de mortalidad y morbilidad. Estas reducciones de los efectos en la salud se monetizan usando las funciones de la valuación basadas en costos de enfermedad, la evaluación contingente, u otros estudios económicos. BenMAP se ha diseñado para proveer al usuario una gran flexibilidad en la aplicación del modelo en diversos contextos que se extienden desde la escala urbana a regional y usos a escala nacional. El modelo también puede acomodar funciones específicas del usuario de los daños y de la evaluación, así como datos demográficos en diversos formatos.

BenMAP se ha utilizado para la evaluación de la exposición de población y los efectos en la salud debido a la contaminación ambiental atmosférica usando funciones apropiadas de dosis-respuesta, para diversas enfermedades derivadas de estudios epidemiológicos. Este modelo da una representación visual de la distribución espacial de los daños de salud en la región, para con ello poder identificar los puntos clave debido a la contaminación atmosférica y así efectuar acciones prioritarias de remediación.

El paquete integrado se puede utilizar para exhibir cambios en el riesgo a la salud en función de las variables de control suministradas, como cambio en la calidad del combustible y el avance en la tecnología de control. Puede evaluar económicamente las ventajas ambientales, las estrategias del control y las medidas de la mitigación. Así, el paquete integrado proporciona un modelo de la dispersión de la calidad del aire y un modelo de la evaluación de los subsidios por enfermedad siendo una ayuda en la toma de decisiones de gran alcance en la administración de la calidad del aire.

Para calcular a las personas expuestas al aire contaminado, Ben MAP combina diferentes fuentes de datos, incluyendo datos de monitoreo ambiental, datos de modelos, datos de censos, y proyecciones de población a un nivel de Área Geoestadística Básica (AGEB). Y también puede generar rápidamente un escenario adicional de exposición, BenMAP también proporciona diversas opciones de reducción directa o marcha atrás “roll back” con la disminución de los niveles de contaminación obtenidos por el monitoreo. Usando estos datos y las habilidades del rollback, BenMAP puede estimar la población expuesta para cualquier año en particular, y para una suposición de reducción de contaminantes en un estudio específico de contaminación del aire. Típicamente se especifican dos diferentes escenarios, y BenMAP estima el cambio en la población expuesta entre ellos. Usando estos cambios en la población expuesta, en seguida se calcula el cambio asociado en la incidencia de efectos adversos a la salud, y estima un valor económico. Para estos cálculos, se permite escoger una opción de un estudio a largo plazo en función de Normas de la EPA o NOM para estimar efectos adversos a la salud y evaluar estos efectos a la salud. Además se tiene la flexibilidad de agregar un efecto propio a la salud y funciones de evaluación.

Mientras que BenMAP no es un programa que modele la calidad del aire, este contiene un poderoso estudio de funciones para explorar el impacto en la reducción de la concentración ambiental medida. Estas funciones, disponibles bajo la opción de “monitor rollback” en el botón “Crear Mallas de Calidad de Aire”, permite especificar el porcentaje específico o el incremento a las reducciones, o examina una amplia variedad de formas en que se pueden aplicar o cumplir las normas de calidad del aire ambientales, incluyendo normas anuales o diarias, e incorporando un simple factor, por ejemplo, un promedio diario o el máximo del promedio diario de 8 horas. Estas funciones se pueden usar para cualquier dato adicional de entrada proporcionado por el usuario

BenMAP proporciona una serie de herramientas poderosas para asegurar la calidad y la presentación de los resultados. Estas herramientas permiten una fácil verificación para el Control de Calidad (CC), así como también una comparación con otros resultados para propósitos de replicación y validación.

BenMAP se desarrolló como una herramienta primaria para estimar los impactos a la salud, y asociarlos con valores económicos, ocasionados por los cambios ambientales en la contaminación atmosférica. Llevando esto a cabo por funciones consecutivas de Concentración-Respuesta (C-R), las cuales relacionan un cambio en la concentración de un agente contaminante con un cambio en la incidencia de un punto final en la salud. Las entradas a las funciones del impacto de la salud, típicamente incluyen: (a) el cambio en nivel ambiente de la contaminación atmosférica, (b) estimación del efecto a la

salud, (c) el tipo de incidencia en la línea de base al punto final de salud y (d) la población expuesta. Por ejemplo, en el caso de una función de impacto de salud de mortalidad prematura, puede ser que se tenga lo siguiente:

Cambio en Mortalidad= Cambio en la contaminación ambiental * Efecto estimado de mortalidad * Incidencia en la Mortalidad * Población expuesta

- Cambio en la contaminación ambiental. El cambio de la calidad del aire es calculada como una diferencia entre el nivel inicial de la contaminación atmosférica, también llamado como línea de base, y el nivel de la contaminación atmosférica después de algún cambio, los que son causados por una política de control ambiental. En el caso de un material particulado, este es típicamente estimado en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Efecto estimado de Mortalidad. Es una estimación del cambio en el porcentaje de la mortalidad debido a una unidad de cambio en la contaminación atmosférica ambiental. Estudios Epidemiológicos on una buena fuente para estimar estos efectos.
- Incidencia en la Mortalidad. La razón de incidencia de mortalidad es una estimación de un número promedio de personas que mueren en una población dada concluido un periodo de tiempo dado.
- Población expuesta. Es el número de personas afectadas por la reducción de la contaminación atmosférica. Los censos oficiales gubernamentales son una buena fuente para obtener esta información.

BenMAP también calcula el valor económico de los impactos a la salud. Después de calcular los cambios en la mortalidad, se pueden estimar las muertes prematuras por los múltiples cambios en la reducción de mortalidad debidos a una estimación en el valor de una vida estadísticamente:

Valor de la Mortalidad = Cambio en la Mortalidad* Valor estadístico de la vida.

- El valor de la vida estadística. Es el valor económico puesto en la eliminación del riesgo de una muerte prematura.
- Valor de la Mortalidad. Es el costo debido a un cambio en la tasa de mortalidad.

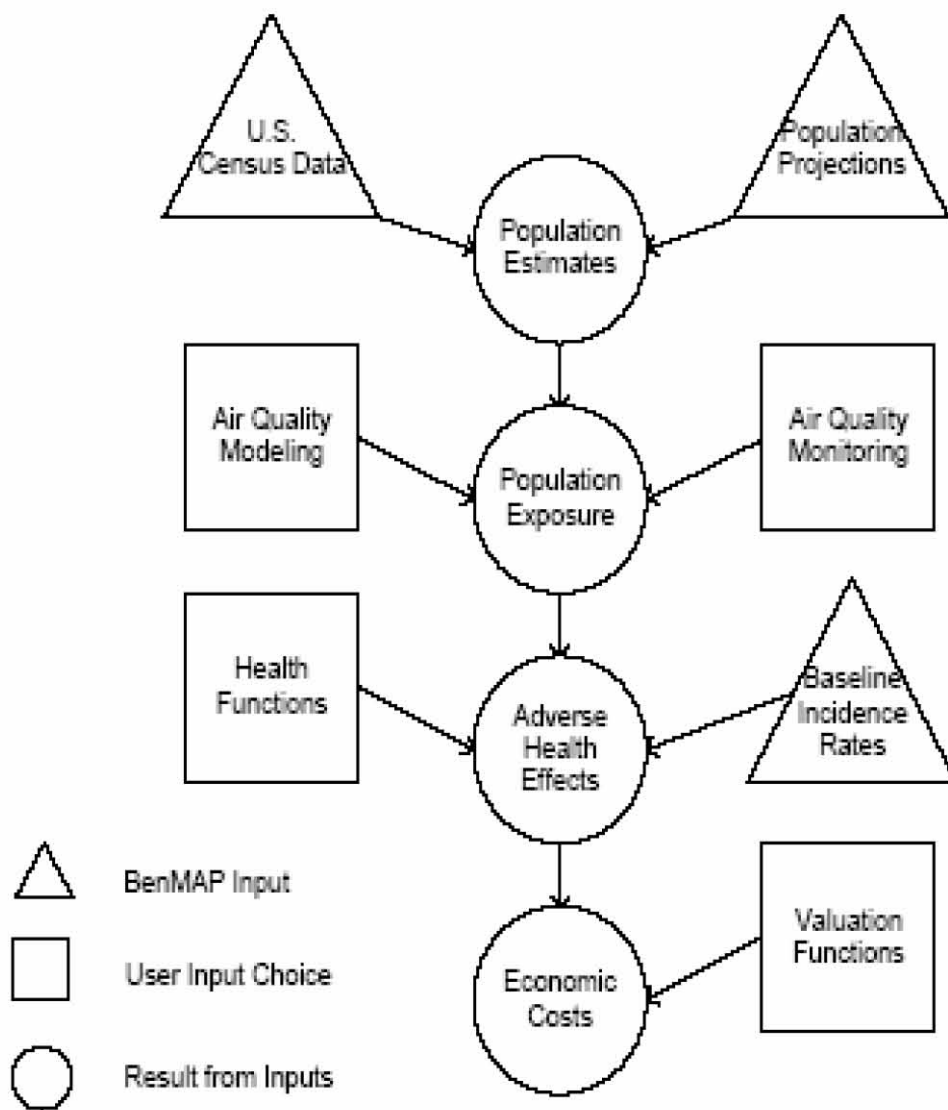
BenMAP también proporciona un Sistema de Información Geográfica (SIG), permitiendo crear, utilizar y visualizar mapas de contaminación atmosférica, población, razón de incidencia, cambios en la razón de incidencia, valoraciones económicas y otro tipo de datos.

BenMAP se puede usar para varios propósitos.

- Generación de mapas de población/comunidad a un nivel de exposición de contaminación ambiental.
- Compara beneficios asociados con programas regulatorios.
- Estimación de impactos a la salud y costos por la concentración existente de contaminantes en el aire.
- Estimación de beneficios a la salud por normas de calidad del aire alternativas.
- Ejecuta análisis de sensibilidad a la salud o a las funciones de valoración, o de otras entradas;

La Figura1.1 resume el diagrama de flujo de cálculos en el programa de BenMAP, y los tipos de selección que marcas respecto al modelo de población expuesta, los tipos de modelos de efectos en la salud, y como poner un valor económico sobre estos efectos. Esta figura también destaca que BenMAP no tiene la capacidad de remodelar la calidad del aire, y en su lugar depende de un modelo y una entrada de monitoreo. Nótese que la versión actual de BenMAP requiere el uso de datos de población y proyecciones de población que vienen con los modelos.

Figura 1.1 Diagrama de Flujo de BenMAP.



CAPITULO 2

2. DESCRIPCION DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO. DISTRITO FEDERAL-ESTADO DE MÉXICO.

La dimensión geográfica para las estadísticas del medioambiente urbano-metropolitano puede concebirse en dos sentidos: desde el punto de vista del lugar donde se asientan y reproducen los ecosistemas, que cuentan con bienes y servicios ambientales, y como el espacio de los asentamientos humanos, donde tienen lugar las diversas actividades socioeconómicas, culturales y políticas.

En esta parte, se muestra la ubicación del contexto geográfico para el análisis de la problemática ambiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), ya que es relevante para entender su dinámica social, económica y ambiental. Ello implica la presentación de un marco general de referencia sobre las características y condiciones que determinan o explican los procesos y actividades humanas en su relación con el territorio y los recursos naturales. Se presentan aspectos fundamentales, que servirán de marco físico general a los temas ambientales abordados a lo largo del trabajo.

2.1. LOCALIZACIÓN

La ZMCM cuenta con grandes atributos geográficos esenciales para la actividad humana, tales como relieve interior suave, clima templado, disponibilidad de bosques y agua, etcétera, pero también con rasgos topográficos, geológicos y asimismo fenómenos naturales con alta incidencia en la calidad ambiental: montañas que atrapan los vientos, exceso de agua en época de lluvias, zona sísmica, entre otros. De acuerdo con la regionalización ecológica del territorio mexicano, la ZMCM se localiza en la parte este de la región conocida como Sistema Neovolcánico Transversal, formando parte también del ecosistema de Bosque Templado y de la región fisiográfica llamada Eje Neovolcánico. Se sitúa en un cuadrante geográfico entre los 19° 03' y 19° 54' de latitud norte, y los 98° 38' y 99° 31' de longitud oeste, compartiendo las características físico-geográficas de distintas entidades federativas que son: Distrito Federal, Hidalgo, Morelos, México, Puebla y Tlaxcala, y que delimitan o integran la región metropolitana (cuadro 2.1.1)¹.

¹ FUENTE: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2000. Aguascalientes, Ags, 2002.

Cuadro 2.1.1 Ubicación Geográfica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. 2002

Coordenadas geográficas extremas.	Al norte 19°54' de latitud norte, extremo norte del municipio Zumpango, Mex. Al sur 19°03' de latitud norte, extremo sur de la delegación Milpa Alta, D.F. Al este 98°38' longitud oeste, extremo occidental del municipio Texcoco, Mex. Al oeste 99°31' de longitud oeste, extremo oriental del municipio Nicolás Romero, Mex.
Porcentaje territorial	La Zona Metropolitana de la Ciudad de México representa el 0.25% de la superficie total del país y 100% del Distrito Federal mas el 15.6% del Estado de México.
Colindancias.	La Zona Metropolitana de la Ciudad de México colinda al norte con el estado de Hidalgo y municipios del estado de México; al sur con el estado de Morelos y municipios del estado de México; al este con los estados de Puebla y Tlaxcala, y municipios del Estado de México; al oeste con municipios del estado.

Por su latitud, la ZMCM se ubica en la cobertura del Trópico de Cáncer y alcanza el extremo sur de la Región Neártica, con sus correspondientes climas templados y semifríos, además de la característica de ser territorio propicio para el intercambio de especies faunísticas a través de las barreras naturales entre las regiones biogeográficas; este intercambio se ha visto afectado por las actividades humanas, que han provocado en el territorio, la contaminación del aire y del agua que no reconoce fronteras (ver Mapa 2.1.1).

La ciudad de México tiene una altitud media de 2 240 metros sobre el nivel del mar (msnm), está rodeada por grandes sierras con alturas mayores a los 4000 msnm. Por estas características, presenta condiciones adversas para el suministro de agua proveniente de las corrientes naturales existentes en las cuencas cercanas, lo mismo que para la disipación de los gases en la atmósfera y el óptimo rendimiento de la combustión en la quema de hidrocarburos.

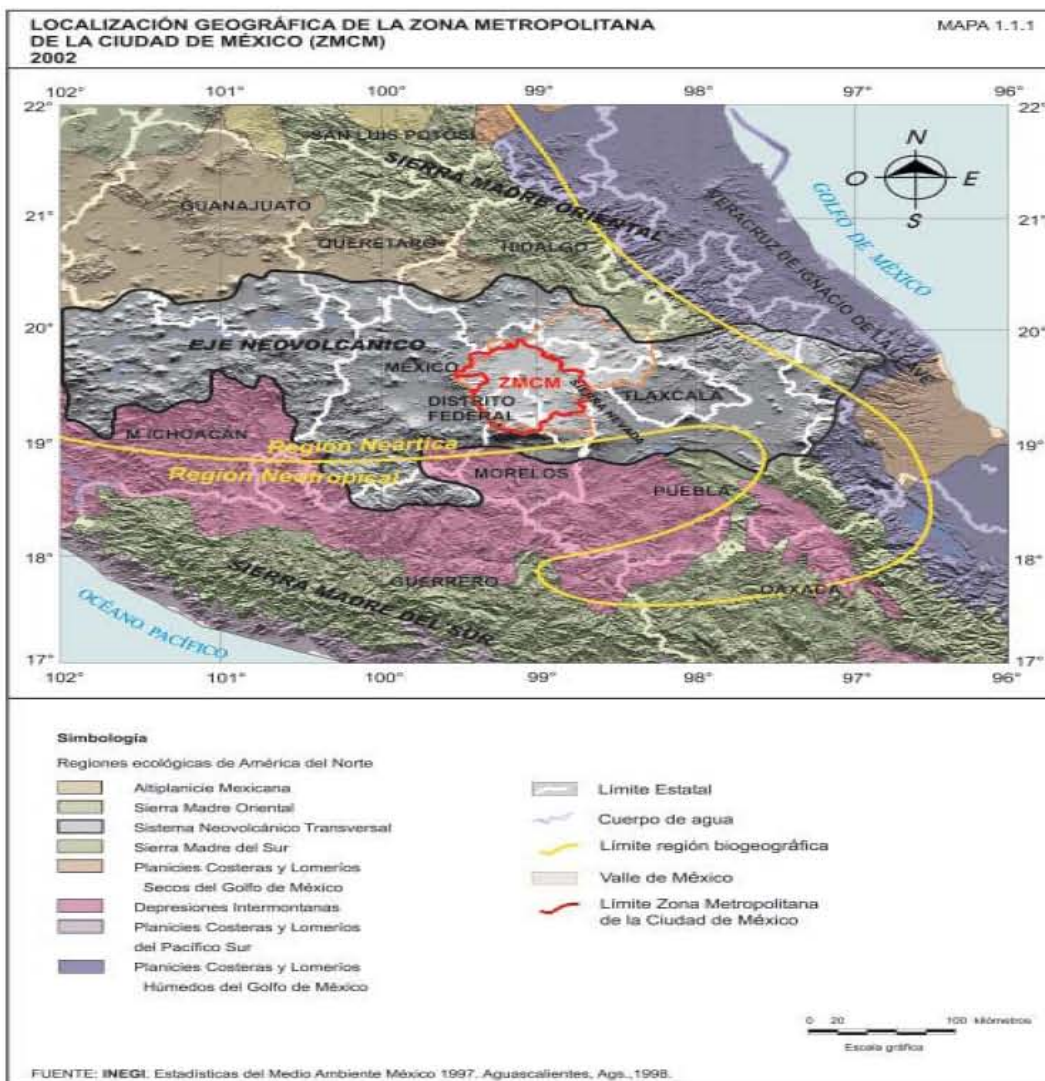
Es importante destacar que las partes altas que rodean a la ZMCM y otras menores en su interior proporcionan servicios ambientales como: recarga de acuíferos, asimilación del bióxido de carbono, vegetación para diversos fines, materiales para construcción de viviendas y edificios, etcétera. Dado que algunas zonas han sido invadidas y modificadas, lo mismo en su forma natural como en la función que desempeñan hacia los otros ecosistemas, éstos han ido desapareciendo y alterando el funcionamiento de las grandes regiones ecológicas de las que formaban parte.

La ZMCM se ubica en la cuenca de México o Valle de México, ocupando una extensión de poco menos del 50% de su territorio, pero su afectación al medio ambiente trasciende al resto de la cuenca y a las cuencas vecinas, manifestándose en problemas severos de deterioro y vulnerabilidad ambiental. Aunque no está cercana a la costa, se presentan vientos húmedos, que al chocar con las partes altas, provocan

precipitaciones y parte de éstas se integran a los ríos en cuyos cauces se han construido presas para regular el escurrimiento a través de la ciudad de México, por donde cruzan entubados hasta el gran canal del desagüe. La posición geográfica y la topografía ocasionan que la ZMCM sea afectada por sistemas de circulación atmosférica que definen claramente dos épocas climáticas: la húmeda (junio-octubre) y la seca (noviembre-marzo). Durante la primera, los vientos alisios procedentes del mar coadyuvan a la presencia y aumento de la precipitación, a diferencia de los meses invernales en los que dominan los vientos del oeste asociados a las condiciones de sequía.

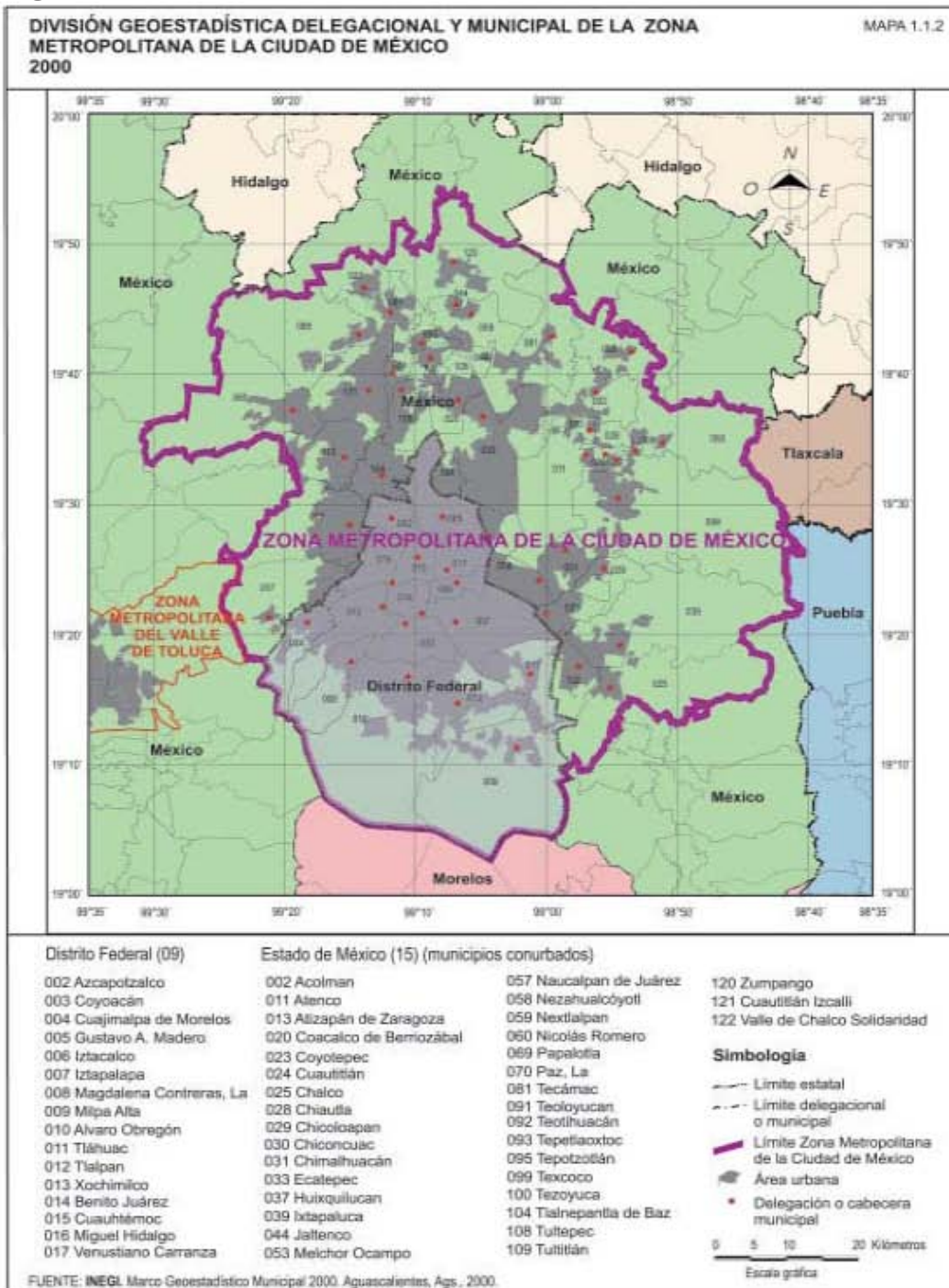
Las altitudes mayores a los 2 000 msnm, en estrecha relación con la temperatura, definen dos zonas térmicas para la ZMCM: la zona templada, con temperatura media anual entre 12° y 18° C, asociada con altitudes cercanas a 2 000 msnm y hasta 2 800 o 2 900 msnm, y la zona semifría, caracterizada por una temperatura media anual entre 5° y 12° C para altitudes mayores entre 2000 y 4 000 msnm.

Mapa 2.1.1 Localización geográfica de Z.M.C.M.



El área metropolitana de la Ciudad de México abarca las 12 delegaciones y los municipios. Con base en los últimos trabajos realizados por el INEGI en el 2000.

Mapa 2.1.2. División geostatística Delegacional y Municipal de la Z.M.C.M.



CAPITULO 3

3. OZONO. GENERALIDADES.

El ozono se encuentra naturalmente en la atmósfera. La mayor parte del ozono, aproximadamente el 90%, se encuentra a unos 20 Km. de altura, en la estratosfera, y comúnmente se le conoce como capa de ozono o ozonósfera que es beneficiosa porque nos protege de las radiaciones ultravioletas (rayos UV) provenientes del sol. En realidad se trata de una capa dinámica: las moléculas de ozono se están formando y destruyendo constantemente, absorben los UV en ambos procesos y evitan que estos puedan llegar a la tierra; el 10% restante se encuentra en la troposfera. Dependiendo de su ubicación en la atmósfera el ozono puede ser considerado como benéfico o como contaminante. El ozono situado en la troposfera, la capa de la atmósfera mas cercana a la superficie -entre el suelo y unos 10 Km- es el ozono troposférico. Parte del ozono troposférico es de origen natural. Es el caso del formado a partir de los óxidos de nitrógeno (NO_x) presentes de manera natural en la atmósfera y de los compuestos orgánicos volátiles (COV) biogénicos - los emitidos, fundamentalmente, por plantas aromáticas-; pero, también, el proveniente de intrusiones de ozono estratosférico (el 23 % del total) o el que se forma en las descargas eléctricas de una tormenta.

El ozono, a causa de la acción del hombre, puede encontrarse en concentraciones superiores a las naturales. En este caso, puede ser considerado un contaminante atmosférico.

No obstante, el ozono es un contaminante secundario, es decir, no emitido directamente a la atmósfera, sino formado a partir de reacciones fotoquímicas (activadas por la luz solar) entre contaminantes primarios. Concretamente, se forma ozono cuando coexisten los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y una radiación solar intensa a lo largo de un período de tiempo suficientemente largo (un mínimo de varias horas). Así pues, la época típica de los máximos de ozono coincide con la primavera y principios de verano. Los principales precursores del ozono (NO_x y COV) se emiten de manera natural o como consecuencia de las actividades humanas.

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL OZONO

El ozono es un gas bien conocido por su función protectora en la alta atmósfera, constituyendo lo que se ha venido llamando capa de ozono. La capa de ozono ha sido seriamente dañada como consecuencia, entre otros factores, del cloro y bromo contenido en muchos de nuestros productos de consumo diario (sprays, refrigeración, espumas, pesticidas, etc.). Diferente es el caso del ozono cuando se sitúa en nuestros niveles atmosféricos, donde el ozono actúa como un peligroso contaminante capaz de provocar daños en la salud humana, animales,

cultivos y materiales, además de contribuir a incrementar el efecto invernadero.

El ozono se crea de las reacciones de la luz solar con los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre que contaminen la atmósfera. Se podrá decir que hay cientos de fuentes distintas que producen estos dos tipos de contaminantes, algunos son los vapores de gasolina, los solventes químicos y la combustión de diversos compuestos.

Se forman casi en cualquier sitio, desde las grandes industrias, las estaciones de gasolina, las pequeñas fábricas o las tintorerías. Estos lugares se encuentran generalmente en zonas donde la temperatura ambiente, la radiación solar y el tránsito vehicular facilitan las reacciones para la formación de ozono.

3.1.1 PROPIEDADES DEL OZONO.

Los oxidantes fotoquímicos son contaminantes secundarios; es decir, no son descargados directamente a la atmósfera sino que se forman a través de una serie de reacciones químicas catalizadas por la radiación solar. De estos, el ozono es el compuesto más abundante en las atmósferas urbanas.

El ozono es un gas incoloro en todas las concentraciones experimentadas en la industria. Tiene un olor ocre característico asociado generalmente a las chispas y a las tormentas eléctricas. El olor es generalmente perceptible por la nariz humana es concentraciones entre 0.02 y 0.05 ppm, lo que es aproximadamente 1/100^{avo} del nivel de exposición recomendado en 15 minutos.

El ozono es un gas inestable que se descompone en oxígeno diatómico (O_2) a las temperaturas normales. La descomposición es acelerada por el contacto con las superficies sólidas, por el contacto con las sustancias químicas y por el efecto del calor.

El ozono es una molécula formada por 3 átomos de oxígeno y es una forma alotrópica del oxígeno. Químicamente es muy activo, es un oxidante muy fuerte por lo que se usa como germicida (mata organismos infecciosos). Se descompone rápidamente en oxígeno a temperaturas mayores a 100°C y a temperatura ambiente en presencia de catalizadores como el dióxido de manganeso, MnO_2 .

Tanto el oxígeno atómico (O) como el ozono (O_3) son muy reactivos y al reaccionar con los hidrocarburos olefínicos producen aldehídos, cetonas y alcoholes. El ozono absorbe las radiaciones ultravioleta de 300 nanómetros de longitud de onda la cual es mortífera para los seres vivos. Los rayos ultravioleta tipo B de 280 a 320 nanómetros producen mutaciones genéticas en el ADN (ácido desoxirribonucleico) lo que

propicia el cáncer de piel, melanoma y cataratas. Además debilita al sistema inmunológico de los organismos lo que los hace propensos a las enfermedades como la gripa, la influenza y el asma, y disminuye el proceso de fotosíntesis de las plantas y por lo tanto la producción de alimentos. Se calcula que hay 12 ppm de ozono en la atmósfera lo que indica que debemos evitar destruirlo con los productos químicos que lo destruyen.

El ozono ayuda a conservar la vida de 2 maneras:

- 1) al absorber las radiaciones ultravioleta
- 2) al contribuir a mantener el equilibrio térmico de la atmósfera.

Debido a su gran reactividad química el ozono se usa en ocasiones para combatir el mal olor de gases de desecho como los producidos en el tratamiento de aguas negras, porque los oxida formando productos menos mal olientes. Las concentraciones de ozono para estos tratamientos varía entre 10 y 20 ppm, concentraciones que serían fatales para el hombre. Para los trabajadores industriales sanos la concentración máxima permisible de ozono es de 0.1 ppm en una jornada de 8h.

La inhalación del ozono presente en el smog fotoquímico ocasiona tos, dificultad para respirar, irritación en la nariz y la garganta, aumenta las molestias y agrava las enfermedades crónicas como el asma, bronquitis, enfisema (es incurable y reduce la capacidad de los pulmones para transferir oxígeno a la sangre) y trastornos cardiacos.

El ozono atmosférico lo producen principalmente los motores eléctricos, los relámpagos y la radiación ultravioleta solar con el oxígeno del aire. La capa de ozono es adelgazada o destruida por sustancias oxidantes como algunos hidrocarburos clorados, compuestos de nitrógeno y otros.

Reacciones químicas de formación y descomposición del ozono:

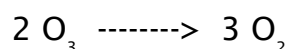
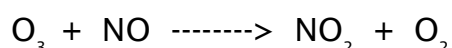
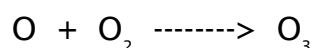
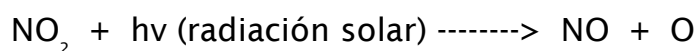


Tabla 3.1.1 Propiedades del Ozono.

Fórmula molecular	O ₃
Característica principal	Gas oxidante
Peso molecular	48,0
Concentración	De hasta 18% por el peso en oxígeno
Punto de ebullición	-111,9°C
Punto de fusión	-192,7°C
Temperatura crítica	-12,1°C
Presión crítica	54,6 atmósferas
Densidad	2,14 kg O ₃ /m ³ a 0°C y 1013 mbar
Densidad relativa (al aire)	1,7
Solubilidad en agua	3 ppm a 20°C
Calor de formación	144,7 kJ/mol
Ángulo de enlace	116°
Potencial electroquímico	-2,07 V
Punto de vaporización	no aplicable
Temperatura de auto ignición	no aplicable
Inflamabilidad	Inflamable, pero vigoroso para apoyar la combustión
Productos peligrosos de la descomposición	ninguno

3.1.2 CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO.

Los efectos de la contaminación del aire pueden variar desde la simple irritación transitoria hasta enfermedades agudas o incluso la muerte.

La contaminación por ozono tiene una serie de rasgos propios que le dan un comportamiento original. A diferencia de otros contaminantes que son emitidos directamente por sus fuentes, el ozono surge a partir de productos precursores en presencia de abundante luz solar, motivo por el que se le define como contaminante secundario; este se produce en la atmósfera como resultado de reacciones fotoquímicas entre contaminantes primarios, principalmente los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos. Los precursores son los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, ambos muy frecuentes en las atmósferas urbanas e industriales.

El ozono no es un problema exclusivo de la Ciudad de México sino también de áreas urbanas de países con alto desarrollo tecnológico y con programas avanzados de control de la contaminación atmosférica

Los efectos del ozono se magnifican por la presencia de otras variables ambientales, y existe evidencia de que son acumulativos.

Las investigaciones indican que los efectos del ozono están relacionados más de cerca con la exposición acumulativa diaria que con las concentraciones máximas de una hora.

El ozono al ser un contaminante criterio para la calidad del aire, se encuentra normado, bajo la norma NOM-020-SSA-1993, emitida por la secretaria de salud, la cual establece el valor normado para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población.

En esta norma establece que: La concentración de ozono, como contaminante atmosférico, no debe rebasar el límite máximo de 0.11 ppm, o lo que es equivalente a $216 \mu/m^3$, en una hora, una vez al año, en un periodo de tres años, para protección a la salud de la población susceptible.

3.2. EFECTOS EN LA SALUD.

En la Ciudad de México y otras zonas ampliamente pobladas como Guadalajara, Monterrey con frecuencia se rebasan los límites de ozono tolerables para la salud.

El ozono se considera como uno de los contaminantes de mayor preocupación en la actualidad, ya que es altamente oxidante y afecta a los tejidos vivos, se asocia con diversos padecimientos en la salud humana. El órgano blanco principal del ozono, es el pulmón. Los individuos que viven en zonas donde se registran regularmente concentraciones altas de ozono, presentan diversos síntomas, como: infecciones respiratorias agudas, tos, flemas, silbilancias, atrofia de mucosa nasal, irritación de ojos, disminución de la función ventilatoria, visitas de emergencia por ataque de asma, irritación de nariz y garganta, tos, dificultad y dolor durante la respiración profunda, dolor subesternal, opresión en el pecho, malestar general, debilidad, náuseas y dolor de cabeza. Por otra parte, los daños por exposición a ozono dependen de la sensibilidad de cada individuo y del tipo de exposición.

Entre los grupos de la población con mayor susceptibilidad por exposición a concentraciones de ozono destacan:

1. Niños y adultos mayores. Debido a la susceptibilidad de su sistema inmunológico estos grupos se consideran como los más vulnerables a los efectos del ozono, ya sea por la posibilidad de desarrollar alguna enfermedad debido a una exposición de largo plazo o por muerte prematura.
2. Personas con enfermedades respiratorias. La exposición a ozono puede empeorar el estado de salud de personas que padecen

enfermedades pulmonares crónicas, tales como el enfisema y la bronquitis. No existe evidencia de que el ozono cause estas enfermedades; sin embargo, estas personas sienten los efectos del ozono antes que personas consideradas sanas. En personas que padecen enfisema, la exposición a concentraciones entre 0.1 y 0.15 ppm disminuye el consumo y la cantidad de oxígeno arterial. En personas asmáticas se presentan ataques en días con concentraciones superiores a 0.13 ppm.

3. Personas que realizan actividades al aire libre. Los adultos saludables que realizan ejercicio o trabajo al aire libre se consideran un grupo potencial de padecer los efectos causados por el ozono, sobre todo los debidos a una exposición a corto plazo o exposición aguda. Algunas personas consideradas sanas pueden ser más susceptibles al ozono en comparación de otras. La exposición a concentraciones de 0.05 ppm provoca disminución de la capacidad pulmonar. En situaciones de exposición por periodos de 8 horas a concentraciones de 0.03 ppm de ozono, cualquier persona, aun consideradas sanas, presentan irritación nasal y de garganta; las personas fumadoras presentan dificultad para respirar y agotamiento. En los atletas la exposición a concentraciones de 0.3 ppm durante una hora, reduce su condición física, provoca tos e irritación del aparato respiratorio.

El ozono afecta a los demás seres vivos. Animales y vegetales expuestos a altas concentraciones de ozono en las capas bajas de la atmósfera sufren importante deterioro en la salud.

En la tabla 3.2.1¹ se observa el efecto que tiene en la salud el aumento en los niveles de contaminación. Estos efectos pueden ir desde el aumento en molestias respiratorias, el aumento en la visita a las salas de emergencia, ausentismo escolar y días de actividad restringida, hasta el aumento en los casos de muertes.

¹ FUENTE: : Harvard School of Public Health, Boston, MA., Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México City Air Pollution and Human Health, México, D.F., 2000.

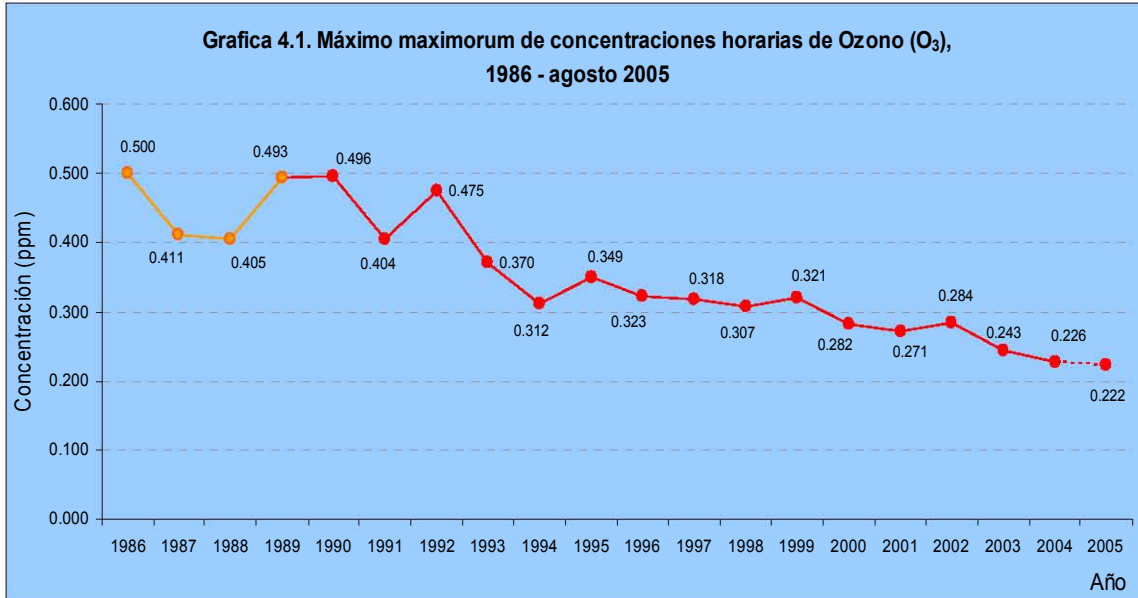
Tabla 3.2.1. Funciones exposición respuesta en la ZMVM-población general.

	% de cambio por 10 ppb de O ₃	% de cambio por cada 10 mg/m ³ de PM ₁₀	% de cambio por cada 10 mg/m ³ de PM _{2.5}
Mortalidad diaria		0.6	
Mortalidad crónica		3	
Mortalidad prematura	1		
Mortalidad total			1.7
Niños			6.3
Personas mayores			2.3
Bronquitis crónica		10	
Ausentismo escolar en niños	0.11		
Días de actividad restringida	2		

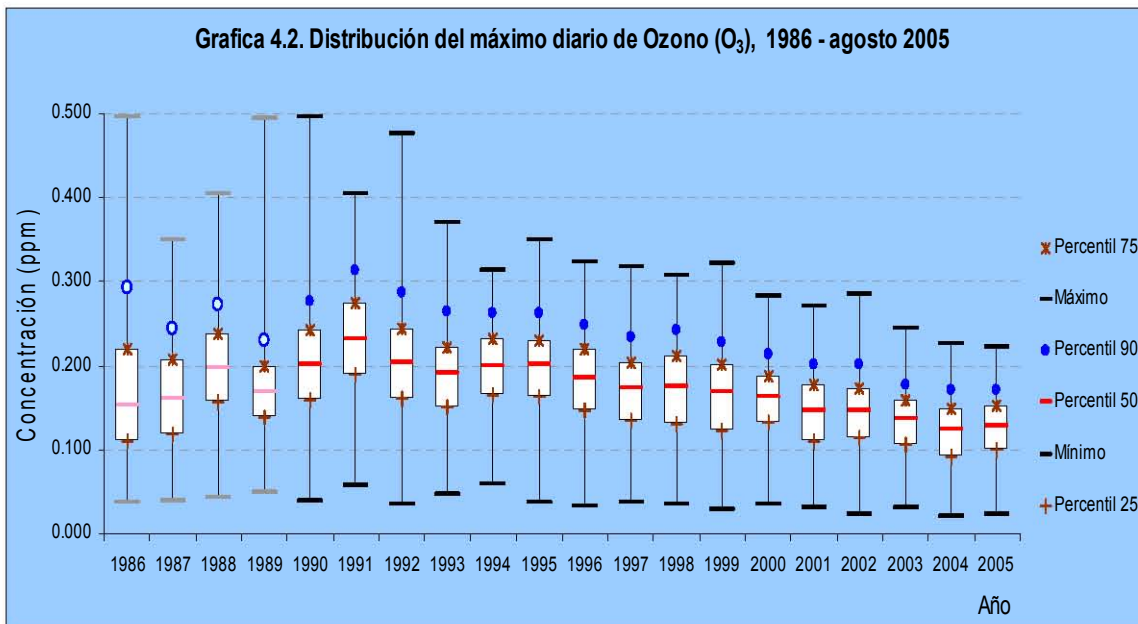
CAPITULO 4

4. DESCRIPCION DE ESCENARIOS.

Las concentraciones de O₃ registradas de 1990 a 2004, en las estaciones de monitoreo del SIMAT con mejor desempeño histórico, presentan un comportamiento decreciente paulatino como se muestra en la grafica 4.1.



Durante este período, el análisis de tendencia de las concentraciones altas de O₃ (percentil 90), indican una disminución significativa del 42%. Así mismo, las concentraciones típicas (percentil 50) presentan un decremento del 43% como se observa en la grafica 4.2.



4.1 CONCENTRACIÓN DE OZONO 1996.

A lo largo de la década de los 90's, hubo una reducción gradual de las concentraciones de ozono que ocurren en la ZMCM. Sin embargo el ozono rebasa el límite establecido por la norma de protección a la salud (0.11 ppm, 1 hora, una vez al año); desde 1995, la concentración máxima diaria de toda la ZMCM rebasa el valor de esta norma en cerca del 88% de los días del año.

Tabla 4.1.1 Promedio anual de emisiones de ozono (O₃) por estación 1996 en la ZMCM

Estación		1996	Norma (ppm)
Lagunilla.	Lag.	0.041	0.11
Tacuba.	Tac.	0.042	0.11
ENEP-Acatlan	Eac.	0.041	0.11
San Agustin.	Sag.	0.031	0.11
Azcapozalco.	Azc.	0.042	0.11
Tlanepantla.	Tla.	0.037	0.11
Xalostoc.	Xal.	0.028	0.11
Merced.	Mer.	0.033	0.11
Pedregal.	Ped.	0.045	0.11
Cerro de la Estrella	Ces.	0.036	0.11
Plateros.	Pla.	0.043	0.11
Hangares.	Han	0.035	0.11
UAM-Iztapalpa	Uiz.	0.040	0.11
Benito Juarez	Bju	0.043	0.11
Taxqueña.	Tax	0.039	0.11
Cuajimalpa.	Cua	0.053	0.11
Tlalpan.	Tpn	0.054	0.11
Chapingo.	Cha	0.039	0.11
Tlahuac.	Tah	0.050	0.11

Tabla 4.1.2 Promedio anual del máximo diario para el año 1996 y número de horas que se rebasa la concentración de ozono (0.11 ppm).

Estación.		Conc. Max de[O ₃] ppm	Numero de Horas cuando [O ₃] > 0.11
Lagunilla.	Lag.	0.279	752
Tacuba.	Tac.	0.317	928
ENEP-Acatlan	Eac.	0.287	690
San Agustin.	Sag.	0.208	170
Azcapozalco.	Azc.	0.280	772
Tlanepantla.	Tla.	0.262	568
Xalostoc.	Xal.	0.288	216
Merced.	Mer.	0.221	564
Pedregal.	Ped.	0.323	1124
Cerro de la Estrella	Ces.	0.231	541
Plateros.	Pla.	0.291	1039
Hangares.	Han	0.219	587
UAM-Iztapalpa	Uiz.	0.248	527
Benito Juarez	Bju	0.279	832
Taxqueña.	Tax	0.242	652
Cuajimalpa.	Cua	0.284	740
Tlalpan.	Tpn	0.266	758
Chapingo.	Cha	0.182	137
Tlahuac.	Tah	0.310	565

En las tablas 4.1.2 y 4.2.2¹ se observa que la evolución del comportamiento del ozono (O₃) del promedio anual máximo muestra una disminución en la concentración de este. Esto sugiere una disminución del riesgo por exposición a niveles altos de ozono en periodos prolongados y de manera indirecta señala la eficiencia de los programas de prevención y control.

4.2 CONCENTRACIÓN DE OZONO 2004.

En el 2004 presenta el menor porcentaje de días con concentraciones superiores al límite de la norma. La época del año con el mayor porcentaje de días que presentan concentraciones superiores al límite de O₃ en 2004 es la seca fría.² Sin embargo aun se esta muy lejos de tener una calidad del aire aceptable.

¹ Datos obtenidos en la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) de los años 1996 y 2004.

² FUENTE. Informe del estado de la Calidad el Aire y tendencias 2004. Secretaria del Medio Ambiente.

Tabla 4.2.1. Promedio anual de emisiones de ozono (O₃) por estación 2004 en la ZMCM

Estación		2004	Norma (ppm)
Lagunilla.	Lag.	0.026	0.11
Tacuba.	Tac.	0.028	0.11
ENEP-Acatlan	Eac.	0.030	0.11
San Agustin.	Sag.	0.026	0.11
Azcapozalco.	Azc.	0.029	0.11
Tlanepantla.	Tla.	0.024	0.11
Xalostoc.	Xal.	0.023	0.11
Merced.	Mer.	0.024	0.11
Pedregal.	Ped.	0.031	0.11
Cerro de la Estrella	Ces.	0.023	0.11
Plateros.	Pla.	0.029	0.11
Hangares.	Han	0.024	0.11
UAM-Iztapalpa	Uiz.	0.029	0.11
Benito Juarez	Bju	0.028	0.11
Taxqueña.	Tax	0.022	0.11
Cuajimalpa.	Cua	0.036	0.11
Tlalpan.	Tpn	F.O*	0.11
Chapingo.	Cha	0.033	0.11
Tlahuac.	Tah	0.034	0.11
SUR	SUR	0.032	0.11

*F.O Fuera de Operación.

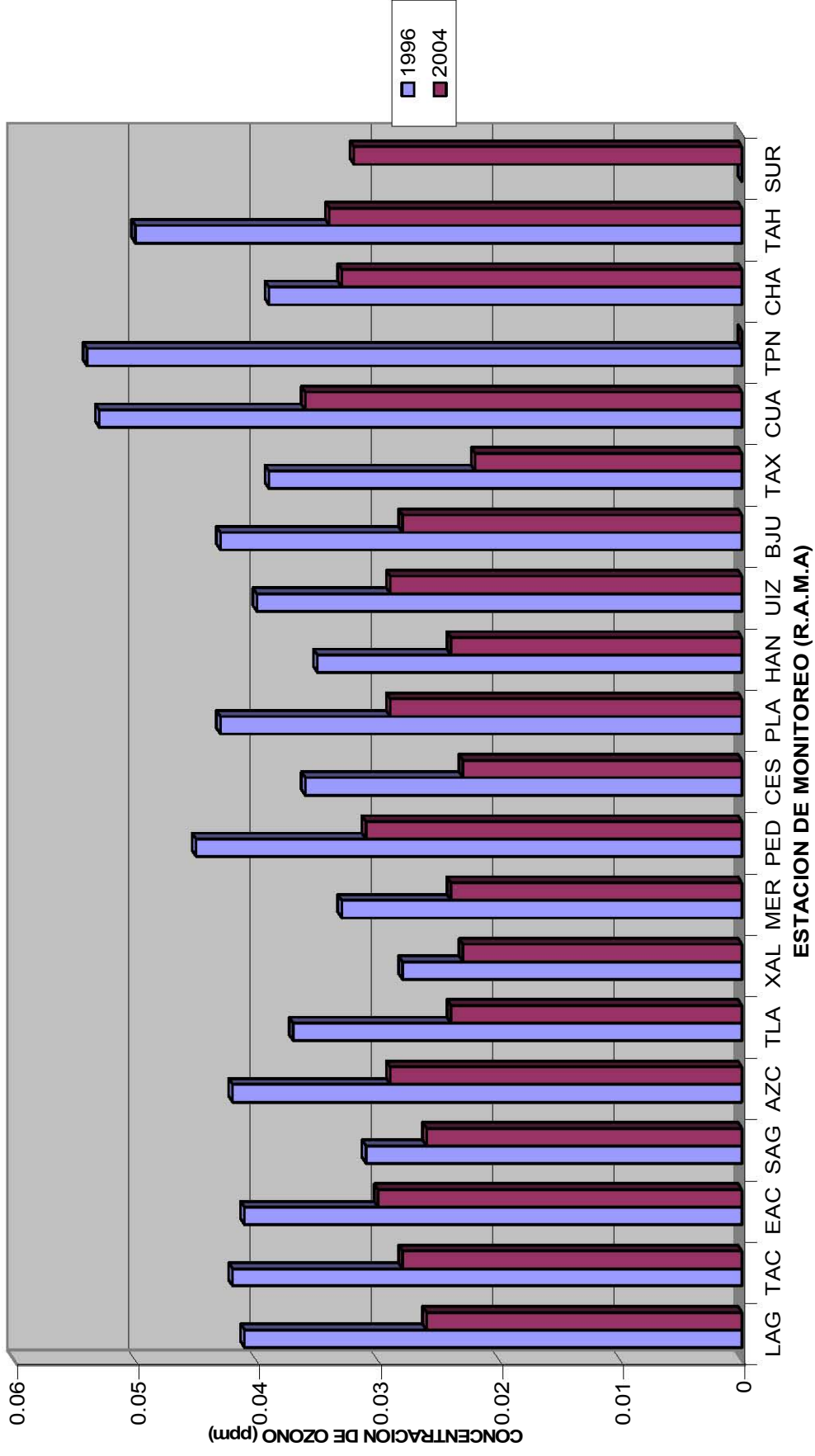
Tabla 4.2.2 Promedio anual máximo diario para el año 2004 y numero de horas que se rebasa la concentración de ozono (0.11 ppm).

Estación.		Conc. Max de[O ₃] ppm	Numero de Horas cuando [O ₃] > 0.11
Lagunilla.	Lag.	0.186	212
Tacuba.	Tac.	0.203	239
ENEP-Acatlan	Eac.	0.211	226
San Agustin.	Sag.	0.163	66
Azcapozalco.	Azc.	0.212	268
Tlanepantla.	Tla.	0.193	143
Xalostoc.	Xal.	0.162	71
Merced.	Mer.	0.183	157
Pedregal.	Ped.	0.218	313
Cerro de la Estrella	Ces.	0.171	123
Plateros.	Pla.	0.197	346
Hangares.	Han	0.187	129
UAM-Iztapalpa	Uiz.	0.177	245
Benito Juarez	Bju	0.213	353
Taxqueña.	Tax	0.185	61
Cuajimalpa.	Cua	0.193	304
Tlalpan.	Tpn	F.O	0
Chapingo.	Cha	0.186	84
Tlahuac.	Tah	0.198	199
Sur	Sur	0.226	438

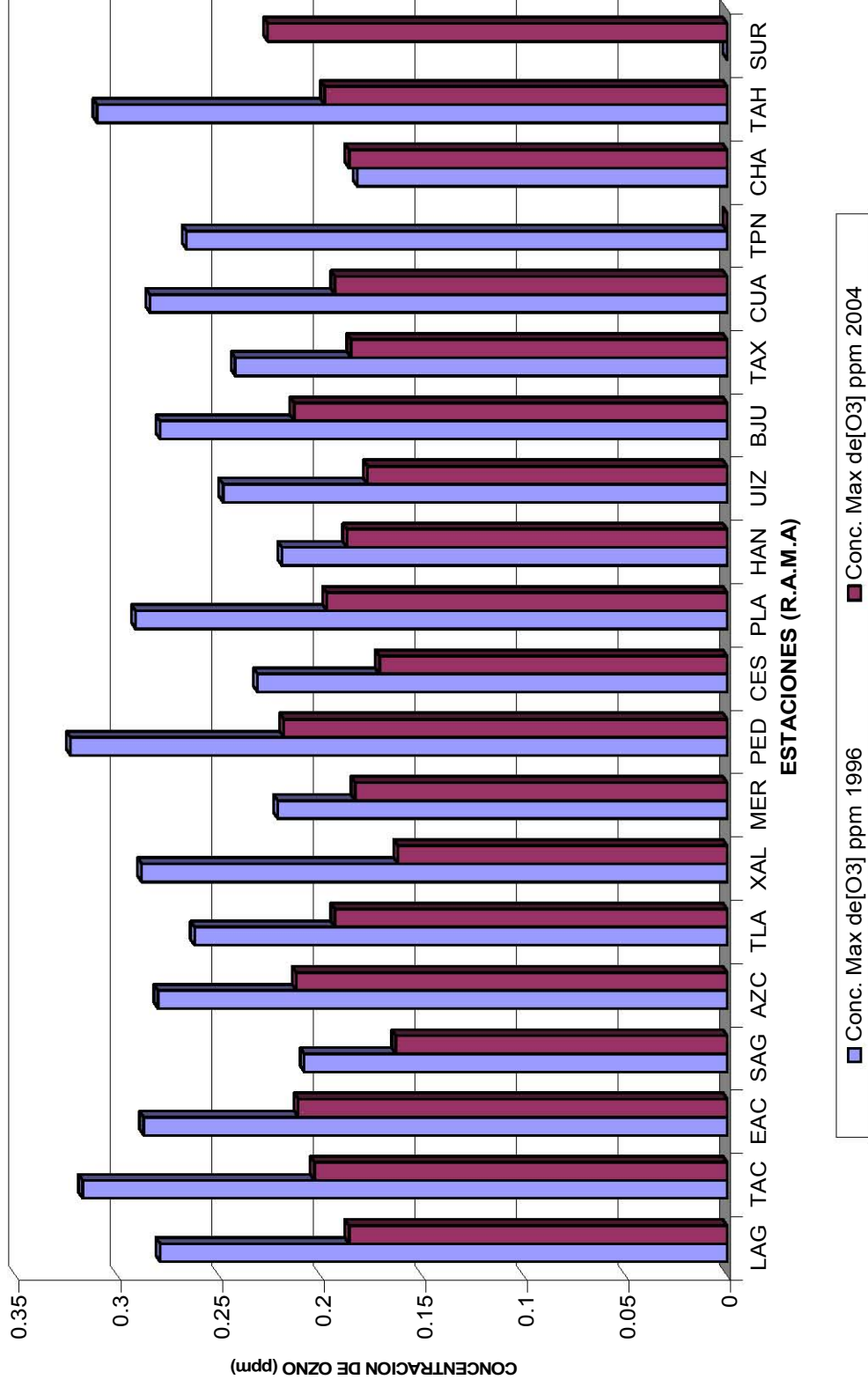
En la grafica 4.2.1 se observa una disminución de concentración de ozono del año 1996 al año 2004.

Finalmente, es interesante señalar que aun cuando el consumo energético total aumento entre 1995 y el 2000, el promedio anual del máximo diario de ozono mostró una reducción de sus niveles. Ver grafica 4.2.2.

GRAFICA 4.2.1 CONCENTRACION DE OZONO 1996-2004



GRAFICA 4.2.2 CONCENTRACION MAXIMA DE OZONO (1996vs2004)



CAPITULO 5

5. RESULTADOS.

Antes de empezar a correr un análisis con BenMAP, se necesita definir y cargar varios tipos de datos. Para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se obtuvieron datos de la calidad del aire que produce la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) para el año 1996 y 2004, así como también información sobre la población de México en un formato especial para el programa de BenMAP. Para cargar estos datos al programa se va a la parte superior izquierda de la ventana principal de BenMAP que tiene dos opciones: Tools y Help, en tools el menú proporciona el acceso a la importación y exportación de datos etc. Con *Database Import* se cargan los datos para la Ciudad de México.

En Modify Setup que se encuentra en Tools se definen y cargan varios tipos de datos. BenMap encapsula los datos necesarios para correr un análisis para una determinada área geográfica, en este caso serán de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México dentro de una configuración (Setup). Estos datos consisten en la definición de celdas, agentes contaminadores -para este caso será el ozono- datos de monitoreo, rangos de incidencia, datos de la población, funciones de concentración-respuesta.

Definidos los datos de ozono para México se empieza a correr el programa.

1. Creación de las Mallas de Calidad del Aire.

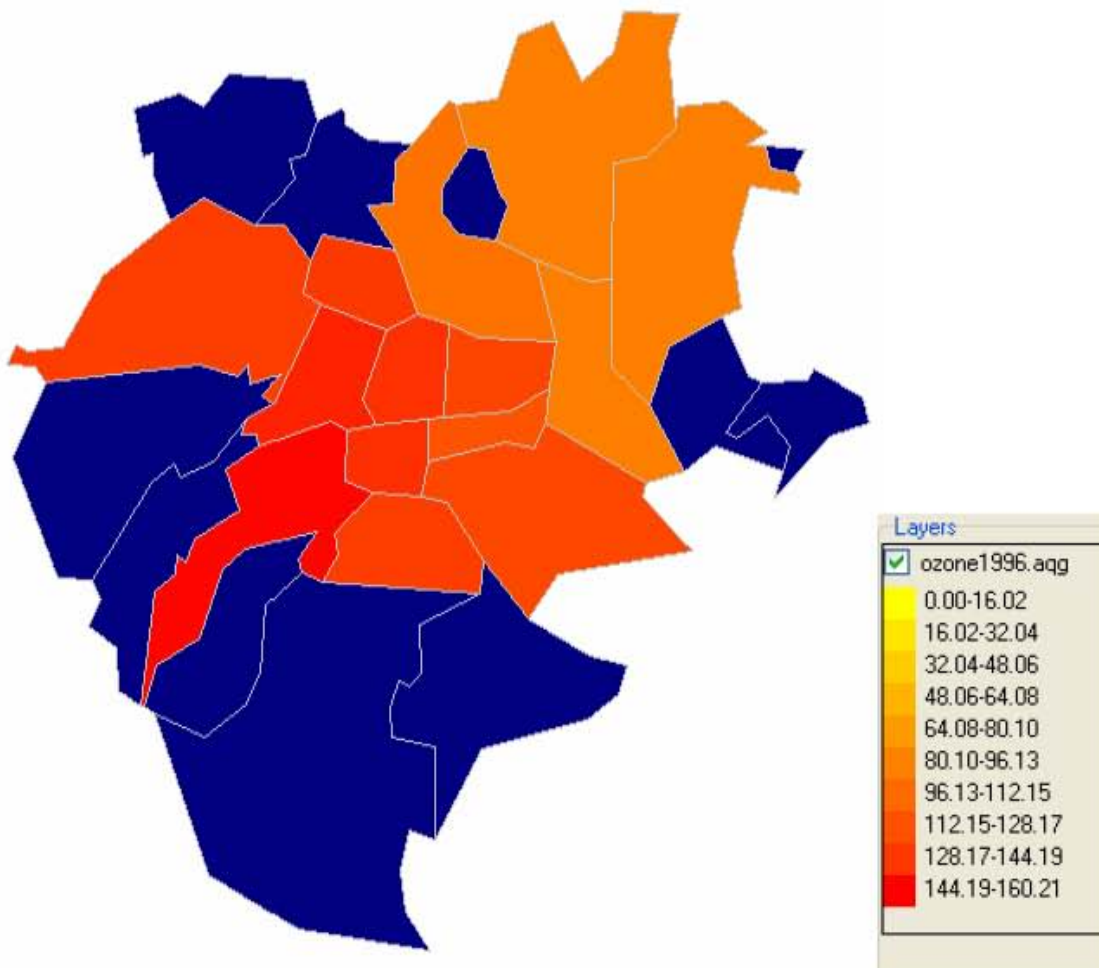
El primer paso para el análisis es crear una malla con celdas de datos de la calidad de aire, que necesita el programa BenMAP. En general, se necesitan dos mallas de calidad del aire para poder llevar a cabo el análisis de beneficios, una es la del escenario de base y la otra es la del escenario control.

El botón de Create Air Quality Grid crea las mallas de calidad de aire, que contiene estimaciones del nivel de la población expuesta a la contaminación atmosférica. Para generar estas mallas de calidad del aire, se puede usar modelos de calidad del aire y datos de monitoreo de la calidad del aire en tres diferentes formas.

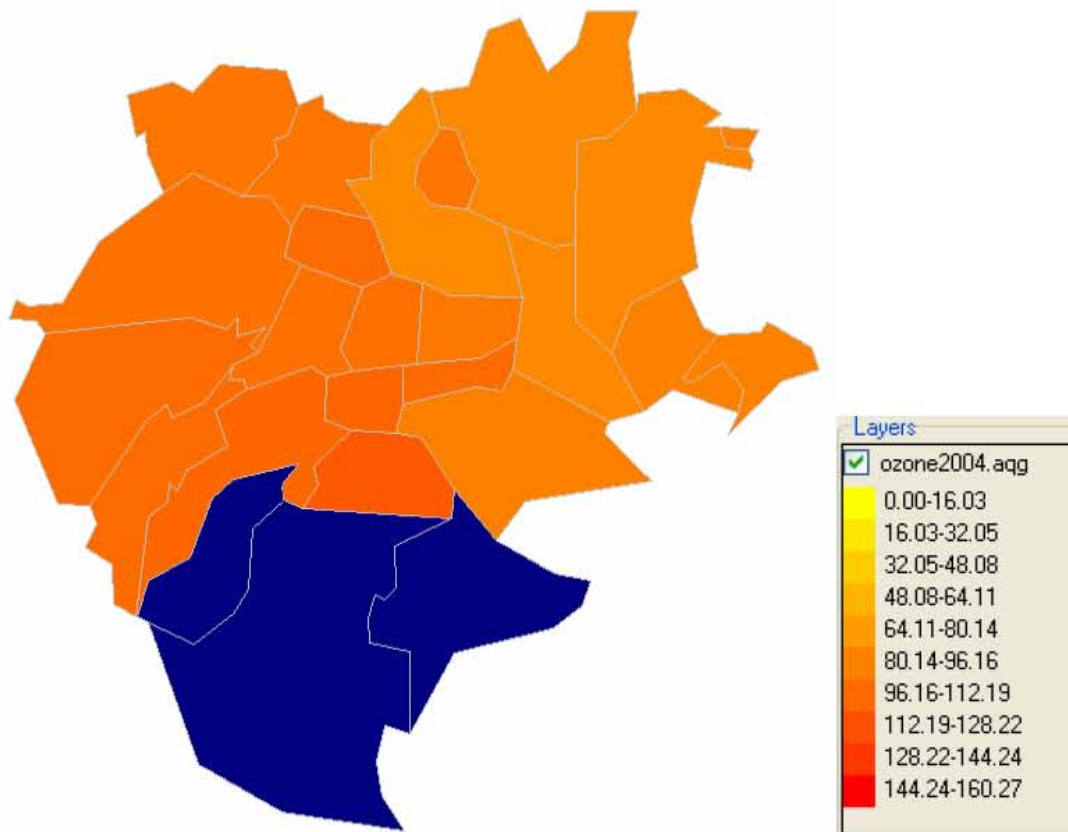
En este caso se usó el Monitor Direct en la ventana de Air Quality Grid Creation, que usa datos provenientes directamente de monitoreo de la contaminación atmosférica para estimar los niveles de contaminación en el aire para cada una de las celdas seleccionadas.

Las Figuras 5.1 y 5.2 muestran los máximos de las concentraciones promedio de 8 horas de ozono. En la Figura 5.1 se puede apreciar que los máximos se encuentran en las delegaciones al centro del DF con un valor de hasta 160 ppb y el mínimo alrededor de 80 ppb. En la figura 5.2 se tienen zonas hasta con 128 ppb y valores mínimos de 63 ppb.

Mapa 5.1. Escenario de ozono 1996.



Mapa 5.2. Escenario de ozono 2004.



Estos archivos se guardan en un sub-directorio llamado “Air Quality Grids” en el directorio de BenMAP con extensión .aqg que BenMAP usa para designar este tipo de archivos.

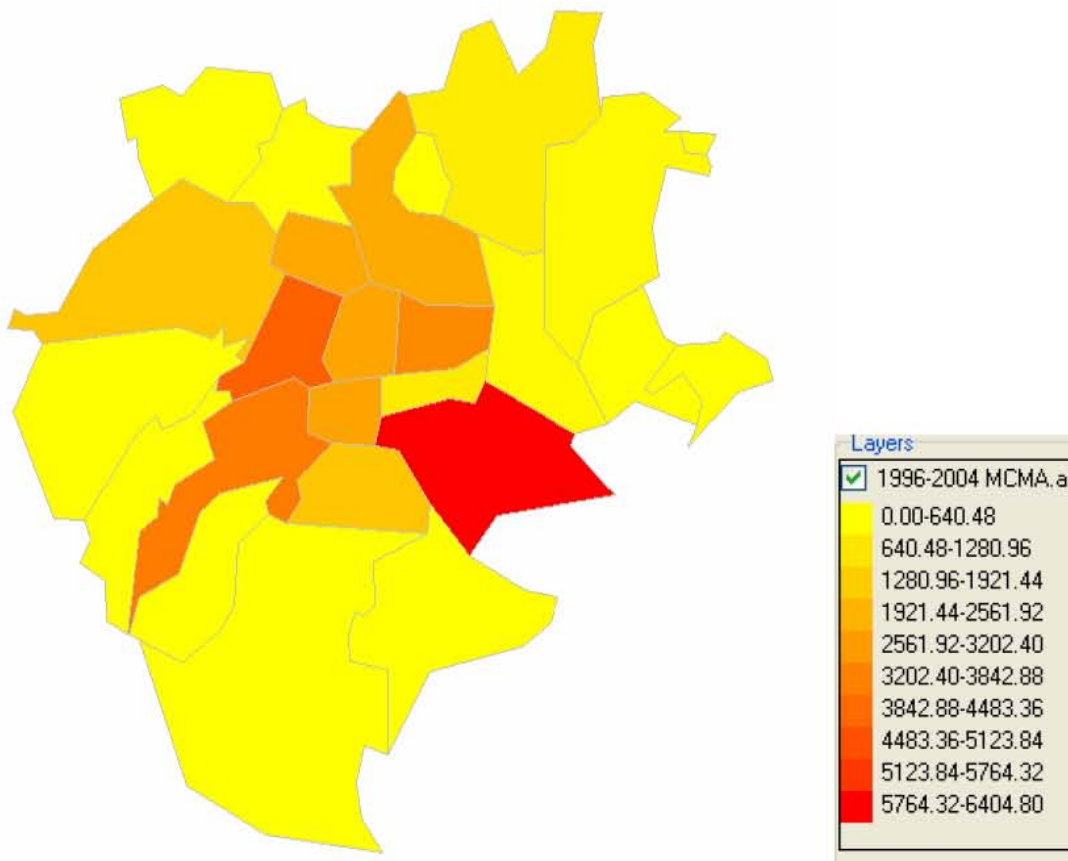
2. En el botón de Create and Run Configuration se crea una nueva configuración, donde se introducen la información básica sobre el análisis antes de seleccionar los efectos a la salud que se desean estimar.

Dentro de Baseline File se introducen los datos de referencia o escenario base que para este caso son lo del ozono en el año de 1996 y en Control File se introducen los datos del escenario de control donde se tienen las reducciones esperadas para este caso es se empleó el de ozono del año 2004.

Esto especifica que se quiere conducir una diferencia de análisis de beneficios entre el escenario de base y el escenario control, que se crearon en el paso anterior. Generando el siguiente mapa 5.3 de incidencia.

En el cual se observa que la mayor reducción se da en la delegación de Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón y Venustiano Carranza.

Mapa 5.3. Incidencia por ozono.



Una configuración es un expediente de las opciones que se hace en una estimación de los cambios en los efectos adversos en la salud entre un escenario base y un escenario de control. Las opciones incluyen lo siguiente:

- las rejillas de la calidad del aire para el escenario de base y el escenario de control;
- el año para el análisis;
- el umbral para el análisis

- si el análisis se centrará en una sola estimación del "punto" (Point Mode), o una gama de los resultados que reflejan la variabilidad en las entradas de las funciones C-R (Latin Hypercube Points latino Puntos); y,
- las funciones de concentración-respuesta (C-R) que van a ser usadas en estimar efectos de salud adversos.

Una Función de Concentración-respuesta (C-R) calcula el cambio de los efectos adversos a la salud asociados a un cambio en la exposición al aire contaminación. Una función típica de C-R tiene entradas que especifican la calidad del aire métrico y agente contaminador, características de la población, e índice de la incidencia de los efectos a la salud. La tasa de incidencia da el número promedio de efectos adversos de salud por persona por año.

3. Una vez que se crearon los archivos de las configuraciones de los resultados con los resultados de incidencia basados en las dos celdas de la calidad del aire se utiliza el siguiente botón de Aggregation, Pooling and Valuation para combinar los resultados de incidencia. Se especifica un nivel de agregación para estimaciones previamente calculadas de la incidencia, reunir estas estimaciones agregadas de incidencia, tomar un valor económico de estas agregadas y reunidas estimaciones de incidencia, agrupar estos valores económicos y finalmente reunir y agrupar los valores económicos. Hay varios pasos en este proceso.

- Paso 1. Elegir una determinada estimación de incidencia, con la cual se trabajara. Estos serán cargados en un archivo de Configuración de Resultados, creados en el botón de Create and Run Configuration los cuales son almacenados por BenMAP con una extensión *cfg*.
- Paso 2. Elegir la reunión deseada y la opción de agrupación para los resultados de incidencia.
- Paso 3. Elegir las funciones de valuación económica para aplicar la reunión y agrupación en los resultados de incidencia
- Paso 4. Elegir la reunión deseada y las opciones de agrupación para la valoración económica y elegir el botón de GO! Para empezar la generación de resultados

4. Generación de Reportes.

El botón de Generate Reports permite generar varios tipos de reportes.

- Reportes de *Incidente and Valuation* usados en archivos de Aggregation, Pooling and Valuation (con extensión de “.apvr”) para crear reportes de incidencia, agrupación de incidencia, incidencia agrupada, evaluación, evaluación agregada o resultados reunidos de la valuación. Estos informes son archivos (*.csv) con valores separados con comas (CSV) los cuales se puede leer usando un editor de textos, o por varios programas de las hojas de cálculo, como Microsoft Excel.
- *Raw Incidente Resuts* son usados en el archivo Configuration Results (con una extensión “.cfgr” para crear reportes de los resultados de incidencia. estos reportes genera archivos tipo CSV.

Las tablas muestran los reportes que se generaron para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. (Ver anexo)

El informe de los **Resultado de incidencia** da la oportunidad de examinar los resultados de cada función del impacto a la salud en los niveles de celda. (Tabla 5.1 Ver anexo).

El informe de Resultados de incidencia crudos (Raw Incidente Results) da la oportunidad de examinar los resultados de cada función del impacto a la salud en el nivel de la rejilla-celda, condado, estado, o nivel nacional. Se basa en el archivo de Resultados de la Configuración (con *.extensión del cfgr), y es de otra manera idéntico a los Reportes de los Resultados de la Incidencia generados de la Aggregated, Pooling y los Archivos de los Resultado de valuación. (Tabla 5.3 Anexo).

La Tabla 5.3 (Ver anexo) presenta los resultados del análisis. Las superficies expuestas de población tanto de línea de base y control producen cambios en la población expuesta a la contaminación atmosférica ambiental, los cuales después entran como funciones del impacto de la salud para generar cambios en la incidencia de los efectos de salud. Para este análisis se obtuvo de una población de 10'725,706 habitantes una reducción de incidencia de un 3.55%

De las figuras se puede apreciar que gran parte de la población de la Ciudad de México se encuentra expuesta a altas concentraciones de ozono para 1996 y estas concentraciones que disminuyen para el 2004. Esto tiene como efecto una reducción en la incidencia que representa alrededor de 375,326 habitantes lo cual es alrededor del 3.5% de una población considerada de 10`725,607 habitantes.

CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES.

A partir de este trabajo actualmente ya se cuenta con un programa de evaluación de beneficios debidos a cambios en la calidad del aire en México. La instalación y operación del programa BenMAP es satisfactoria ya que se pudo analizar un caso de estudio con datos de contaminación en la ZMCM. Este programa tiene la ventaja de permitir la introducción de datos de calidad del aire de otros países, estados, ciudades, diferentes períodos de tiempo, etc.

Para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se capturo información de la población y concentraciones de contaminantes, con esta información se obtuvieron los escenarios para el año 1996 y 2004.

A partir de la implementación de este programa se obtuvo una evaluación cuantitativa de los beneficios generados por las medidas de control de contaminantes en la ZMCM. Se observó que existe una reducción del 32% en las concentraciones promedio anuales de ozono entre 1996 y 2004 esto hizo que existiera una reducción en la incidencia de mortalidad de alrededor de 3.5% para el ozono.

Si bien existe una reducción en los niveles de ozono aún faltan medidas adicionales para obtener concentraciones ambientales aceptables.

RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES.

La utilidad del programa se puede mejorar si se incluyen más información entre la cual se encuentra la siguiente:

- Concentraciones ambientales de los contaminantes criterio (SO_2 , NO_x , CO , PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$)
- Concentraciones de compuestos peligrosos o tóxicos atmosféricos como el formaldehído (HCHO), benceno, tolueno, plomo en partículas, entre otros.
- Censos poblacionales de 1990 a la fecha.
- Las funciones de C-R para cada uno de los contaminantes a partir de estudios realizados en México, los cuales consideran las características propias de la población.
- Las funciones de costos debido a incidencias por contaminación a partir de estudios realizados en México.
- Escenarios futuros de calidad del aire considerando el cumplimiento de las políticas de control de contaminación actuales.

Я НЕХО

Continuación de la Tabla 5.2

15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	33	439.7154	439.7158	212.9968	45367.6211	8.8023	123.2232	186.8019	234.2387	273.6321	308.2933	339.9516	369.6598	398.1363	425.9288	453.5009	481.2946	509.7723	539.4774	571.1403	605.7988	645.1937	692.6324	756.2089	870.6286	
15	33	1.6451	1.6451	0.6853	0.4696	0.2586	0.6268	0.8313	0.984	1.1107	1.2222	1.3241	1.4197	1.5113	1.6007	1.6894	1.7788	1.8705	1.966	2.0679	2.1794	2.3062	2.4588	2.6634	3.0315	
15	33	1715.9774	1709.6696	250.9818	62991.8867	1163.3408	1287.5328	1373.0389	1442.5399	1502.639	1556.3546	1605.3694	1650.7395	1693.1729	1733.1763	1771.1206	1807.3002	1841.9376	1875.2142	1907.28	1938.257	1968.2513	1997.3485	2025.6266	2053.1506	
15	33	13433.6279	13433.6299	13274.6729	176216944	-13422.377	-6291.2666	-2328.8037	627.6113	3082.7048	5242.9385	7216.0361	9067.5313	10842.2686	12574.4111	14292.8564	16024.9824	17799.7227	19651.1934	21624.3184	23784.5449	26239.6484	29196.0742	33158.5508	40289.6523	
15	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	57	1421.318	1421.3182	688.4815	474006.813	28.4521	398.3014	603.8122	757.1462	884.4788	996.5087	1098.8417	1194.8734	1286.9177	1376.7527	1465.8812	1555.7279	1647.7642	1743.786	1846.1198	1958.1604	2085.4954	2238.8091	2444.3418	2814.1953	
15	57	6.2865	6.2865	2.6188	6.8583	0.9883	2.3952	3.1769	3.7601	4.2445	4.6706	5.0599	5.4251	5.7753	6.117	6.456	6.7977	7.1478	7.5131	7.9023	8.3285	8.8129	9.3961	10.1778	11.5846	
15	57	4507.9932	4491.4229	659.3477	434739.313	3056.176	3382.4385	3607.072	3789.657	3947.5378	4088.6497	4217.4175	4336.6108	4448.0869	4553.1724	4652.8599	4747.9033	4838.8965	4926.3213	5010.5664	5091.9419	5170.7363	5247.1768	5321.4683	5393.7656	
15	57	35899.2617	35899.25	35474.457	1258436992	-35869.1914	-16812.4277	-6223.3657	1677.1937	8238.0459	14010.9326	19283.7402	24231.5762	28974.2773	33603.1094	38195.4219	42824.2188	47566.9531	52514.7773	57787.6094	63560.3789	70121.3281	78021.8672	88610.9297	107667.648	
15	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Continuación de la Tabla 5.3

Table with 28 columns (Column, Row, Point Estimad, Population, Delta, Mean, Standard Dev, Variance, Percentile 35-67) and multiple rows of data.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- Manual del usuario BenMAP “Environmental Benefits Mapping and Analysis Program”. Abt. Associates Inc. Mayo 2005.
- Informe del estado de la Calidad el Aire y Tendencias 2004. secretaria del Medio Ambiente. Gobierno del Distrito Federal.
- Gabriel Quadri de la Torre. “La Ciudad de México y la Contaminación Atmosférica”. Ed. Limusa, 1992, México D.F Primera Edición.

Sitios de Internet:

- <http://www.epa.gov>.
- <http://www.abtassociates.com>
- <http://www.semarnat.gob.mx/estadística>
- <http://www.sma.gob.mx>
- <http://www.inegi.mx>
- <http://www.rama.mx>