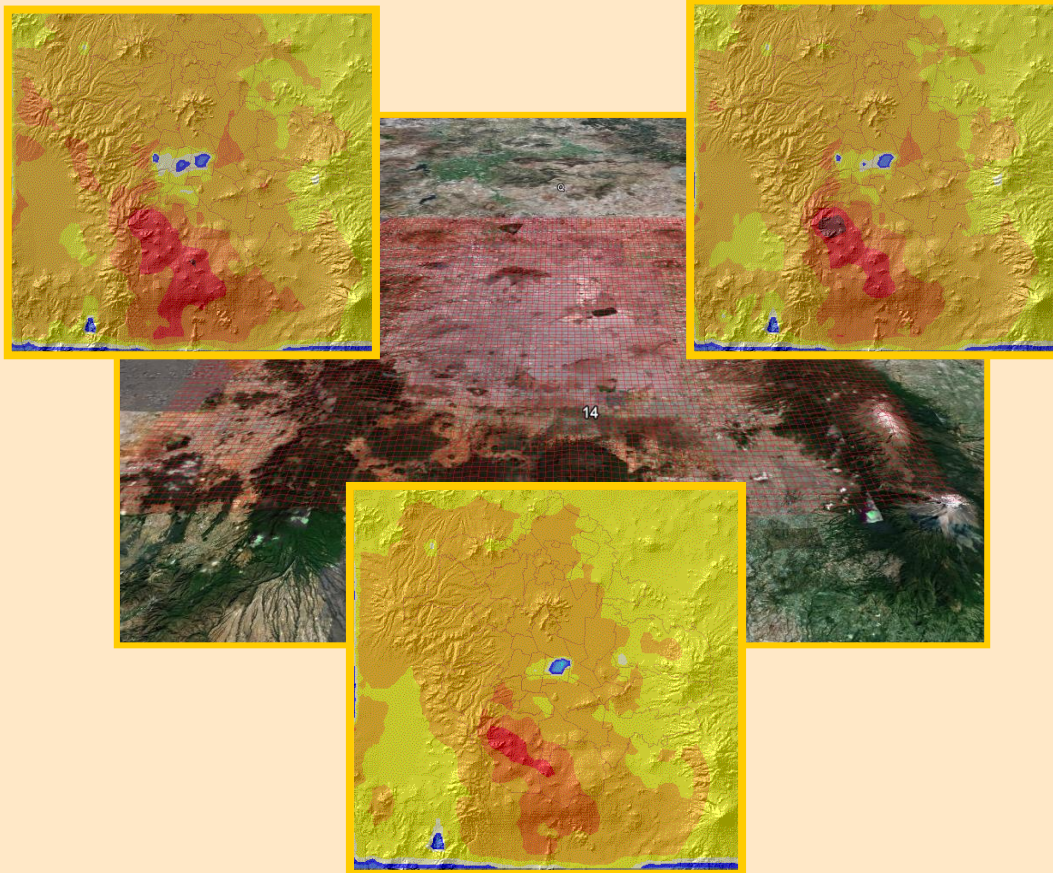


Ca:

***“ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE
OZONO GENERADAS POR LA APLICACION DE
MEDIDAS DE CONTROL DE EMISIONES, INCLUIDAS
EN EL PROAIRE 2011-2020”***



MARCELO EBRARD CASAUBON

JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

MARTHA DELGADO PERALTA

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL

J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA

DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

JORGE SARMIENTO RENTERÍA

DIRECTOR DE PROGRAMAS DE CALIDAD DEL AIRE E INVENTARIO DE EMISIONES

COORDINADORES

Saúl Rodríguez Rivera

Subdirector de Inventario y Modelación

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Magdalena Armenta Martínez

Francisco Hernández Ortega

Corrección y edición: Jorge Sarmiento Rentería, Saúl Rodríguez Rivera

Primera edición 2011

D.R. © Secretaría del Medio Ambiente
del Gobierno del Distrito Federal
Plaza de la Constitución, N° 1 3er. Piso
Col. Centro, C.P. 06068, Del. Cuauhtémoc,
México, D.F., www.sma.df.gob.mx.

CONTENIDO

Introducción.....	5
Objetivo	6
1. Línea base y escenarios	7
1.1 Línea base.....	7
1.2 Escenarios.....	7
2. Dominios ó coberturas geográficas, resolución y meteorología	9
2.1 Dominios ó coberturas geográficas	9
2.2 Resolución vertical de los dominios.	10
2.3 Información meteorológica para inicializar MCCM	11
3. Distribución del inventario de emisiones para generar la línea base.....	11
4.- Análisis de resultados	15
4.1 Escenario Caso Base 2008 (CB2008).....	15
4.2 Escenarios Tendencial 2020 (TEND20) y de Reducción de emisiones (REMI20).....	16
5. Conclusiones.....	19
Bibliografía	21

Introducción

Con el propósito de contribuir al desarrollo del nuevo PROAIRE 2011-2020, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, con la utilización del modelo MCCM (Multiscale Climate Chemistry Model), realizó la simulación de escenarios con y sin la aplicación de nuevas medidas que se incluyen en el ProAire 2011-2020, con la finalidad de estimar el beneficio esperado en la calidad del aire por ozono que se tendrá con la instrumentación del nuevo programa.

Para realizar lo descrito anteriormente, primero con base al Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la ZMVM del año 2008, se proyectaron las emisiones al año 2020 y se estimó la reducción de emisiones que se tendría con la aplicación de las 21 medidas que se seleccionaron para realizar esta evaluación.

Para fines de dar a conocer esta evaluación, el contenido de este documento fue estructurado de la siguiente manera: en la Sección 1, se describe brevemente el establecimiento de los escenarios de modelación; la Sección 2, incluye la descripción de los dominios de la modelación ó coberturas geográficas, resolución y meteorología; en la Sección 3, se presenta la distribución espacial y geográfica del inventario de emisiones para generar la línea base; en la Sección 4, se presenta el análisis de los resultados de la aplicación del modelo de calidad del aire; y en la Sección 5 las conclusiones.

Objetivo

Con la finalidad de poder estimar como se pudieran comportar las concentraciones de ozono, que es uno de los contaminantes atmosféricos en la ciudad de México que todavía no se encuentra dentro de los valores indicados por las normas de calidad del aire, mediante la implementación de algunas medidas de control incluidas en el nuevo PROAIRE, se realizaron simulaciones de escenarios de reducción de emisiones empleando el modelo fotoquímico Multiscale Climate Chemistry Model, tomando como línea base el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio la Zona Metropolitana del Valle de México 2008.

1. Línea base y escenarios

1.1 Línea base

Para realizar los escenarios de modelación, fue necesario establecer la línea base con las emisiones contaminantes del año 2008 y la proyección de estas emisiones al año 2020 sin establecer nuevas medidas de control de emisiones, ver Tabla 1.

Tabla 1. Emisiones incluidas en los escenarios caso base y tendencial 2020

Línea base	Fuentes	Emisiones [ton/año]					
		PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COT
Inventario de emisiones 2008	De Área	14,692	1,654	30	9,172	12,322	586,901
	Puntuales	5,000	838	3,455	7,023	19,877	134,195
	Móviles	3,407	2,509	3,152	1,670,389	145,775	200,507
Proyección del Inventario de emisiones 2008 al año 2020	De Área	14,816	1,777	31	11,707	16,033	652,687
	Puntuales	6,180	1,014	4,138	8,832	23,977	163,778
	Móviles	3,940	4,545	1,170	1,394,589	101,673	209,597

1.2 Escenarios

A continuación se describen los tres escenarios simulados en el presente reporte:

Caso Base (CB2008): Escenario en el cual se incluyó la meteorología del 15 al 21 de Abril del 2008 y emisiones basadas en el inventario de emisiones del mismo año.

Escenario Tendencial 2020 (TEND20): En este escenario se incluyó la misma información meteorológica que en el CB2008, pero se utilizó la proyección de las emisiones al año 2020 (Sheinbaum et al., 2010).

Escenario con reducción de emisiones, sobre el inventario de emisiones proyectado al año 2020 (REMI20). Al inventario TEND20, se le aplicaron reducciones de emisiones estimadas de acuerdo con las medidas de control planteadas, ver Tabla 2.

Tabla 2 Estimación de la reducción de emisiones obtenida con la aplicación de medidas seleccionadas (ton/año)

#	Medida	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COV	Tóxicos	CO ₂
1	Homologar los procedimientos y criterios de verificación de los vehículos con placas federales y locales.	548	459	26,220	2,765	2,745	374	728,542
2	Fortalecimiento del programa de sustitución de convertidores catalíticos.	NA	NA	3,177	382	421	79	NA
3	Modernización del programa de detección y retiro de vehículos ostensiblemente contaminantes.	165	135	14,641	2,242	1,385	317	226,830
4	Promover el uso de vehículos híbridos y eléctricos para uso particular, de transporte público y de carga.	19	15	2,945	360	230	42	34,352
5	Modernización y homologación del Programa de Verificación Vehicular.	12	6	17,643	666	2,613	602	72,014
6	Renovación de vehículos a diesel con la sustitución de motores y adaptación de sistemas de control de emisiones.	64	54	557	55	43	5	18,757
7	Renovación de las flotas vehiculares de transporte de pasajeros de baja, mediana y alta capacidad.	60	39	73,082	10,763	9,257	1,297	168,127
8	Promover el uso de combustibles menos contaminantes en vehículos de transporte público de pasajeros y de carga.	26	10	39,595	715	96	24	79,059
9	Promover el uso de combustibles gaseosos en establecimientos industriales y de servicios.	73	52	204	1,050	21	NE	985,165
10	Modernizar la flota vehicular del servicio de limpia.	51	43	1,040	217	113	43	10,193
11	Impulso de los programas de autorregulación para las empresas de transporte con flotas de vehículos a diesel.	51	44	1,138	856	210	29	84,372
12	Promover la instalación estratégica de bases para taxis en el Distrito Federal.	41	22	42,808	4,724	3,231	984	493,091
13	Regulación de la circulación de vehículos de carga en rutas seleccionadas.	748	622	77,961	4,926	4,547	707	658,863
14	Fomentar la utilización del transporte escolar en la ZMVM.	31	8	8,820	709	733	204	470,958
15	Establecimiento de metas de reducción de emisiones para la industria y los servicios.	1,608	NE	NE	NE	72,068	NE	NE
16	Aplicación de programas de reducción de gases de efecto invernadero en establecimientos industriales y de servicios.	29	29	76	577	17	NE	977,995
17	Actualización de las normas de emisión de partículas sólidas en la industria y desarrollar las correspondientes para el control de compuestos orgánicos volátiles.	NE	NE	NA	NA	21,102	NE	NA
18	Operación de la Línea 12 del METRO.	10	5	7,217	672	968	246	124,512
19	Promoción del uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no contaminante.	12	6	7,431	704	1,094	237	132,138
20	Operación de líneas de tren suburbano.	6	3	4,931	450	656	163	83,001
21	Incrementar el número de las rutas de METROBUS Y MEXIBUS.	4	2	4,676	916	1,437	56	161,325
	TOTAL	3,558	1,554	334,162	33,749	122,987	5,409	5'509,294

NA: No es aplicable; NE: No estimado

2. Dominios ó coberturas geográficas, resolución y meteorología

2.1 Dominios ó coberturas geográficas

Las simulaciones de ambos escenarios se realizaron utilizando el Modelo Químico y Climático de Multiescala. Este proceso requirió desarrollar 3 coberturas geográficas (dominios) para simulación (Figura 1): Un Dominio 1 (D1), con malla de $i=61 \times j=90$ celdas y resolución de 50 Km; el Dominio 2 (anidado dentro del D1), con malla de $i=56 \times j=86$ celdas y resolución de 10 Km; y Dominio 3 (anidado en el D2 que representa la ZMVM), con malla de $i=71 \times j=61$ celdas y resolución de 2 Km.

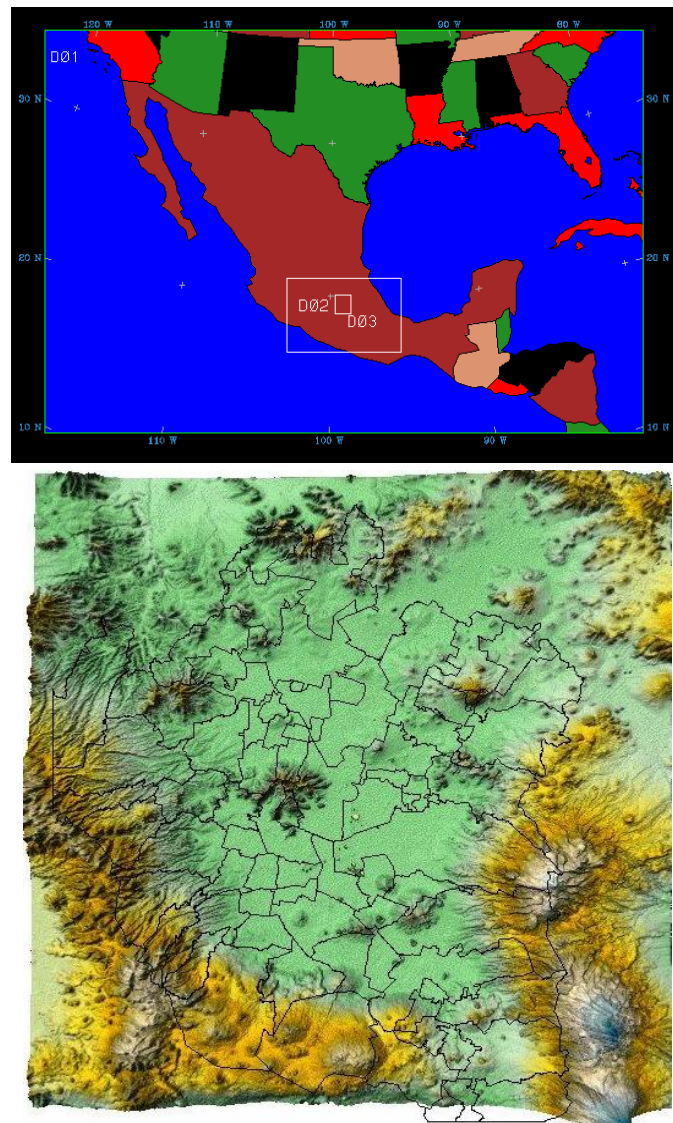


Figura 1. Arriba anidamiento de los tres dominios para modelación y abajo vista de la topografía y división política del dominio 3 (ZMVM).

Tabla 3. Resolución vertical empleada en los escenarios

Nivel sigma completo	Presión (mb)	Altitud (m) ó espesor de niveles sigma medios
1.000	1,013.250	0.000
0.999	1,012.337	3.828
0.989	1,003.204	46.093
0.960	976.720	197.622
0.930	949.323	430.350
0.890	912.793	713.928
0.850	876.263	1,047.214
0.800	830.600	1,436.472
0.750	784.938	1,886.319
0.700	739.275	2,357.284
0.650	693.613	2,851.724
0.600	647.950	3,372.428
0.550	602.288	3,922.740
0.500	556.625	4,506.713
0.450	510.963	5,129.337
0.400	465.300	5,796.856
0.350	419.638	6,517.237
0.300	373.975	7,300.894
0.250	328.313	8,161.829
0.200	282.650	9,119.565
0.150	236.988	10,202.605
0.100	191.325	11,455.211
0.050	145.663	12,952.404
0.000	100.000	14,839.797

2.2 Resolución vertical de los dominios.

La resolución vertical empleada en los escenarios fue de 24 capas atmosféricas completas (full-sigma layers) y 23 capas medias (half-sigma layers). Las estimaciones efectuadas por el modelo numérico son interpoladas dentro de cada capa sigma completa, y los valores estimados se reportan en cada capa sigma media. Como se puede apreciar en la Figura 2, el espesor de las capas disminuye conforme decrece la altitud, lo cual da por resultado una gran resolución en la capa superficial.

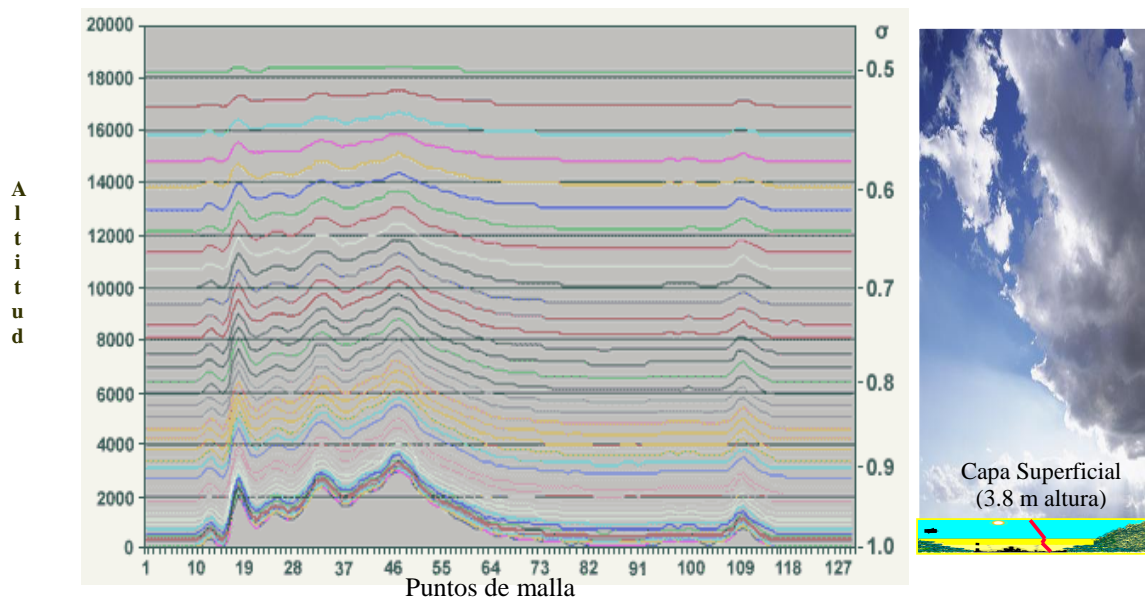


Figura 2. Esquematación de la distribución vertical de las capas en que fue dividida la atmósfera, para las modelaciones de los escenarios.

2.3 Información meteorológica para inicializar MCCM

La información de meteorología sinóptica para determinar las condiciones meteorológicas iniciales y de frontera (CMIF) cada 6 horas, se obtuvo de la página electrónica <ftp.cdc.noaa.gov>. A partir de la misma, se interpolaron horizontalmente las CMIF para las coberturas de los dominios 1, 2 y 3 mediante la aplicación del preprocesador REGRID. Posteriormente se realizó la interpolación vertical de las CMIF de cada dominio, para las capas citadas en la Tabla 3, utilizando el preprocesador INTERP. Cabe señalar que para el dominio 2, la preparación de las CMIF se realizó interpolando éstas a partir la salida de MCCM del dominio 1; y sucesivamente, para obtener las CMIF del dominio 3, éstas se interpolaron a partir de la salida de MCCM del dominio previo. Las dos últimas interpolaciones se desarrollaron mediante la aplicación del preprocesador NESTDOWN.

3. Distribución del inventario de emisiones para generar la línea base

La información de emisiones utilizada está basada en el inventario de emisiones 2008 (IE), preparado por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire/Dirección de Programas de Calidad el Aire e Inventarios de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Dicho Inventario de emisiones para modelaje fotoquímico fue distribuido temporalmente y geográficamente como se menciona en seguida.

Apoyándose en la información de aforos vehiculares y utilizando líneas geo-referenciadas para representar las avenidas, se realizó la distribución geográfica de emisiones de fuentes móviles en tramos de líneas representando con éstos las vialidades primarias y secundarias (Figura 3). Las emisiones de fuentes móviles estimadas por tramo se distribuyeron temporalmente con base en información de 31 estaciones de aforos vehiculares. Esta distribución temporal y la posterior distribución de emisiones en celdas del dominio 3, se realizó con el Sistema de Procesamiento de Emisiones a la Atmósfera (SPEA).

Las emisiones de fuentes de área ó servicios fueron calculadas por Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) geo-referenciadas. La distribución temporal con SPEA se realizó utilizando patrones temporales determinados a partir la información recabada en las Licencias Ambientales Únicas y Cédulas de Operación Anual del 2008. Después las emisiones calculadas por AGEB fueron distribuidas geográficamente en celdas del dominio 3 aplicando SPEA.

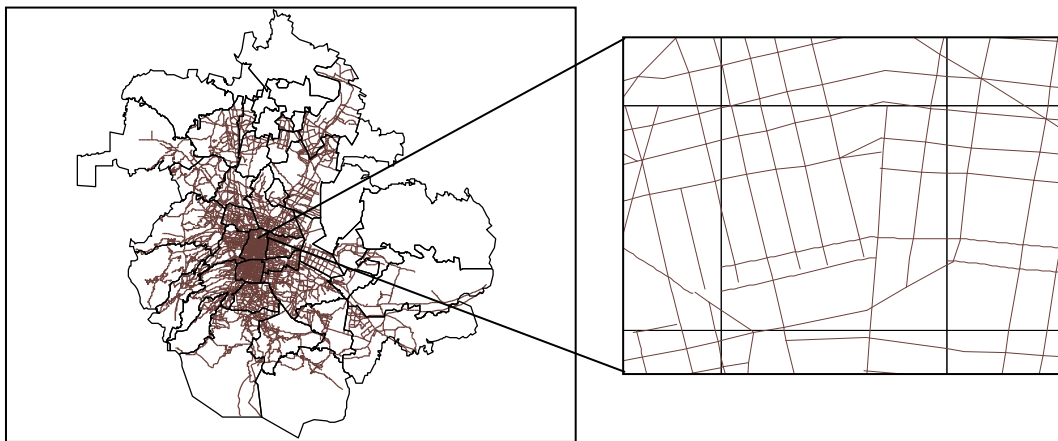


Figura 3. Tramos utilizados para la distribución de emisiones de fuentes móviles y distribución de los mismos en celdas del dominio 3 (derecha).

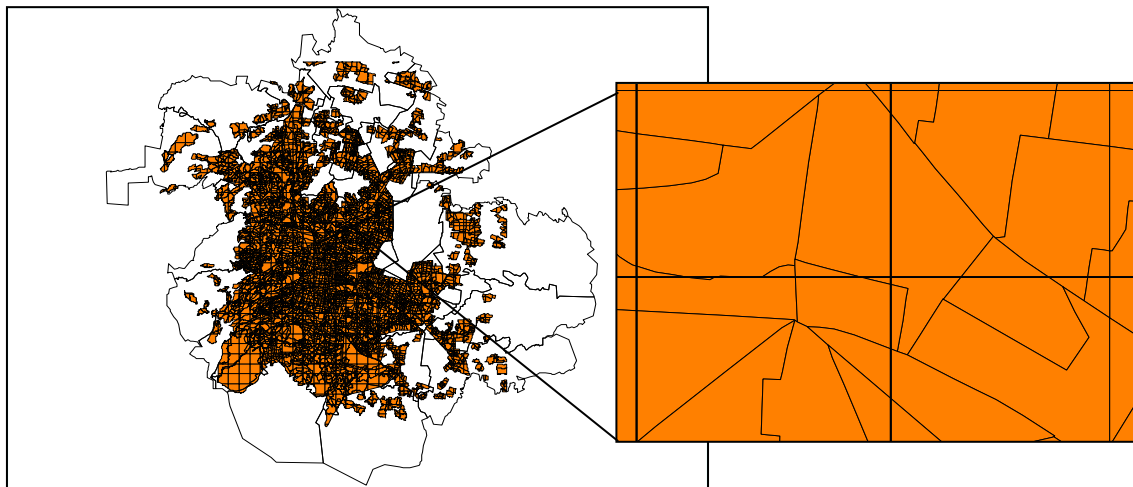


Figura 4. Representación de AGEB (polígonos irregulares color naranja) y distribución de éstos en celdas del dominio 3 (derecha).

Las emisiones de fuentes puntuales fueron estimadas por industria y ubicadas geográficamente con coordenadas correspondientes a la localización de la chimenea principal de cada empresa (Figura 5). La distribución temporal de las emisiones correspondientes se efectuó con información de las Licencias Ambientales Únicas y Cédulas de Operación Anual del 2008, y se aplicaron patrones temporales para cada contaminante (SO_2 , NO_x , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, COT y CO). Posteriormente a la distribución temporal, se desarrolló con SPEA la distribución de emisiones industriales en celdas.



Figura 5. Ubicación geográfica de las principales industrias establecidas en la ZMVM.

Cabe mencionar que en el caso de las emisiones de COT; además de las distribuciones temporal y geográfica; se desarrolló y utilizó una base de datos con 96 perfiles de emisión y 551 compuestos, para realizar la caracterización de éstos en compuestos químicos mediante el SPEA. Utilizándose para ello los perfiles de emisión asociados a cada giro mostrado en la Tabla 3.

Posteriormente a la caracterización de COT, los compuestos químicos emitidos por cada fuente fueron agregados en clases del mecanismo químico Regional Acid Deposition Model 2, implantado en MCCM para resolver la fotoquímica, las reacciones térmicas de química orgánica/inorgánica y la formación de aerosoles.

Tabla 3. Giros utilizados para realizar la caracterización de COT.

<i>Industria</i>	<i>Servicios</i>	<i>F. Móviles</i>
Industria de la carne	Combustión industrial (GN)	Vehículos a gasolina
Elaboración de productos lácteos	Combustión comercial-institucional (GLP)	
Elaboración de conservas alimenticias	Combustión comercial-institucional (GN)	
Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas	Combustión habitacional (GLP)	Vehículos a diesel
Elaboración de productos de panadería	Combustión habitacional (GN)	Vehículos a GLP
Molienda de Nixtamal y fabricación de tortillas	Operación de aeronaves	Vehículos a GN
Fabricación de aceites y grasas comestibles	Locomotoras (foráneas/ patio)	Partículas de vialidades
Fab. de cocoa, chocolate y artículos de confitería	Terminales de Autobuses de pasajeros	
Elaboración de otros productos alimenticios para consumo humano	Recubrimiento de superficies Industriales	
Elaboración de alimentos preparados para animales	Pintura automotriz	
Industria de la bebida	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (pintura vinílica)	
Industria del tabaco	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (pintura acrílica)	
Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo	Pintura de tránsito	
Hilado, tejido y acabado de fibras blandas	Limpieza en superficie industrial	
Confección con materiales textiles	Lavado en seco (Percloroetileno)	
Fab. de tejidos de punto	Lavado en seco (Gas nafta)	
Confección de prendas de vestir	Artes gráficas	
Industria del cuero, pieles y sus productos	Aplicación de asfalto	
Industria del calzado. Excluye de hule y/o plástico	Productos de cuidado personal	
Fab. de productos de aserradero y carpintería	Productos misceláneos	
Fab. de envases y otros productos de madera y corcho	Productos de consumo doméstico	
Fab. y reparación de muebles principalmente de madera	Uso doméstico y comercial de pesticidas	
Manufactura de celulosa, papel y sus productos	Uso comercial y doméstico de pinturas en aerosol	
Imprentas, Editoriales e industrias conexas	Productos para el cuidado automotriz	
Petroquímica básica	Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores	
Fab. de sustancias químicas básicas	Distribución y almacenamiento de gasolina	
Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas	Carga de combustibles en aeronaves	
Industria farmacéutica	Distribución y almacenamiento de GLP	
Fab. de otras sustancias y productos químicos	Fugas de GLP en instalaciones	
Industria del coque	HCNQ en la combustión de GLP	
Industria del hule	Panaderías	
Elaboración de productos de plástico	Esterilización en hospitales	
Alfarería y cerámica (Excluye materiales de construcción)	Rellenos sanitarios	
Fab. de materiales de arcilla para la construcción	Tratamiento de aguas residuales	
Fab. de vidrio y productos de vidrio	Incendios en estructuras	
Fab. de cemento, cal, yeso y otros productos.	Almacenamiento masivo de gasolina	
Industria básica del hierro y del acero	Incendios Forestales	
Industrias básicas de metales no ferrosos.	Amoniaco doméstico	
Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas		
Fab. de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales		
Fab. y reparación de muebles metálicos		
Fab. de otros productos metálicos		
Fab. y reparación de maquinaria (Incluye maquinaria agrícola)		
Fab. y reparación de maquinaria (Incluye armamento)		
Fab. y/o ensamble de maquinas de oficina y procesamiento informático		
Fab. y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos		
Fab. y/o ensamble de equipo electrónico de radio, TV y de uso medico		

<i>Industria</i>	<i>Servicios</i>	<i>F. Móviles</i>
Fab. y/o ensambles de aparatos y accesorios de uso domestico.		
Industria automotriz		
Fab., reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes.		
Fab., reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión		
Otras industrias manufactureras		
Generación y transmisión de energía eléctrica		

Finalmente, los archivos salida de SPEA (con emisiones en Kg/h) fueron formateados mediante los sistemas RUNAREA para emisiones a nivel de piso (área y móviles) y RUNPOINT para fuentes elevadas (industrias con chimeneas). Con lo que la información de emisiones quedo en unidades de ppm-m/min para las clases del mecanismo de reacción Regional Acid Deposition Model 2 y fue procesada por MCCM.

Cabe mencionar que sólo se realizó modelación fotoquímica del dominio 3, debido a que únicamente para ésta última cobertura se tiene información de emisiones.

4.- Análisis de resultados

4.1 Escenario Caso Base 2008 (CB2008)

La comparación de las estimaciones de ozono respecto a las mediciones del mismo, hechas por el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT), mostró un ajuste aceptable al verificar las correlaciones entre ambas poblaciones de datos para el periodo 15 al 21 de Abril de 2008; y en el día 21 del mismo mes, usados para realizar las comparaciones entre las estimaciones del CB2008 vs mediciones de la RAMA.

Como se aprecia en la Tabla 5, considerando todo el periodo modelado, los sectores Centro, Noroeste y Sureste fue donde se obtuvieron los mejores ajustes de las estimaciones de ozono respecto a los datos monitoreados. Mientras que sí sólo se comparan las concentraciones del fotooxidante el día 21 de abril, en la mayor parte de la ZMVM se determinaron correlaciones iguales ó superiores a 0.84, con excepción de las estaciones TAH, TAX y SAG.

Lo anterior muestra que las estimaciones de ozono determinadas mediante la modelación con MCCM tienen un nivel de confianza aceptable para realizar las simulación de medidas de control de emisiones. Asimismo, el análisis de resultados se centró en el día 21 de abril, dado la alta correlación lograda en general entre las estimaciones y las mediciones de ozono en la ZMVM.

Tabla 5. Correlaciones entre las estimaciones con MCCM y mediciones de ozono.

Estación	Sector	Periodo 15 al 21/Abr./2008	Día 21/Abr/2008
BJU	CENTRO	0.90391	0.9677
HAN	CENTRO	0.87192	0.9638
LAG	CENTRO	0.87600	0.9636
MER	CENTRO	0.86656	0.9662
CES	SE	0.90598	0.9287
TAH	SE	0.51764	0.7345
TAX	SE	0.82551	0.7851
UIZ	SE	0.87583	0.9529
CHA	NE	0.61761	0.8832
SAG	NE	0.76991	0.7961
XAL	NE	0.81205	0.8401
AZC	NO	0.73673	0.9331
EAC	NO	0.79693	0.9374
TAC	NO	0.76524	0.9149
TLA	NO	0.79266	0.9463
PED	SO	0.81517	0.9332
PLA	SO	0.79208	0.9706
TPN	SO	0.62710	0.9266
CUA	SO	0.60663	0.8536

4.2 Escenarios Tendencial 2020 (TEND20) y de Reducción de emisiones (REMI20).

La Figura 6 muestra las concentraciones de ozono del 21 de Abril a las 15 hrs. En esta figura se puede observar un incremento en la concentración máxima de ozono del año (CB) 2008 al año (TEND) 2020 de 0.148 ppm a 0.153 ppm respectivamente. Y una disminución en la concentración máxima de ozono de 0.153 ppm (TEND20) a 0.138 ppm (REMI20), al aplicar las reducciones de emisiones en el año 2020. Es decir, con base en el crecimiento poblacional y el consumo y uso de bienes y servicios respectivamente, se espera un ligero aumento (0.005 ppm) de la contaminación por ozono en un plazo de 10 años. Mientras que la aplicación de medidas de control sobre las emisiones vehiculares proyectadas al 2020, tendría efectos favorables en la mitigación de la contaminación ambiental, atenuando la concentración de ozono en 0.015 ppm.

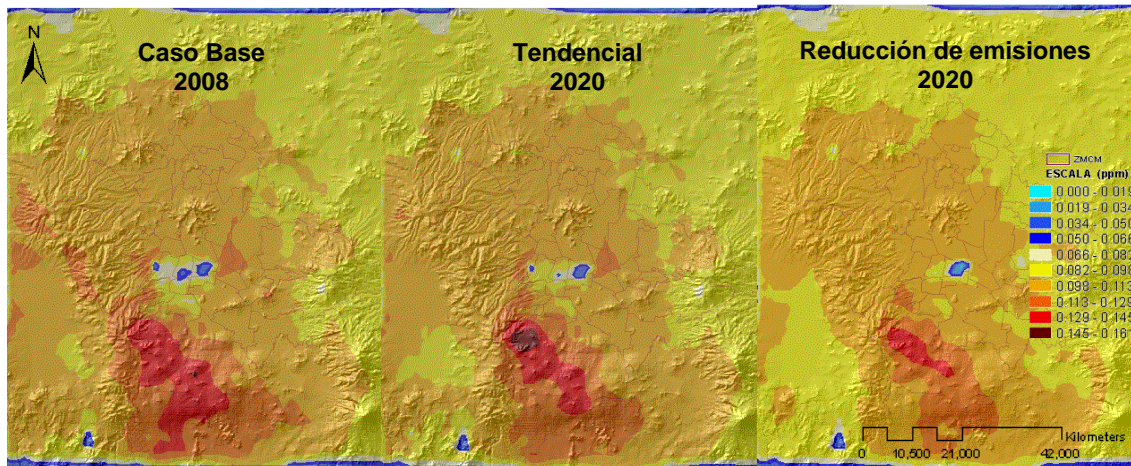


Figura 6. Visualización de las concentraciones de ozono a las 15 horas para los escenarios: CB2008, TEND20 y REMI20.

Es importante resaltar que al comparar en 2020 los escenarios REMI20 vs. TEND20, se aprecia que la región afectada por concentraciones superiores a la norma (0.11 ppm) de ozono disminuye al aplicar las reducciones de emisiones. En este sentido, la Figura 6 muestra una menor área de tonos rojizos, los cuales representan concentraciones de ozono superiores ó iguales a 0.13 ppm.

Lo anterior se puede analizar mejor en la Figura 7, donde se observa que las concentraciones de ozono por debajo de la norma aumentan en un 5.6% en el 2020 (TEND20) respecto a lo estimado para el 2008 (CB2008); y al aplicar las medidas de control de emisiones en el 2020 (REMI20 vs. TEND20), la cobertura con concentraciones por debajo de la norma se incrementan en un 3.4 %. Es decir, que en el año 2020 la implantación del control de emisiones favorecería la ampliación de la cobertura geográfica con calidad del aire regular y buena, aún en la hora en que normalmente se monitorea la máxima concentración de ozono (15 hrs.) en la ZMVM.

Es decir, el control de emisiones en el 2020 también redundaría en una disminución del 3.4% en la cobertura geográfica con calidad del aire mala, es decir que a las 15 hrs., el área con calidad del aire buena y regular del dominio de modelación fotoquímica (Figura 1) se ampliaría en 571 Km² al introducir las estrategias de control de emisiones propuestas.

Todavía con estimaciones de ozono superiores a la norma, aunque ya posterior a la concentración máxima del mismo, la comparación de los tres escenarios a las 16 hrs. (Figura 7) muestra que a esta hora se estimó una disminución en las concentraciones agudas de ozono en el año 2020 (TEND20) respecto al año 2008 (CB2008), pues la concentración máxima de este contaminante disminuye de 0.136 ppm; en 2008, a 0.130 en 2020.

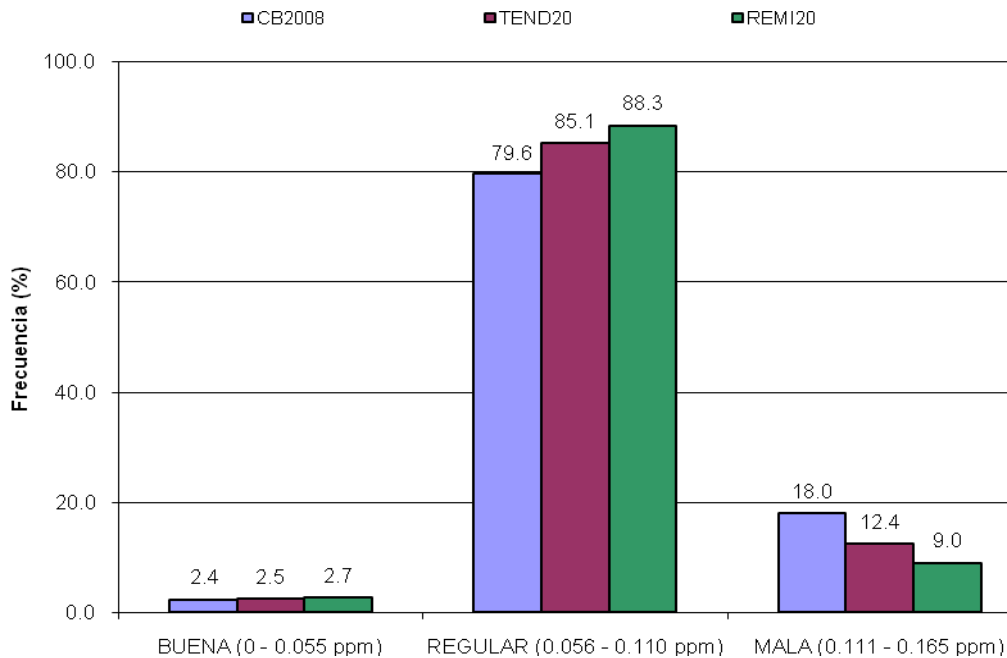


Figura 7. Distribución de frecuencias de las concentraciones de ozono a las 15 horas del 21 de Abril de 2008.

A su vez, la aplicación del control de emisiones en el año 2020 (REMI20) permitiría que la concentración máxima de ozono a ésta hora bajara de 0.130 ppm a 0.119 ppm.

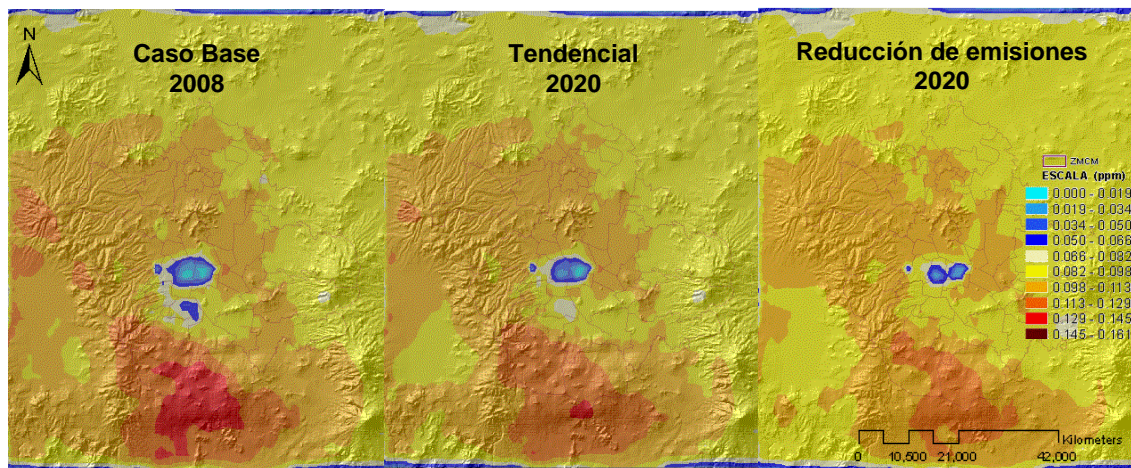


Figura 8. Visualización de las concentraciones de ozono a las 16 horas para los escenarios: Base 2008, Tendencial 2020 y Reducción de emisiones 2020.

En general se estimó una mejora en la calidad el aire a las 16 hrs. al introducir las medias de control de emisiones en el año 2020. En la Figura 9 se muestra que las concentraciones de ozono iguales ó menores a la norma de este contaminante

(0.11 ppm), aumentarían su presencia ó cobertura geográfica en 2.4% con dicha aplicación. Y a su vez, en este mismo porcentaje disminuiría la presencia de calidad del aire mala en la región modelada, permitiendo que la calidad el aire Regular y Buena amplíe su cobertura geográfica en 403.2 Km².

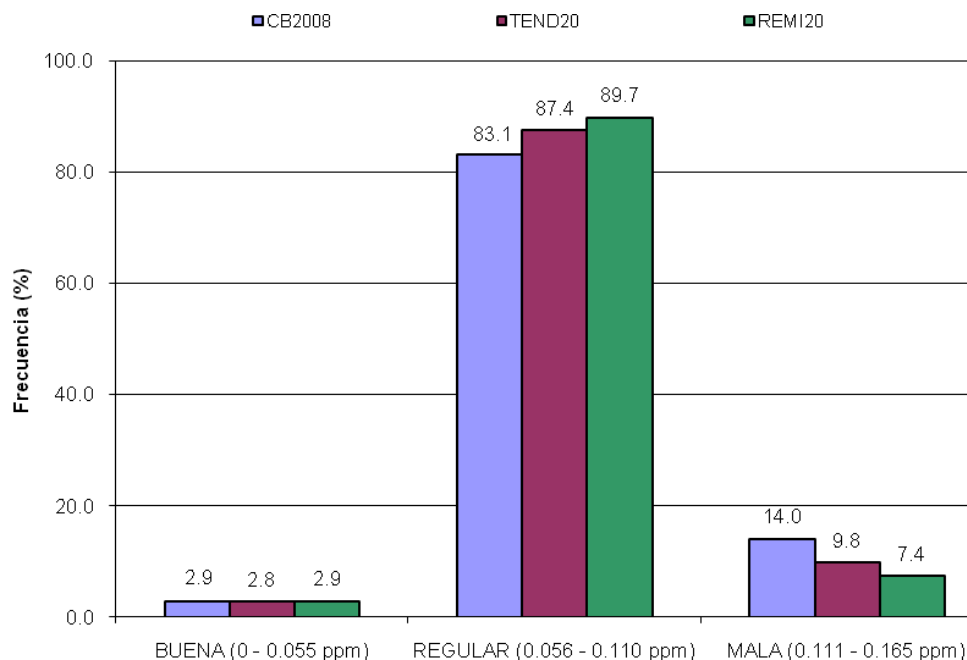


Figura 9. Distribución de frecuencias de las concentraciones de ozono a las 16 horas.

Aunque las diferencias son más pequeñas en las horas subsecuentes, los beneficios son similares a los encontrados en los resultados de las horas arriba descritas. Es decir, una disminución de concentraciones agudas en el año 2020 respecto al año 2008; y una mejora en la calidad del aire en el 2020 al aplicar medidas de control de emisiones, prevaleciendo con esto último una calidad el aire tipo Regular y Buena (ambas bajo norma).

5. Conclusiones

Sin la instrumentación de nuevas medidas en los siguientes 10 años, se estima un ligero aumento de la contaminación por ozono (a las 15 hrs.), ya que la concentración máxima de este contaminante variaría de 0.148 ppm en 2008 a 0.153 ppm en 2020. No obstante este aumento, en general se observó que las concentraciones de ozono categorizadas como buenas y regulares (por debajo de la norma 0.11 ppm) aumentan en 5.6% en el año 2020, lo cual se refleja en que la calidad del aire mala disminuye su cobertura geográfica en 940.8 Km².

También pudo apreciarse que la aplicación de medidas de control sobre las emisiones vehiculares proyectadas al 2020, tiene efectos favorables en la mitigación de la contaminación ambiental. Pues la disminución de emisiones, principalmente en automotores a gasolina y diesel en el 2020, se reflejaría en que la concentración máxima de ozono baje de 0.153 ppm a 0.147 ppm (a las 15 hrs.). Asimismo, las concentraciones de ozono que se categorizan en calidad del aire regular y buena, aumentan en conjunto un 3.4%, con lo cual la cobertura geográfica con calidad del aire mala disminuiría en 571.2 Km² en la ZMVM.

Bibliografía

Gobierno del Distrito Federal/Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire (2011). Cuaderno técnico “Estimación de Reducción de Emisiones, ProAire 2011-2020”, Anexo 7.

Sheinbaum C., Robles G., Chávez C. y Solís J. C (2011). Proyecciones de los inventarios de Emisión al 2020 para la Zona Metropolitana del Valle de México. Contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero”. México 2010.

Gobierno del Distrito Federal/Secretaría del Medio Ambiente/Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire (2010). Inventario de emisiones de contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México 2008. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. México, 2010.

NCEP. PSU/NCAR Mesoscale Modeling System. Tutorial Class Notes and User’s Guide: MM5 Modeling System Version 3. U.S.A., 2002.

Forkel R. MCCM Users Guide. Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung. Germany 2001.