

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

México La Ciudad de la Esperanza

ESTIMACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE POR LA APLICACIÓN EN EL D. F., DEL PROGRAMA "ARMONIZACIÓN AMBIENTAL DEL TRANSPORTE DE CARGA QUE CIRCULA EN LA ZMVM"



Secretaría del Medio Ambiente - G.D.F.

Dirección General de Gestión Ambiental del Aire Dirección de Inventario y Modelación de Emisiones Subdirección de Meteorología y Modelación

> M. en I. Francisco Hernández Ortega Ing. David Alejandro Parra Romero

Unidad Departamental Modelos

Febrero de 2004

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN
2
OBJETIVO
3
PROCEDIMIENTO
4
Caso Base Mayo del 2000
4
Escenario de Carga 1
4
Escenario de Carga 2
4
Emisiones para modelación
7
ANÁLISIS DE RESULTADOS
9
Caso Base Mayo del 2000

INTRODUCCIÓN

Los transportes de carga tienen una importante influencia en la velocidad crucero que se alcanza en las avenidas donde circulan diariamente. Por lo que se ha planteado establecer el programa "Armonización ambiental del transporte de carga que circula en la ZMVM"; a través del cual, el transporte de carga limite ó evite su actividad durante las horas en las cuales se presenta el mayor tráfico vehicular.

El programa plantea que las emisiones provenientes del transporte de carga, en lugar de estar distribuidas durante las 24 h, se emitan sólo en horarios no restringidos; ó bien, en corredores designados para la circulación de este tipo de transporte. Lo anterior redundaría en variaciones geográficas y temporales de las emisiones vehiculares, pues se estima que al no permitir la circulación de vehículos de carga de 7 a 10 h, y transitar éstos por corredores, podría incrementarse hasta 30% la velocidad vehicular promedio en las vías primarias del D.F. Este cambio a su vez puede reflejarse en variaciones de la calidad del aire en la Cd. de México. Evaluar esto último puede realizarse mediante la aplicación del modelo fotoquímico Multiscale Climate Chemistry Model (MCCM), con el cual se desarrollaron escenarios para representar la meteorología, geografía, emisiones y calidad del aire en la ZMVM, particularmente en el D.F.

El escenario base fue definido durante el periodo del 19 al 25 de Mayo del 2000, intervalo en el cual se presentó (del 23 al 25 de Mayo) el episodio de contaminación por ozono más agudo del año 2000, en la ZMVM. En cuanto al dominio geográfico de modelación (figura 1), éste incluye la mayor parte de los 28 municipios conurbados a la Ciudad de México, así como las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal. Esta región es modelada en una malla de 39 celdas (en Y) por 36 celdas (en X) por 24 capas (en Z) (figura 2).

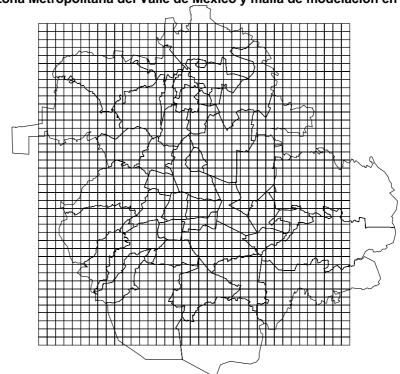
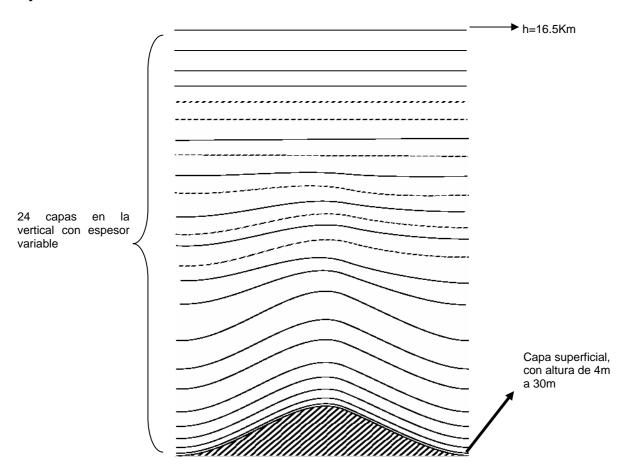


Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de México y malla de modelación en MCCM.

_

¹ Estimaciones realizadas por la Jefatura de Fuentes Móviles, SMA-GDF, 2003.

Figura 2. Representación gráfica de las capas atmosféricas verticales modeladas con MCCM. La capa en contacto con el piso ó capa superficial, tiene un espesor que varía geográficamente entre 4 y 30 m de altura.



Este trabajo tuvo como finalidad alcanzar el objetivo presentado a continuación, a través del desarrollo de escenarios con el modelo fotoquímico MCCM.

OBJETIVO

Analizar el comportamiento de las concentraciones de ozono estimadas con el modelo MCCM, al aplicar el control de la circulación al transporte de carga:

PROCEDIMIENTO

Para la modelación fotoquímica con MCCM se desarrollaron los escenarios siguientes:

Caso Base Mayo del 2000 (CB)

Escenario en el cual se modeló, para un dominio geográfico que abarca la ZMVM (figura 1) y 24 capas atmosféricas en la vertical (figura 2), la meteorología del periodo comprendido entre las 7 h del 19 de Mayo y las 12 h del 25 de Mayo del 2000; y en el cual también se incluyó el inventario de emisiones para ese mismo año, desarrollado por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

Escenario carga 1 (EC1)²

Se utilizó la misma meteorología y las mismas emisiones biogénicas, de servicios e industria del CB. Por su parte, las emisiones de fuentes móviles se modificaron (ver Anexo 1) considerando que el transporte de carga circula bajo los siguientes horarios de Lunes a Viernes:

a) Horario diurno: de 10 a 20 h
b) Horario nocturno: de 20 a 7
c) Horario restrictivo: de 7 a 10

Escenario Carga 2 (EC2) 3

Se utilizó la misma meteorología y las mismas emisiones biogénicas, de servicios e industria del CB. Sin embargo, las emisiones de fuentes móviles se modificaron (ver Anexo 2) considerando que se aplica el siguiente horario restrictivo de Lunes a Viernes, al transporte de carga:

a) Horario restrictivo: de 7 a 9 h

Cabe mencionar que las modificaciones de emisiones en el EC1 y EC2 sólo fueron aplicadas en las vialidades del D.F., dejando sin cambios las emisiones de fuentes móviles en las avenidas de los municipios conurbados.

Los lineamientos para aplicar tales restricciones a la circulación del transporte de carga son:

- En horario nocturno la circulación de los vehículos de carga se permite en toda la red vial.
- En el periodo restrictivo los vehículos con matrícula de servicio de carga y peso menor que 3.5 ton, podrán circular libremente por toda la red vial. Los vehículos de dos y tres ejes con matrícula de servicio de carga y peso igual ó mayor que 3.5 ton y hasta 12 ton, podrán circular únicamente en vialidades preferenciales (tabla 1) y en la zona del Centro Histórico. Los vehículos de tres ó más ejes y de más de 12 ton, no podrán circular por vialidades primarias.
- En <u>horario diurno</u> los vehículos con matrícula de servicio de carga y peso menor a 3.5 ton, podrán circular por toda la red vial. Los vehículos de dos y tres ejes con matrícula de servicio de carga y peso igual ó mayor que 3.5 ton y hasta 12 ton, podrán circular en toda la

² Propuesta de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal.

³ Propuesta del Consejo Coordinador Empresarial.

red vial primaria ⁴. Los vehículos de tres y más ejes, y de más de 12 ton, únicamente podrán circular por las vialidades preferenciales (figura 3).

Las restricciones mencionadas no aplican para vehículos de dos ejes que transporten productos perecederos, ni para vehículos de servicios de emergencia, rescate y salvamento, traslado de valores, servicio postal, mensajería y paquetería, telégrafos, servicios eléctricos y de limpia en general. Tampoco aplican en domingos y días establecidos como festivos en la legislación laboral vigente. La circulación se realizará de acuerdo con el reglamento de tránsito y no habrá restricción de circulación en vialidades secundarias.

Tabla 1. Vialidades consideradas para establecer las rutas preferenciales para vehículos del transporte de carga.

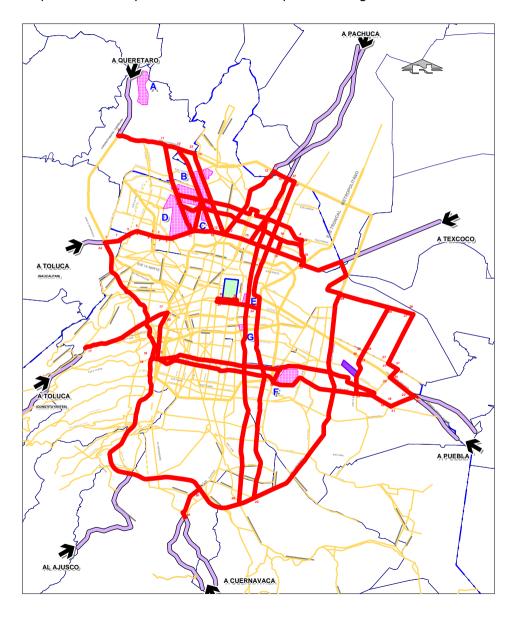
VIALIDAD	TRAMO VIAL
EJE 3 NORTE	AV. DE LAS GRANJAS - EJE 5 NORTE
HELIOPOLIS	AV. DE LA GRANJAS - TEBAS
INVIERNO	TEBAS - AQUILES SERDÁN
AV. CINCO DE MAYO	AQUILES SERDÁN - TEZOZOMOC
AV. STA. LUCIA	TEZOZOMOC - CALZ. DE LA NARANJA
GOBERNADOR SÁNCHEZ COLIN	CALZ. DE LA NARANJA - PIRÁMIDE
AV. 1° DE MAYO	PIRÁMIDE - ANILLO PERIFÉRICO
EJE 4 NORTE	AV. JOSE LORETO FAVELA - AV. CEYLÁN
EJE 5 NORTE	AV. JOSE LORETO FAVELA - AV. CEYLÁN
CALZ. VALLEJO	EJE 3 NORTE - ANILLO PERIFÉRICO NORTE
CEYLÁN	EJE 3 NORTE - ANILLO PERIFÉRICO NORTE
INSURGENTES NORTE	EJE 3 NORTE - ANILLO PERIFÉRICO NORTE
EJE CENTRAL NORTE	EJE 3 NORTE - ANILLO PERIFÉRICO NORTE
AV. JARDÍN	EJE 3 NORTE - VALLEJO
EJE 1 ORIENTE	EJE 3 NORTE - ANILLO PERIFÉRICO NORTE
CALLE 503	EJE 3 NORTE - EJE 4 NORTE
AV. CONSTITUYENTES	PASEO DE LA REFORMA - CIRCUITO INTERIOR
EJE 5 SUR	CALZ. ERMITA IZTAPALAPA - PERIFÉRICO PTE.
EJE 6 SUR	PERIFÉRICO - CALZ. ERMITA IZTAPALAPA
CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	CALZ. ERMITA IZTAPALAPA - REP. FEDERAL NTE.
CALZ. ERMITA IZTAPALAPA	EJE 5 Y 6 SUR - CALZ. IGNACIO ZARAGOZA
EJE 3 ORIENTE	PERIFÉRICO NTE PERIFÉRICO SUR
ANILLO PERIFÉRICO NTE.	EJE CENTRAL - BLVD. M. AVILA CAMACHO
ANILLO PERIFÉRICO	AV. 1° DE MAYO - BORDO DE XOCHIACA
CIRCUITO INTERIOR	CONSTITUYENTES - EJE 6 SUR
AV. ADOLFO LÓPEZ MATEOS	B. DE XOCHIACA - AV. TEXCOCO
AV. VICENTE VILLADA	B. DE XOCHIACA - AV. TEXCOCO
VIA TAPO (B. DE XOCHIACA)	OCEANÍA - AV. VICENTE VILLADA
AV. JOSÉ LORETO FAVELA	AV. 608 - EJE 5 NORTE
REP. FEDERAL NORTE	AV. TEXCOCO - CALZ. IGNACIO ZARAGOZA
AV. TEXCOCO	AV. VICENTE VILLADA - REP. FEDERAL NORTE
JUAN C. BONILLA	AV. TEXCOCO - CALZ. IGNACIO ZARAGOZA
AV. GUELATAO	AV. IGNACIO ZARAGOZA - EJE 6 SUR
AV. FRAY SERVANDO	EJE 3 ORIENTE - EJE CENTRAL
AV. JOSE MA. IZAZAGA (TOPACIO)	EJE 1 ORIENTE - EJE CENTRAL
CALZ. DE TLALPAN	ACCESO DE CUERNAVACA - ANILLO PERIFÉRICO
ANILLO PERIFÉRICO NORTE	EJE 3 ORIENTE - AUTOPISTA MEX. PACHUCA
EJE 2 ORIENTE	PERIFÉRICO SUR - EJE 5 NORTE
CANAL DE CHURUBUSCO	EJE 5 SUR - EJE 6 SUR

Fuente: SMA-GDF, STV y SSP, 2003.

⁴ Definida en el Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001-2006.

Figura 3. Red de vialidades preferenciales para vehículos de transporte de carga





Emisiones para modelación

Del inventario de emisiones 2000, proporcionado por la Subdirección de Inventario de Emisiones de la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, se utilizaron para modelación del CB las emisiones mostradas en la tabla 2. De acuerdo con esta tabla obtenida de las emisiones anuales, el total de Compuestos Orgánicos Totales (COT) es 2'320,828 Kg/día y el total de Óxidos de Nitrógeno (NOx) es 549,887 Kg/día; por lo que la razón COT/NOx de un día basada sólo en estas emisiones, es igual a 4.22.

La tabla 3 muestra la distribución de las emisiones vehiculares en el D.F. a cada hora del día. Como se puede observar, en el EC1 las emisiones disminuyen frente al CB principalmente en Compuestos Orgánicos Totales (COT) y CO, mientras que las emisiones de NOx aumentan en la mayoría de las horas, decreciendo sólo cuando deja de circular el transporte de carga.

Por su parte; las emisiones en el EC2 varían principalmente en NOx, mismos que respecto al CB tienen un ligero aumento en la mayoría de las horas. Las emisiones de (COT) y de Monóxido de carbono (CO) se mantienen muy parecidas a las del CB. Sólo en el periodo en el cual no circularía transporte de carga (7 a 9 h), se presenta un decremento de 16, 19 y 12 % en las emisiones de CO, COT y NOx, respectivamente. Una descripción detallada del cálculo de emisiones por escenario, se da en los Anexos 1 y 2.

Tabla 2. Emisiones por contaminante, incluidas para la modelación fotoquímica del CB (Kg/día).

FUENTE	PM10	SO2	СО	NOx	СОТ
Industria	2,691	13,423	13,422	56,051	31,884
Servicios	598	344	8,584	19,642	1'127,500
Transporte	14,485	11,912	5'530,927	430,792	577,578
Biogénicas				43,402	33,979

Fuente: Subdirección de Inventario de Emisiones, SMA-GDF, 2003.

Tabla 3. Emisiones en el D. F. al aplicar la medida de control.

		CO			COT			NOx	
LIODA	Α	В	С	Α	В	С	Α	В	С
HORA	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)	(Kg/h)
0	79,314	79,295	79,470	8,572	8,590	8,640	6,975	7,177	7,170
1	60,868	60,904	61,030	6,579	6,613	6,640	5,353	5,571	5,550
2	51,607	51,665	51,770	5,578	5,625	5,650	4,538	4,770	4,730
3	51,146	51,210	51,310	5,528	5,568	5,600	4,498	4,726	4,700
4	49,690	49,760	49,850	5,371	5,417	5,440	4,370	4,607	4,570
5	61,610	61,648	61,770	6,659	6,689	6,730	5,418	5,637	5,620
6	99,258	99,188	99,420	10,728	10,731	10,800	8,728	8,905	8,930
7	144,218	120,510	120,510	15,587	12,610	12,610	12,682	11,110	11,110
8	178,218	148,920	148,920	19,262	15,590	15,590	15,672	13,730	13,730
9	180,447	150,780	180,610	19,503	15,780	19,570	15,868	13,900	16,060
10	182,183	153,960	182,340	19,691	16,710	19,760	16,020	16,550	16,210
11	172,552	145,840	172,710	18,650	15,840	18,720	15,174	15,680	15,360
12	176,377	149,060	176,540	19,063	16,180	19,130	15,510	16,030	15,710
13	179,482	151,680	179,640	19,399	16,470	19,470	15,783	16,310	15,980
14	199,054	168,200	199,220	21,514	18,260	21,580	17,504	18,050	17,700
15	198,755	167,940	198,910	21,482	18,230	21,550	17,478	18,020	17,670
16	218,389	184,520	218,550	23,604	20,020	23,680	19,204	19,780	19,400
17	213,709	180,570	213,870	23,098	19,590	23,160	18,793	19,350	18,980
18	219,286	185,320	219,470	23,701	20,120	23,790	19,283	19,870	19,490
19	211,692	178,863	211,860	22,880	19,400	22,950	18,615	19,180	18,810
20	198,570	198,230	198,730	21,462	21,369	21,530	17,461	17,525	17,650
21	179,864	179,580	180,030	19,440	19,365	19,500	15,817		16,010
22	149,345	149,139	149,510	16,141	16,099	16,210	13,133	13,252	13,330
23	116,104	115,987	116,270	12,549	12,533	12,610	10,210	10,362	10,400

Nota: La variación negativa indica que las emisiones disminuyeron al aplicar restricciones de circulación (en el D. F.) al transporte de carga.

A= Emisión sin aplicar el programa para el control de emisiones del transporte de carga (CB).

B= Emisión al no permitir la circulación del transporte de carga de 7 a 10 h (EC1)

C= Emisión al no permitir la circulación del transporte de carga de 7 a 9 h (EC2).

Fuente: Jefatura de Fuentes Móviles, SMA-GDF, 2003.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Caso Base Mayo del 2000

Como se mencionó anteriormente, el periodo modelado comprende del 19 al 25 de Mayo del 2000, y dentro del mismo se presentó una concentración máxima (promedio horario) de ozono de 0.282 ppm en la estación Pedregal, el 24 de Mayo a las 15 h. Por lo que la comparación de los resultados de los escenarios de carga frente al CB, se centró en el día 24 de Mayo ó día de interés primario.

Luego de realizarse la modelación de dicho periodo, se obtuvo una correlación de 0.94 al comparar los valores promedio de ozono, medidos por la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) el día 24 de Mayo del 2000 en la estación Pedregal, frente a los valores estimados con MCCM para el Caso Base (CB) Mayo del 2000 (figura 4).

Figura 4. Comparación entre las concentraciones de ozono medidas por RAMA y las estimaciones obtenidas con MCCM en la estación Pedregal el 24 de Mayo del 2000.

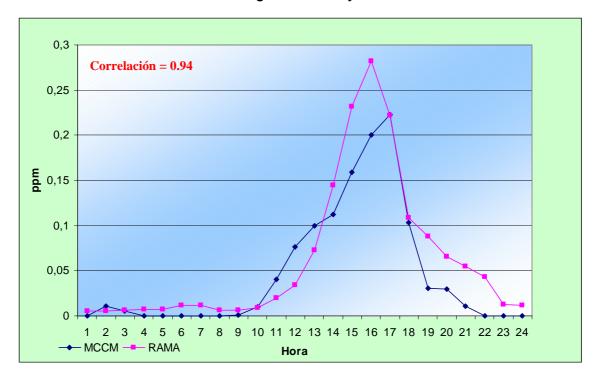


Tabla 4. Correlación entre las concentraciones de ozono monitoreadas por la RAMA y los valores de ozono estimados con MCCM en el CB, el día 24 de Mayo del 2000.

ESTACIÓN	SECTOR	CORRELACIÓN
	IMECA	RAMA vs. CB
EAC	NO	0.920
TAC	NO	0.930
TLA	NO	0.960
CHA	NE	0.680
SAG	NE	0.730
XAL	NE	0.900
BJU	CENTRO	0.890
HAN	CENTRO	0.850
LAG	CENTRO	0.930
MER	CENTRO	0.840
CUA	SO	0.770
PED	SO	0.940
PLA	SO	0.970
TPN	SO	0.890
CES	SE	0.700
UIZ	SE	0.800
TAH	SE	0.520
TAX	SE	0.770

Otros sitios para los cuales también se obtuvo la correlación del día 24 de Mayo del 2000, entre concentraciones de ozono monitoreadas y concentraciones estimadas con MCCM, fueron: Plateros, Tacuba, Tlalnepantla y Xalostoc, siendo tales correlaciones de 0.97, 0.93, 0.96 y 0.90, respectivamente. Una descripción más amplia de estos resultados se puede encontrar en Hernández y Parra, $2003^{\,5}$.

La tabla 4 muestra que en el Nor-Oeste (NO) y el Sur-Oeste (SO) se obtuvieron las mejores estimaciones de ozono con MCCM, pues para la mayoría de las estaciones en esta región se calcularon correlaciones mayores a 0.90. El sector Nor-Este (NE) muestra correlaciones que varían de 0.90 hasta 0.68, mientras que en el Centro las correlaciones varían entre 0.93 y 0.84, con lo cual el ajuste es cercano a lo obtenido en los sectores NO y SO. La parte con menor ajuste es la Sur-Este (SE), pues en ésta se presenta la correlación más baja (0.52 en TAH); siendo la mejor correlación en esta zona de 0.8 (en UIZ).

Como se muestra en los resultados anteriores, frente a los datos monitoreados por RAMA, las estimaciones de ozono obtenidas con modelación fotoquímica presentan una correlación superior ó igual a 90% en las estaciones EAC, TAC, TLA, XAL, LAG, PED y PLA; correlación superior ó igual a 80% en BJU, HAN, MER, TPN, y UIZ; y una correlación igual ó mayor a 70% en SAG, CUA, CES y TAX. Sólo se presentan correlaciones menores a 70% en CHA y TAH (localidades semirrurales). Lo cual en general proporciona confiabilidad a las estimaciones obtenidas mediante la modelación con MCCM.

Las estimaciones obtenidas con MCCM en puntos geográficos donde se mide ozono, muestran que los datos generados tienen distribuciones muy parecidas a las del O₃ medido. Asimismo, tales estimaciones también se aproximan cuantitativamente a lo monitoreado por la RAMA. Esta validación da el soporte para considerar confiable la información del Caso Base; y que sea frente a éste, con el cual se confronten las estimaciones del EC1 y EC2. Cabe recordar que los escenarios de carga tienen como línea base, la información meteorológica y de emisiones incluida en el CB, sobre la cual se realizaron las modificaciones descritas en el procedimiento.

⁵ Hernández F. y Parra D. Estimación de la calidad del aire por la redistribución de las emisiones del transporte de carga en el D. F. Reporte interno, Secretaría del Medio Ambiente – GDF. 2003, Ciudad de México.

Escenarios de carga

Una vez realizado un ajuste aceptable entre las estimaciones de ozono con MCCM en el CB frente a los valores registrados por la RAMA, se compararon respecto al CB las concentraciones de ozono estimadas en el EC1 y EC2. Esto se realizó a través de los siguientes parámetros:

Concentración de ozono en la estación Pedregal el día de interés primario

Como se observa en la tabla 5, los resultados del EC1 muestran concentraciones más bajas de ozono durante gran parte del día. Inclusive, a las 16 h -hora de mayor contaminación estimada con MCCM- se presenta un decremento de ozono en Pedregal de hasta 12 puntos IMECA. También se puede ver que sólo en las primeras horas, cuando el ozono comúnmente aún registra concentraciones en norma, se tiene un ligero incremento de éste al aplicar la medida de control de emisiones.

Los resultados del EC2 muestran que en el sitio donde se monitoreo la máxima concentración de ozono (Pedregal), se obtuvieron disminuciones de ozono durante las horas en las cuales éste contaminante tiene mayor concentración ambiental. Pues a las 14, 15 y 16 h se estiman 5, 5.9 y 9.5 puntos IMECA menos, respectivamente; al aplicar el programa de control para el transporte de carga. Respecto al pequeño incremento de ozono en las primeras horas, éste podría ser originado por el aumento de emisiones de NOx en el sector SO en la mañana, al aplicar dicho programa en los escenarios de prueba.

Puede verse que el control de más horas al transporte de carga en el EC1 repercute en una mayor atenuación de las concentraciones de ozono después de las 9 h, que lo estimado en el EC2. Cabe mencionar que a diferencia de este análisis puntual en Pedregal, el análisis general de ozono en toda la ZMVM mostró gran similitud de la distribución geográfica de este contaminante estimado en el EC1 y el EC2 (ver Anexos 3 y 4)

Tabla 5. Diferencias de las concentraciones de ozono entre ambos escenarios, en la estación Pedregal, el 24 de Mayo de 2000. Concentraciones en puntos IMECA.

Hora	СВ	EC	1	EC	2
	Estimado	Estimado	Diferencia	Estimado	Diferencia
08	0.62	0.65	0.03	0.65	0.03
09	9.23	10.36	1.13	10.38	1.15
10	37.06	41.21	4.14	37.38	0.31
11	69.75	68.90	-0.85	69.02	-0.73
12	90.81	88.02	-2.79	88.63	-2.17
13	101.60	95.99	-5.61	97.28	-4.32
14	139.95	133.49	-6.45	134.94	-5.01
15	173.79	165.97	-7.82	167.81	-5.98
16	192.04	179.87	-12.16	182.51	-9.52
17	94.10	90.71	-3.40	92.12	-1.99
18	27.76	25.00	-2.76	26.54	-1.21
19	27.24	25.03	-2.21	26.15	-1.08
20	10.01	8.95	-1.07	9.50	-0.52
Diferencia	a = EC1 – CB ó EC	2 – CB			

Comparación entre las concentraciones de ozono en el EC1 y el EC2 frente al CB

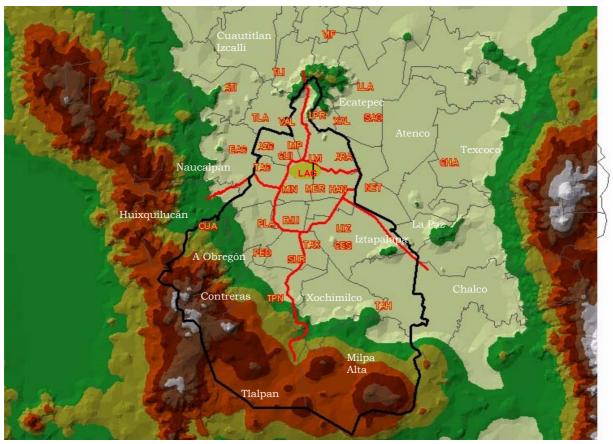
Con objeto de poder determinar cuantitativamente y por localidad, las variaciones de la concentración de ozono en la Ciudad de México, al aplicar el control al transporte de carga, se realizó un análisis en los sitios más relevantes donde se localizan estaciones de monitoreo automático para ozono (figura 5). Lo anterior se efectuó comparando concentraciones de ozono de los escenarios de carga 1 y 2 frente al CB, para todo el día 24 de Mayo del 2000.

Las figuras (6 a 27) presentadas a continuación, muestran la comparación de cuanto varían la concentraciones de ozono al aplicar las estrategias de control evaluadas en los escenarios EC1 y el EC2.

Una de las principales diferencias entre ambos escenarios, es que en el EC1 no se permite el tránsito del transporte de carga de 7 a 10 h, mientras que en el EC2 esta limitación sólo es de 7 a 9 h. Lo anterior repercute en que las emisiones de los EC1 y EC2 tengan las variaciones (respecto al caso base) mostradas en la tabla 5.

Como se aprecia en la tabla 6; a diferencia del EC2, el EC1 tiene disminuciones importantes en COT durante el día. Por su parte, el EC2 presenta incrementos de NOx mayores a los que se aplicaron en el EC1 durante la noche y el día.

Figura 5. Localización de las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, así como la división política de la ZMVM (líneas negras y grises) y los sectores IMECA (línea roja).



Fuente: Sistemas de Información Geográficos, SMA-GDF, 2003.

Tabla 6. Variación de las emisiones base al aplicar las medidas de control en EC1 y EC2.

		CO			COT			NOx	
HORA	А	В	С	Α	В	С	Α	В	С
	(Kg/h)	(%)	(%)	(Kg/h)	(%)	(%)	(Kg/h)	(%)	(%)
0	79,314	-0.02	0.20	8,572	0.20	0.79	6,975	2.91	2.80
1	60,868	0.06	0.27	6,579	0.52	0.93	5,353	4.09	3.69
2	51,607	0.11	0.32	5,578	0.85	1.29	4,538	5.11	4.23
3	51,146	0.12	0.32	5,528	0.72	1.30	4,498	5.08	4.50
4	49,690	0.14	0.32	5,371	0.86	1.29	4,370	5.44	4.59
5	61,610	0.06	0.26	6,659	0.46	1.07	5,418	4.04	3.73
6	99,258	-0.07	0.16	10,728	0.03	0.67	8,728	2.03	2.31
7	144,218	-16.44	-16.44	15,587	-19.10	-19.10	12,682	-12.40	-12.40
8	178,218	-16.44	-16.44	19,262	-19.06	-19.06	15,672	-12.39	-12.39
9	180,447	-16.44	0.09	19,503	-19.09	0.34	15,868	-12.40	1.21
10	182,183	-15.49	0.09	19,691	-15.14	0.35	16,020	3.31	1.18
11	172,552	-15.48	0.09	18,650	-15.07	0.38	15,174	3.34	1.23
12	176,377	-15.49	0.09	19,063	-15.12	0.35	15,510	3.35	1.29
13	179,482	-15.49	0.09	19,399	-15.10	0.37	15,783	3.34	1.25
14	199,054	-15.50	0.08	21,514	-15.13	0.31	17,504	3.12	1.12
15	198,755	-15.50	0.08	21,482	-15.14	0.32	17,478	3.10	1.10
16	218,389	-15.51	0.07	23,604	-15.18	0.32	19,204	3.00	1.02
17	213,709	-15.51	0.08	23,098	-15.19	0.27	18,793	2.97	1.00
18	219,286	-15.49	0.08	23,701	-15.11	0.38	19,283	3.04	1.07
19	211,692	-15.51	0.08	22,880	-15.21	0.31	18,615	3.03	1.05
20	198,570	-0.17	0.08	21,462	-0.44	0.32	17,461	0.36	1.08
21	179,864	-0.16	0.09	19,440	-0.39	0.31	15,817	0.52	1.22
22	149,345	-0.14	0.11	16,141	-0.26	0.42	13,133	0.91	1.50
23	116,104	-0.10	0.14	12,549	-0.13	0.49	10,210	1.49	1.86

Nota: La variación negativa indica que las emisiones disminuyeron al aplicar restricciones de circulación (en el D. F.) al transporte

Fuente: Jefatura de Fuentes Móviles. SMA-GDF. 2003.

Al analizar las variaciones de las concentraciones de ozono en el **sector NO** (figuras 6 a 10) se observa que en ambos escenarios Tlalnepantla tiene disminuciones de apenas 2 puntos IMECAS, mientras que en ENEP Acatlán, el EC1 tuvo una disminución de ozono de 1 punto IMECA más que el EC2, siendo de 5 puntos el decremento en el EC1 (a las 14 h) respecto al CB. En sitios como Tacuba y el Instituto del Petróleo las diferencias se acentúan, en Tacuba (17 h) disminuyó el O₃ hasta 2 puntos IMECA más en el EC1 que en el EC2, variación similar a lo que se observa en el IMP (13 y 16 h), sólo que a diferentes horas.

Azcapotzalco es el sitio donde se estimaron las diferencias más importantes de este sector, pues mientras en el EC2 la disminución de ozono no alcanza los 7 puntos IMECA, en el EC1 dicha disminución rebasa los 9 puntos IMECA. Además los decrementos se dan desde las 10 hasta las 20 h.

En el **sector NE** (figuras 11 a 14) se tiene menos beneficio que en NO, al aplicar el programa para el control de la circulación del transporte de carga. En sitios como Netzahualcoyotl y San Agustín los decrementos de ozono apenas rebasan los 1.5 puntos IMECA en ambos

A= Emisión sin aplicar el programa para el control de emisiones del transporte de carga (CB).
B= Variación porcentual de las emisiones respecto al CB (A), al restringir la circulación del transporte de carga de 7 a 10 h (EC1)
C= Variación porcentual de las emisiones respecto al CB (A), al restringir la circulación del transporte de carga de 7 a 9 h (EC2).

escenarios, mientras que en Xalostoc alcanza a superar los 2 puntos IMECA. La Villa (cercana al sector Centro) es el sitio donde se puede ver la disminución más relevante, pues en el EC1 fue de ~10 puntos IMECA y en el EC2 de casi 8 puntos IMECA de ozono a las 15 h.

El **sector Centro** (figuras 15 a 19) es una de las zonas con mayor impacto por la implantación del programa. Si bien Hangares no es la localidad con mayor impacto, en este sitio el EC2 tuvo 3.5 menos puntos IMECA de ozono a las 14 y 15 h, mientras que en el EC1 se alcanzaron ~4.5 puntos IMECA de ozono menos respecto al CB.

Merced fue el sitio del sector Centro donde decreció más el ozono al aplicar la medida de control. Pues para el EC1 bajo 12 puntos IMECA de ozono y en el EC2 decreció 9.5 puntos IMECA de ozono (ambos a las 15 h).

Aunque no fueron los sitios con mayores disminuciones de ozono dentro del **sector NO**, en Cuajimalpa y Santa Úrsula se estimaron decrementos de aproximadamente 6.5 puntos IMECA en el EC1 y de 5 y 5.5 respectivamente, en el EC2 todos a las 15 h.

Dentro del **sector SO** (figuras 20 a 24) se tuvieron los decrementos de ozono más acentuados, siendo en Pedregal y Plateros donde se aprecian mejor. En éste último sitio los decrementos de ozono alcanzaron su mayor magnitud, pues a las 16 h disminuyó en 17 puntos IMECA en el EC1, y casi 14 puntos IMECA en el EC2.

Por último, en el **sector SE** (figuras 25 a 27) se tienen los menores beneficios en Tláhuac; sin embargo, en Cerro de la Estrella y UAM Iztapalapa se estimó que el O₃ baja poco más de 7 puntos IMECA en el EC1 y casi 6 puntos IMECA en el EC2. En Taxqueña fue donde los decrementos de ozono en este sector bajaron hasta 9 puntos IMECA en el EC1 y 6.75 puntos IMECA en el EC2.

Un análisis comparativo de las estimaciones de ozono por sitio y de cada escenario frente al caso base, se presenta en los Anexos 5 y 6.

De lo anterior, es destacable que la estrategia de control a la circulación del transporte de carga aplicada bajo las condiciones de emisión del EC1, mostró tener mayor efectividad en la mitigación de la contaminación de ozono, pues en todos los sectores IMECA, los decrementos de este contaminante son mayores a los obtenidos al aplicar la medida de control bajo las condiciones de emisión del EC2.

Sector Nor-Oeste

FIGURA 6. DIFERENCIAS EN ENEP ACATLÁN -EAC-

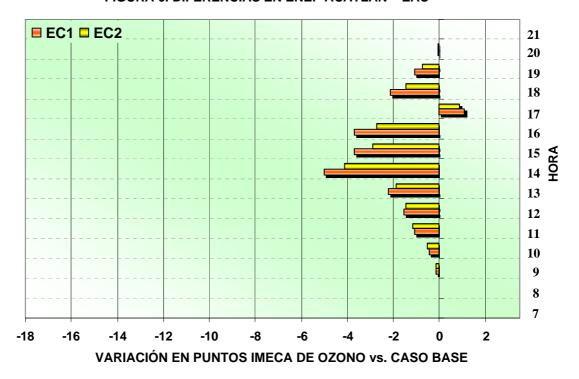


FIGURA 7. DIFERENCIAS EN TACUBA -TAC-

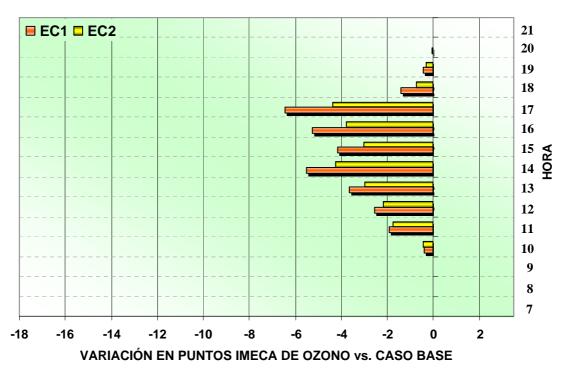


FIGURA 8. DIFERENCIAS EN TLALNEPANTLA -TLA-

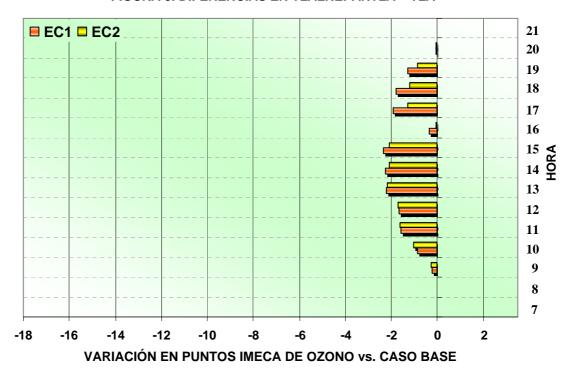


FIGURA 9. DIFERENCIAS EN AZCAPOTZALCO -AZC-

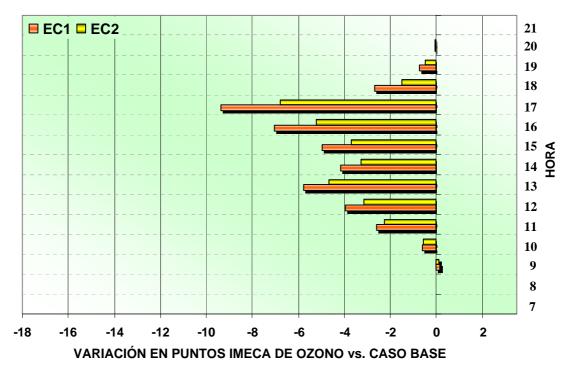
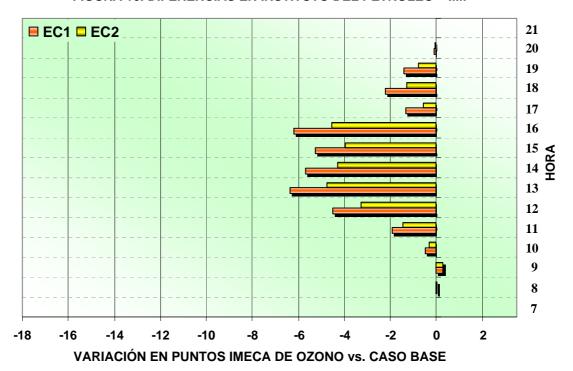


FIGURA 10. DIFERENCIAS EN INSTITUTO DEL PETRÓLEO -IMP-



Sector Nor-Este

FIGURA 11. DIFERENCIAS EN SAN AGUSTÍN -SAG-



FIGURA 12. DIFERENCIAS EN XALOSTOC -XAL-

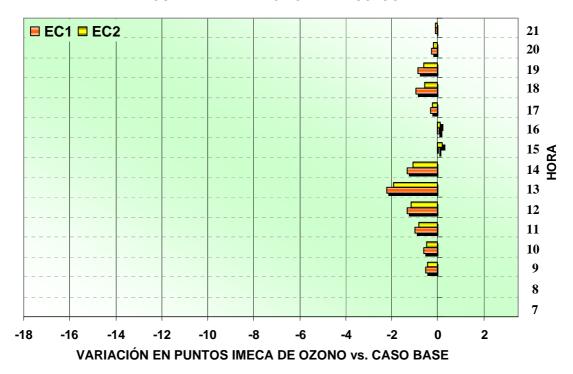


FIGURA 13. DIFERENCIAS EN LA VILLA -LVI-

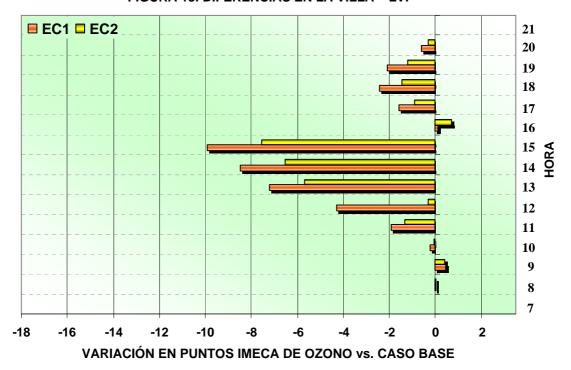


FIGURA 14. DIFERENCIAS EN NETZAHUALCOYOTL -NET-



Sector Centro

FIGURA 15. DIFERENCIAS EN HANGARES -HAN-

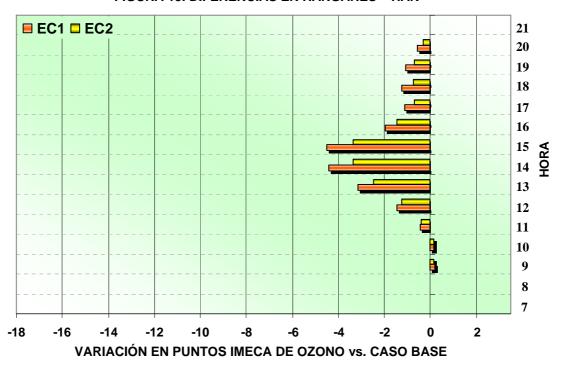


FIGURA 16. DIFERENCIAS EN MERCED -MER-

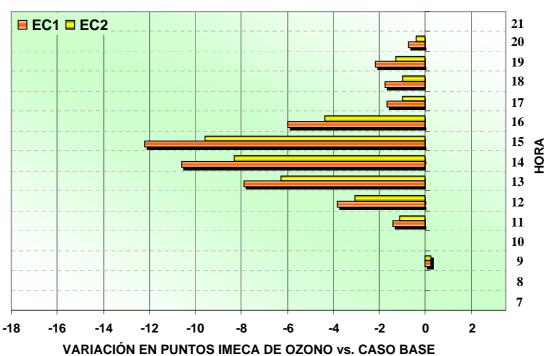


FIGURA 17. DIFERENCIAS EN BENITO JUÁREZ -BJU-

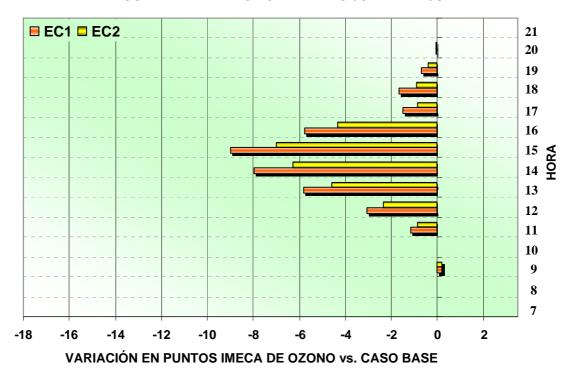


FIGURA 18. DIFERENCIAS EN METRO INSURGENTES -MIN-

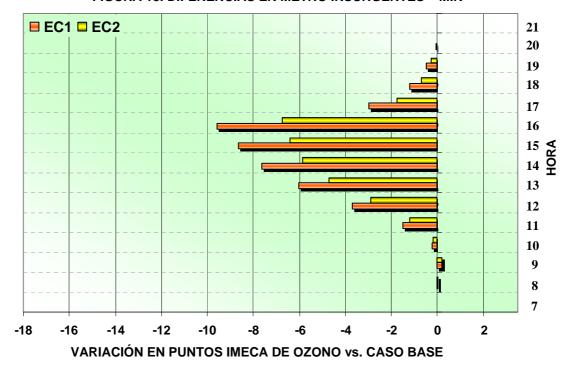


FIGURA 19. DIFERENCIAS EN LAGUNILLA -LAG-

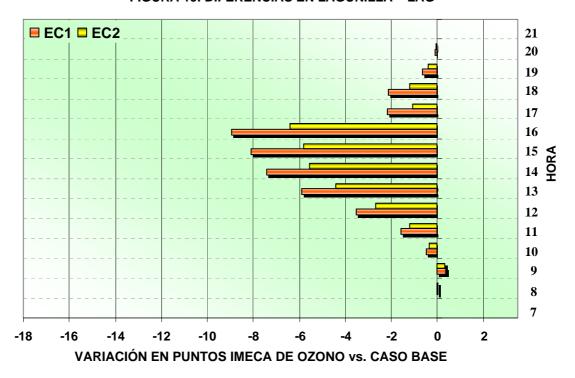


FIGURA 20. DIFERENCIAS EN PEDREGAL -PED-

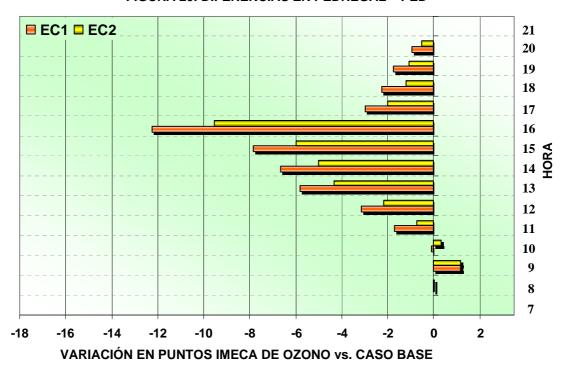


FIGURA 21. DIFERENCIAS EN PLATEROS -PLA-

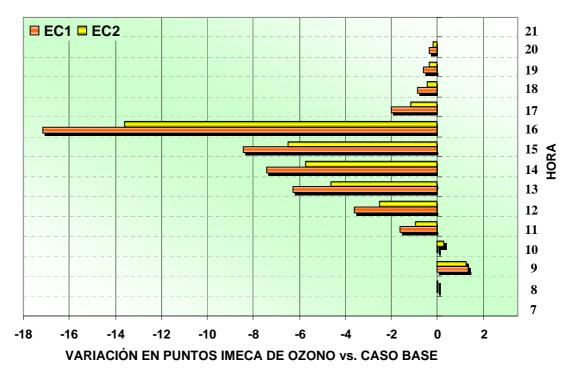


FIGURA 22. DIFERENCIAS EN CUAJIMALPA -CUA-

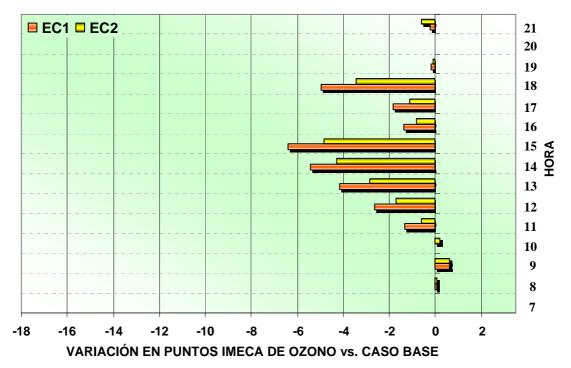


FIGURA 23. DIFERENCIAS EN SANTA URSULA -SUR-

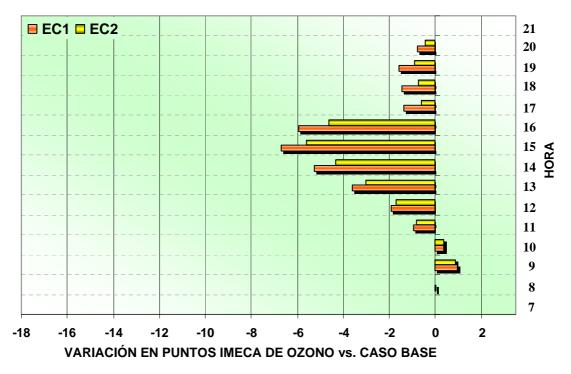
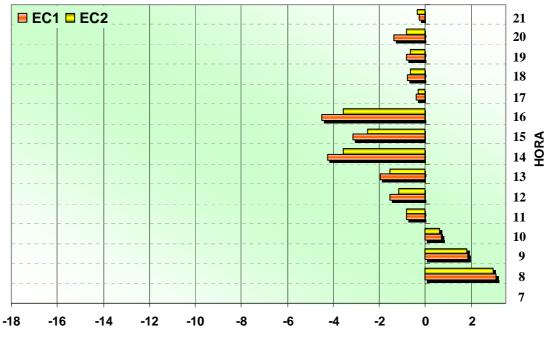


FIGURA 24. DIFERENCIAS EN TLALPAN -TPN-



Sector Sur-Este

FIGURA 25. DIFERENCIAS EN CERRO DE LA ESTRELLA -CES-

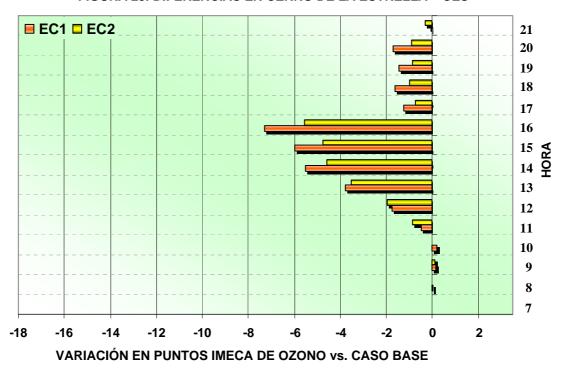


FIGURA 26. DIFERENCIAS EN UAM IZTAPALAPA -UIZ-

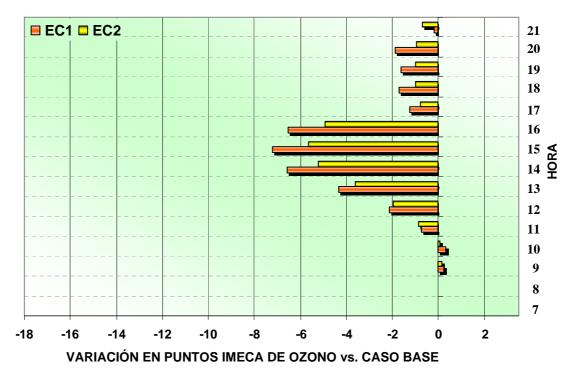
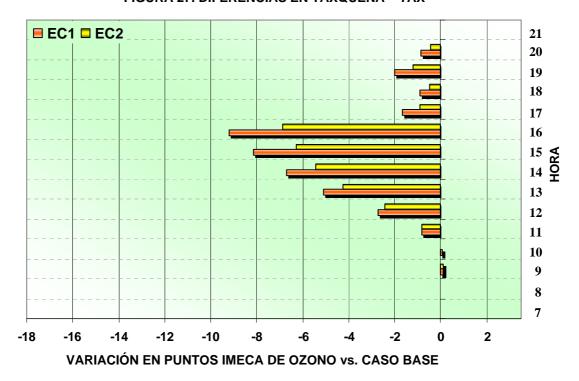


FIGURA 27. DIFERENCIAS EN TAXQUEÑA -TAX-



CONCLUSIONES

En Pedregal, sitio donde se monitoreó la más alta concentración de ozono el día 24 de Mayo del 2000, la modelación con MCCM mostró que este contaminante decrece 5, 6 y 9 puntos IMECA a las 14, 15 y 16 h, cuando se aplica el programa "Armonización ambiental del transporte de carga que circula en la ZMVM" con la medida propuesta por el Consejo Coordinador Empresarial (EC2); mientras que disminuye hasta 6, 8 y 12 puntos IMECAS a las 14, 15 y 16 h sí se aplica el programa bajo la propuesta de la Secretaría del Medio Ambiente del D.F. (EC1).

En general se apreció que las zonas con concentraciones elevadas de ozono (mayores a 0.19 ppm) tienen cobertura geográfica más amplia al no aplicarse la medida de control. Se estimaron 2 % (a las 15 h) y 1 % (a las 16 h) más datos en el CB con concentraciones superiores a 200 puntos IMECA de ozono, que en los escenarios de carga. Esto muestra que al no aplicarse la medida propuesta, las concentraciones de ozono superiores a 200 puntos IMECA cubren en la ZMVM, 112.32 Km² más a las 15 h y 56.16 Km² más a las 16 h.

Al comparar los resultados de los escenarios de control (EC1 y EC2) respecto al CB, se observó que en los dos se estiman decrementos de ozono importantes, y que los sitios y horas en cada sector dónde disminuye más el ozono fueron:

Sitio	Sector IMECA	Hora	Decremento máximo de ((puntos IMECA)	
			EC1	EC2
Plateros	SO	16	17	13
Merced	Centro	15	12	9
Azcapotzalco	NO	17	9	7
La Villa	NE	15	10	7
Taxqueña	SE	16	9	7

Considerando la totalidad de los sitios donde se estimaron decrementos de ozono al aplicar las medidas de control de los escenarios EC1 y EC2; puede considerarse que la medida fue más eficiente en el sector SO, luego en los sectores Centro y NO, y decrece su efectividad en los sectores NE y SE.

La mayor efectividad de la medida propuesta en el EC1 para mitigar las concentraciones de ozono, podría estar asociada con el control de emisiones de CO y COT. Pues mientras en el EC1 disminuyen las emisiones del CO y los COT más de 15 % de 10 a 19 h (respecto a las incluidas en el CB), en el EC2 aumentan casi 0.1 % (CO) y cerca de 0.4 % (COT), respectivamente, en el mismo periodo.

ANEXO 1

"ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES CON BASE EN LA PROPUESTA DE LA SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE DEL DISTRITO FEDERAL"

Unidad Departamental de Fuentes Móviles. SMA-GDF

Para realizar la evaluación de emisiones se definieron dos escenarios: Caso Base y Escenario de Carga 1, para los cuales se estimarán las emisiones de contaminantes criterio tomando como base los lineamientos del Inventario de Emisiones 2000.

Caso Base

Este escenario representa la situación actual, es decir, la flota reportada en el Inventario de Emisiones 2000 y las emisiones producidas por esta flota en las condiciones actuales de tráfico y circulación de la Ciudad de México.

De la flota vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México se tiene que en el Distrito Federal alrededor del 2% de los vehículos son de transporte de carga de tres o más ejes (tractocamiones) (Tabla 1.0).

Tabla 1.0. Flota Vehicular de la ZMVM 2000.

Tipo de Vehículo	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM					
Tractocamiones	49,077	13,830	62,907					
Resto de la Flota	2,255,070	847,233	3,102,303					
Total	2,304,147	861,063	3,165,210					

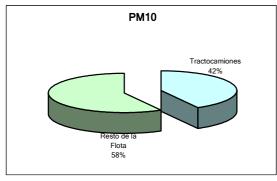
Las emisiones del Caso Base son las correspondientes al Inventario de Emisiones 2000, cuya emisión se calculó considerando una velocidad promedio de 33 Km/hr para todos los tipos de vehículos en circulación; en la tabla 1.1 se presenta el aporte de emisiones, en kilogramos al día, de la flota de tractocamiones y el resto de los vehículos considerados en el Inventario de Emisiones.

Tabla 1.1. Inventario de Emisiones por Fuentes Móviles en el Distrito Federal.

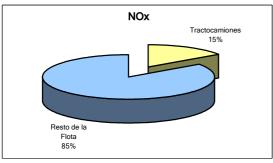
Tipo de Vehículo	Emisiones [Kg/día]				
Tipo de Veniculo	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT
Tractocamiones	4,414	638	39,584	47,608	16,789
Resto de la Flota	6,096	6,957	3,532,156	266,477	369,252
Total	10,510	7,595	3,571,740	314,085	386,041

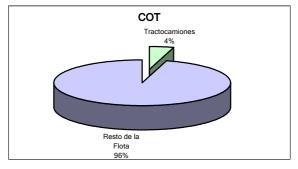
En la figura 1.0 se muestra el aporte porcentual para cada contaminante de la tabla 1.1 en el Distrito Federal; se aprecia que el mayor aporte de los tractocamiones es en las partículas menores de 10 micras con el 42%; seguido de los óxidos de nitrógeno, cuyo aporte es del 15%.

Figura 1.0. Porcentajes de emisiones aportadas por Tractocamiones en el Distrito Federal.









En la tabla 1.2 se presenta el aporte de emisiones del Estado de México y en la Tabla 1.3 las emisiones totales de la Zona Metropolitana del Valle de México, que representa la suma de las emisiones del Distrito Federal y del Estado de México para el Caso Base.

Tabla 1.2. Inventario de Emisiones por Fuentes Móviles en el Estado de México.

Tipo de Vehículo		Em	isiones [Kg	/día]	
ripo de venicalo	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT
Tractocamiones	1,225	381	12,348	13,211	4,732
Resto de la Flota	2,750	3,937	1,946,838	103,496	186,805
Total	3,975	4,318	1,959,186	116,707	191,537

Tabla 1.3. Inventario de Emisiones de la ZMVM.

Tipo de Vehículo		Emisiones [Kg/día]				
ripo de veniculo	PM ₁₀	SO ₂	O	NOx	COT	
Tractocamiones	5,638	1,019	51,932	60,819	21,521	
Resto del la Flota	8,847	10,893	5,478,994	369,973	556,057	
Total	14,485	11,913	5,530,926	430,792	577,578	

Escenario de Carga 1

El segundo escenario representa las condiciones existentes después de la implantación del programa, donde se tendrán los siguientes cambios en la circulación de los vehículos del servicio de transporte de carga:

- > Horario Nocturno: De las 20:00 a las 7:00 h. Los vehículos de carga podrán circular en toda la Red Vial de acuerdo al Reglamento de Tránsito.
- > Periodo Restrictivo: De las 7:00 a las 10:00 h. Los tractocamiones no podrán circular por vialidades primarias.
- ➤ Horario Diurno: De las 10:00 a las 20:00 h. Los tractocamiones podrán circular únicamente por las vialidades preferenciales.

Estas medidas se aplicarán únicamente a los vehículos que componen la flota vehicular del Distrito Federal y dentro de las vialidades de dicha entidad.

De acuerdo a los beneficios en la circulación considerados por la SETRAVI (Secretaría de Transportes y Vialidad): liberación de espacios y al ordenamiento del tránsito de transporte de carga; se estima que la velocidad promedio de los tractocamiones aumentará un 30% en los horarios nocturno y diurno, lo cual dará como resultado un aumento en la velocidad promedio similar en el resto de la flota en el horario diurno y en el período restrictivo.

El cálculo de emisiones se realizó considerando una velocidad promedio de 43 Km/h. Con lo cual se obtiene los porcentajes de reducción en las emisiones de compuestos orgánicos totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno (Tabla 1.4).

Tabla 1.4. Porcentajes de reducción de los Factores de Emisión.

	% Reducción	
Contaminante		Vehículos
	Tractocamiones	Restantes
COT	19.19	15.32
СО	24.39	15.10
NOx	8.61	-3.5

NOTA: Los valores de % Reducción negativos indican aumento.

Considerando las características de la propuesta antes descrita, se calcularon las emisiones del Escenario de Carga 1, cabe resaltar que solo hay cambio de emisiones en el Distrito Federal porque las restricciones en la circulación se dan únicamente en vialidades de esta entidad, como se muestra en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Emisiones para el Escenario de Carga en el Distrito Federal.

Tipo de vehículo	Emisiones [Kg/día]		
	CO	NOx	COT
Tractocamiones	29,929	43,510	13,567
Resto de la Flota	2,984,597	275,180	312,351
Total	3,014,526	318,690	325,918

Una vez calculadas las emisiones totales tanto para el Caso Base como para el Escenario de Carga, utilizando datos del "Estudio de Aforos y Velocidades en la Red Vial Primaria del Área Metropolitana de la Ciudad de México" (SETRAVI, 2000 ⁶) se distribuyeron en las 24 horas del día de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente para el Escenario de Carga 1. Para poder observar de manera más clara estos cambios, se indica el porcentaje de cambio en cada hora; en donde los valores negativos se refieren a un aumento en las emisiones y los positivos indican disminución (Tabla 1.6).

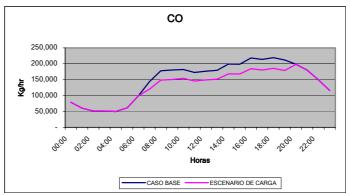
Tabla 1.6. Emisiones de Monóxido de Carbono en el Distrito Federal.

HORA	CO [Kg/h]		
	Caso Base	Escenario Carga	% Reducción
00:00	79,313.99	79,295.00	0.0239
01:00	60,868.08	60,903.52	-0.0582
02:00	51,607.36	51,665.42	-0.1125
03:00	51,146.49	51,209.66	-0.1235
04:00	49,690.24	49,759.55	-0.1395
05:00	61,610.38	61,647.58	-0.0604
06:00	99,257.70	99,187.68	0.0705
07:00	144,218.41	120,510.00	16.4392
08:00	178,218.48	148,920.00	16.4396
09:00	180,447.25	150,780.00	16.4410
10:00	182,183.05	153,960.00	15.4916
11:00	172,552.12	145,840.00	15.4806
12:00	176,376.92	149,060.00	15.4878
13:00	179,482.08	151,680.00	15.4902
14:00	199,053.70	168,200.00	15.5002
15:00	198,755.28	167,940.00	15.5041
16:00	218,389.23	184,520.00	15.5087
17:00	213,708.81	180,570.00	15.5065
18:00	219,286.40	185,320.00	15.4895
19:00	211,691.59	178,860.00	15.5092
20:00	198,570.17	198,229.53	0.1715
21:00	179,863.62	179,580.29	0.1575
22:00	149,344.58	149,139.48	0.1373
23:00	116,103.80	115,987.09	0.1005
TOTAL	3,571,739.73	3,182,764.80	10.8903

Unidad Departamental Modelos, Febrero de 2004

⁶ Secretaría de Transporte y Vialidad, 2000. Memoria técnica del "Estudio de aforos y velocidades en la red vial primaria del área metropolitana de la Ciudad de México".

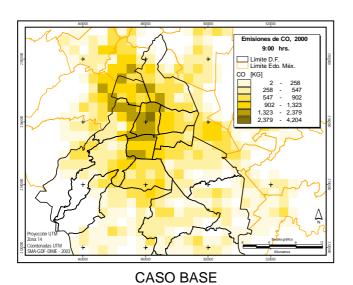
Figura 1.1. Distribución horaria de las emisiones de CO para el Caso Base y el Escenario de Carga.

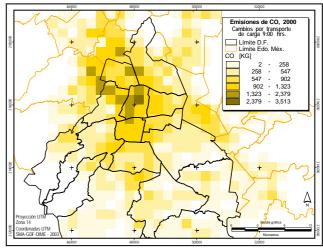


En la figura 1.1 se observan las horas en las que existiría disminución de emisiones de monóxido de carbono (7:00-20:00 h), que son los horarios en los que se aplica el control a la circulación del transporte de carga. Los puntos en los que las gráficas se unen (20:00-7:00 h) indican que los cambios en las emisiones son mínimos, ya que las características del Escenario de Carga 1 son similares a las del Caso Base.

Los mapas en la figura 1.2 muestran la distribución espacial en el horario de las 9:00 a las 10:00 de la mañana para las emisiones de CO en el Distrito Federal en el Caso Base y en el Escenario de Carga 1; aquí se puede identificar que en las zonas Noroeste y Centro de la Ciudad es donde se tiene una mayor reducción de emisiones al aplicar las medidas de control en el Escenario de Carga 1, mientras que en otras zonas, como el Noreste, la diferencia es mínima.

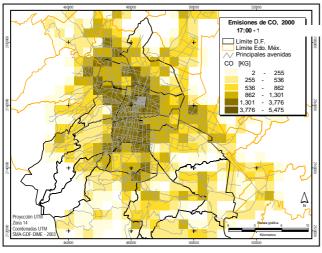
Figura 1.2. Distribución espacial de las emisiones de CO a las 9:00 h.

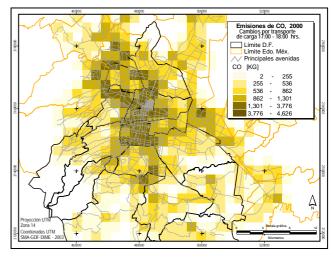




ESCENARIO DE CARGA 1

Figura 1.3. Distribución espacial de las emisiones de CO de las 17 a 18 h.





CASO BASE

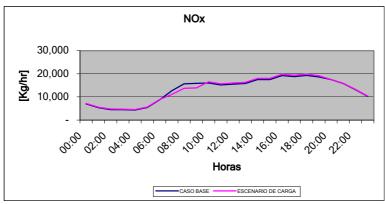
ESCENARIO DE CARGA 1

En los mapas de la figura 1.3 se muestran la distribución de emisiones de las 17:00 a las 18:00 h, con la finalidad de observar también los cambios en una de las horas en que la circulación de los vehículos de carga es únicamente por las vialidades preferenciales. Aquí el cambio de emisiones se da en el Este y Suroeste de la ciudad, mientras que en zonas como el Centro y Noroeste, la diferencia es muy pequeña.

Tabla 1.7. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno en el Distrito Federal.

HORA	NO _x [Kg/hr]		
	Caso Base	Escenario Carga	% Reducción
00:00	6,974.56	7,177.38	-2.9079
01:00	5,352.50	5,571.18	-4.0856
02:00	4,538.15	4,770.27	-5.1148
03:00	4,497.62	4,725.89	-5.0752
04:00	4,369.57	4,607.24	-5.4393
05:00	5,417.78	5,636.56	-4.0383
06:00	8,728.34	8,905.32	-2.0277
07:00	12,682.01	11,110.00	12.3956
08:00	15,671.84	13,730.00	12.3906
09:00	15,867.83	13,900.00	12.4014
10:00	16,020.47	16,550.00	-3.3053
11:00	15,173.56	15,680.00	-3.3376
12:00	15,509.90	16,030.00	-3.3533
13:00	15,782.96	16,310.00	-3.3393
14:00	17,504.01	18,050.00	-3.1192
15:00	17,477.77	18,020.00	-3.1024
16:00	19,204.30	19,780.00	-2.9978
17:00	18,792.72	19,350.00	-2.9654
18:00	19,283.20	19,870.00	-3.0431
19:00	18,615.34	19,180.00	-3.0333
20:00	17,461.49	17,524.72	-0.3621
21:00	15,816.51	15,899.08	-0.5221
22:00	13,132.78	13,252.15	-0.9089
23:00	10,209.72	10,362.15	-1.4930
TOTAL	314,084.93	315,991.94	-0.6072

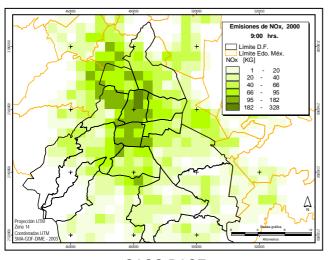
Figura 1.4. Distribución horaria de emisiones de NO_X para el Caso Base y el Escenario de Carga 1.

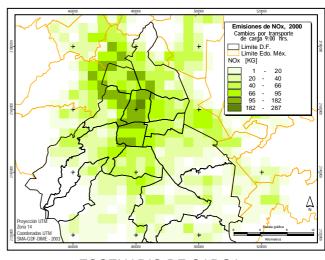


La figura 1.4 y la tabla 1.7 muestran las diferencias de emisiones de Óxidos de Nitrógeno en cada escenario. Como se observa en la misma, la única disminución de este contaminante se presenta entre las 7:00 y las 10:00 h; esto se debe a que en este periodo dejan de circular los vehículos de carga. En las horas restantes del día se observan -a pesar de las restricciones en el uso de las vialidades- ligeros incrementos, ya que la emisión de este contaminante aumenta conforme aumenta la velocidad de los vehículos (principalmente en los vehículos a diesel).

Los mapas en la figura 1.5 (comparativos para la distribución espacial de Óxidos de Nitrógeno de las 9:00 a las 10:00 h), ilustran de manera más clara las reducciones de este contaminante en el período restrictivo (7:00-10:00 h), las cuales son en promedio de un 12%, principalmente en el Oeste y Centro de la Ciudad.

Figura 1.5. Distribución espacial de las emisiones de NO_X a las 9:00 h.

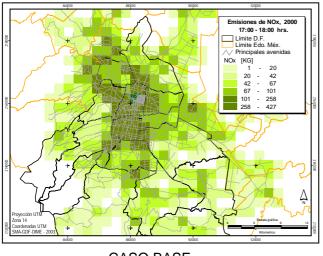


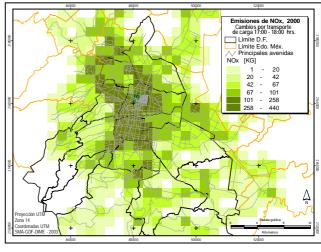


CASO BASE

ESCENARIO DE CARGA 1

Figura 1.6. Distribución espacial de las emisiones de NO_X de las 17:00 h.





CASO BASE

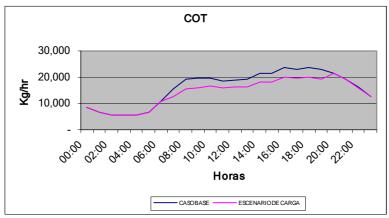
ESCENARIO DE CARGA

En los mapas de la figura 1.6 puede observar que la diferencia en las emisiones de NOx a las 17:00 a las 18:00 h de la tarde es casi nula, esto se debe a lo mencionado anteriormente, ya que de las 22:00 a las 7:00 h se tienen ligeros aumentos en estas emisiones a pesar de las restricciones en la circulación.

Tabla 1.8 Emisiones de Compuestos Orgánicos Totales en el Distrito Federal.

HORA	COT [Kg/hr]		
	Caso Base	Escenario Carga	% Reducción
00:00	8,572.42	8,589.60	-0.2004
01:00	6,578.75	6,612.64	-0.5151
02:00	5,577.83	5,625.25	-0.8501
03:00	5,528.02	5,567.60	-0.7161
04:00	5,370.62	5,417.05	-0.8645
05:00	6,658.98	6,689.38	-0.4565
06:00	10,727.98	10,731.42	-0.032
07:00	15,587.43	12,610.00	19.1015
08:00	19,262.23	15,590.00	19.0644
09:00	19,503.12	15,780.00	19.0899
10:00	19,690.72	16,710.00	15.1377
11:00	18,649.79	15,840.00	15.0661
12:00	19,063.19	16,180.00	15.1244
13:00	19,398.80	16,470.00	15.0978
14:00	21,514.14	18,260.00	15.1256
15:00	21,481.89	18,230.00	15.1378
16:00	23,603.96	20,020.00	15.1837
17:00	23,098.10	19,590.00	15.1878
18:00	23,700.93	20,120.00	15.1088
19:00	22,880.07	19,400.00	15.21
20:00	21,461.88	21,368.50	0.4351
21:00	19,440.04	19,364.58	0.3881
22:00	16,141.47	16,099.48	0.2602
23:00	12,548.74	12,532.99	0.1255
TOTAL	386,041.10	343,398.49	11.0461

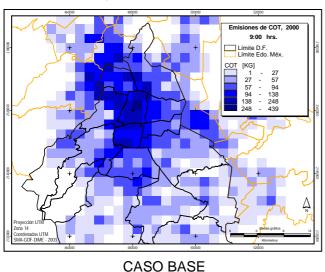
Figura 1.7. Distribución de las emisiones de COT en el Caso Base y en el Escenario de Carga 1.

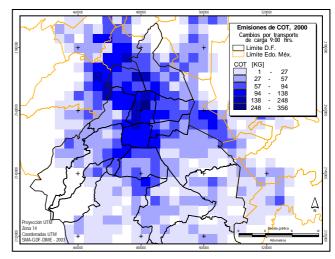


Las emisiones de Compuestos Orgánicos Totales presentan reducciones importante de las 7:00 a las 10:00 h (19%) y de las 10:00 a las 20:00 h (15%) (figura 1.7 y Tabla 1.8); el primero, horario en que los vehículos de carga no circulan; y el segundo, horario en que circulan por las vialidades preferenciales respectivamente. De las 20:00 a las 7:00 h los cambios en las emisiones son mínimos, porque las condiciones de circulación se mantienen casi constantes.

Los mapas en la figura 1.8 muestran las diferencias para los Compuestos Orgánicos Totales de las 9:00 a las 10:00 h, y permiten observar que estos cambios se presentan de manera uniforme casi en todas las zonas de la ciudad, con excepción de la zona Centro y Noroeste, donde se puede observar una mayor diferencia.

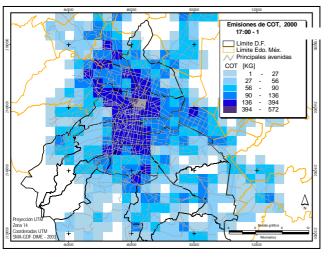
Figura 1.8. Distribución espacial de las emisiones de COT a las 9:00 hrs.

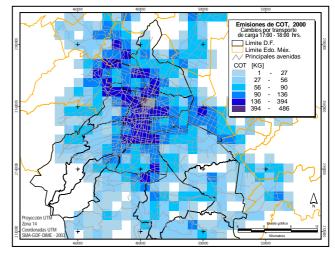




En un horario en que todos los vehículos circulan y el transporte de carga circula solamente por las vialidades preferenciales (17:00-18:00 h), los mapas de la figura 1.9 permiten observar que los Compuestos Orgánicos Totales presentan una disminución mayor en la zona Sur de la ciudad y en el resto de las zonas las emisiones son similares.

Figura 1.9. Distribución espacial de las emisiones de COT de las 17:00 h





CASO BASE

ANEXO 2

"ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES CON BASE EN LA PROPUESTA DEL CONSEJO COORDINADOR EMPRESARIAL"

Unidad Departamental de Fuentes Móviles. SMA-GDF

Para realizar la evaluación de emisiones se definieron dos escenarios: el Caso Base y el Escenario de Carga 2, para los cuales se estimaron las emisiones de contaminantes criterio tomando como base los lineamientos del Inventario de Emisiones 2000.

Caso Base

Este escenario representa la situación actual, es decir, la flota reportada en el Inventario de Emisiones 2000 y las emisiones producidas por esta flota en las condiciones actuales de tráfico y circulación de la Ciudad de México.

De la flota vehicular en la Zona Metropolitana del Valle de México, alrededor del 2% de los vehículos en el Distrito Federal son de transporte de carga (tractocamiones) de tres o más ejes (Tabla 2.0).

Tabla 2.0. Flota Vehicular de la ZMVM, 2000.

Tipo de Vehículo	Distrito Federal	Estado de México	ZMVM
Tractocamiones	49,077	13,830	62,907
Resto de la Flota	2,255,070	847,233	3,102,303
Total	2,304,147	861,063	3,165,210

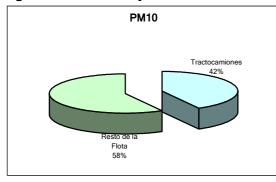
Las emisiones del Caso Base corresponden con el Inventario de Emisiones 2000, cuya emisión se calculó considerando una velocidad promedio de 33 Km/h para todos los tipos de vehículos en circulación. En la tabla 2.1 se muestra el aporte de emisiones, en kilogramos al día, de la flota de tractocamiones y el resto de los vehículos considerados en el Inventario de Emisiones.

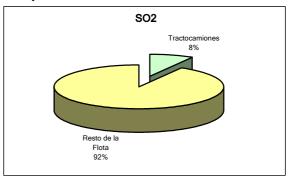
En la Figura 2.0 puede observarse el aporte porcentual para cada contaminante de la tabla 2.1, en ésta se aprecia que el mayor aporte de los tractocamiones es en partículas menores de 10 micras, con el 42%; seguido de los óxidos de nitrógeno, cuyo aporte es del 15%.

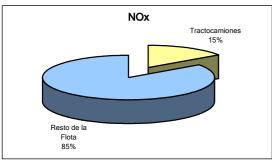
Tabla 2.1. Inventario de Emisiones por Fuentes Móviles en el Distrito Federal.

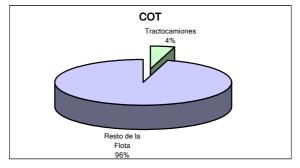
Tipo do Vobículo	-				
<u>Tipo de Vehículo</u>	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	СОТ
Tractocamiones	4,414	638	39,584	47,608	16,789
Resto de la Flota	6,096	6,957	3,532,156	266,477	369,252
Total	10,510	7,595	3,571,740	314,085	386,041

Figura 2.0. Porcentajes de emisiones vertidas por Tractocamiones en el Distrito Federal.









La Tabla 2.2 muestra el aporte de emisiones del Estado de México, y la Tabla 2.3 las emisiones totales de la Zona Metropolitana del Valle de México, que representa la suma de las emisiones del Distrito Federal y el Estado de México para el Caso Base.

Tabla 2.2. Inventario de Emisiones por Fuentes Móviles en el Estado de México.

Tipo de Vehículo		Emisiones [Kg/día]			
ripo de venicalo	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	COT
Tractocamiones	1,225	381	12,348	13,211	4,732
Resto de la Flota	2,750	3,937	1,946,838	103,496	186,805
Total	3,975	4,318	1,959,186	116,707	191,537

Tabla 2.3. Inventario de Emisiones de la ZMVM.

Tipo de Vehículo					
ripo de veniculo	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x	СОТ
Tractocamiones	5,638	1,019	51,932	60,819	21,521
Resto del la Flota	8,847	10,893	5,478,994	369,973	556,057
Total	14,485	11,912	5,530,926	430,792	577,578

Escenario de Carga 2.

El segundo escenario representa las condiciones existentes al implantarse el programa "Armonización ambiental del transporte de carga que circula en la ZMVM", donde se tendrían los siguientes cambios en la circulación de los vehículos del transporte de carga:

Periodo Restrictivo: De las 7:00 a las 9:00 h. Los tractocamiones no podrán circular.

Esta medida aplica únicamente a los vehículos que circulan en las vialidades del Distrito Federal.

La Secretaría de Transportes y Vialidad (SETRAVI) considera que al no transitar los tractocamiones por las vialidades de la ciudad, se tienen diversos beneficios como la liberación de espacios; y en consecuencia, aumento en la velocidad promedio del resto de los vehículos en circulación. De acuerdo a estos beneficios, se estima que el aumento de las velocidad sería de un 30% en el horario restrictivo.

El cálculo de emisiones se realizó considerando una velocidad promedio de 43 Km/h. Con lo cual se obtiene los porcentajes de reducción en las emisiones de compuestos orgánicos totales, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Porcentaies de reducción de los Factores de Emisión.

u z i ii i 0.00iita	joo ao roaaccion	ao 100 i aotoroo ao Errin	
Contominanto	% Reducción		
Contaminante	Tractocamiones	Vehículos Restantes	
СОТ	19.19	15.32	
СО	24.39	15.16	
NOx	8.61	-3.51	

NOTA: Los valores de % Reducción negativos indican aumento de emisión.

Considerando las características de la propuesta antes descrita, se calcularon las emisiones del Escenario de Carga 2, cabe resaltar que solo hay cambio de emisiones en el Distrito Federal porque las restricciones en la circulación se dan únicamente en vialidades de esta entidad, como se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Emisiones para el Escenario de Carga 2 en el Distrito Federal.

Tipo de vehículo	Emisiones [K	(g/día]	
i ipo de veriiculo	СО	COT	
Tractocamiones	34,970.41	42,988.46	15,856.15
Resto de la Flota	2,979,555.59	275,701.54	365,053.85
Total	3,522,310.00	314,870.00	380,910.00

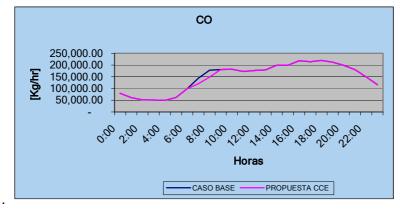
Tabla 2.6. Emisiones de Monóxido de Carbono en el Distrito Federal.

HORA		CO	
HOKA	Caso Base	Escenario de carga	% Reducción
00:00	79,313.99	79,470.00	-0.1967
01:00	60,868.08	61,030.00	-0.2660
02:00	51,607.36	51,770.00	-0.3152
03:00	51,146.49	51,310.00	-0.3197
04:00	49,690.24	49,850.00	-0.3215
05:00	61,610.38	61,770.00	-0.2591
06:00	99,257.70	99,420.00	-0.1635
07:00	144,218.41	120,510.00	16.4392
08:00	178,218.48	148,920.00	16.4396
09:00	180,447.25	180,610.00	-0.0902
10:00	182,183.05	182,340.00	-0.0861
11:00	172,552.12	172,710.00	-0.0915
12:00	176,376.92	176,540.00	-0.0925
13:00	179,482.08	179,640.00	-0.0880
14:00	199,053.70	199,220.00	-0.0835
15:00	198,755.28	198,910.00	-0.0778
16:00	218,389.23	218,550.00	-0.0736
17:00	213,708.81	213,870.00	-0.0754
18:00	219,286.40	219,470.00	-0.0837
19:00	211,691.59	211,860.00	-0.0796
20:00	198,570.17	198,730.00	-0.0805
21:00	179,863.62	180,030.00	-0.0925
22:00	149,344.58	149,510.00	-0.1108
23:00	116,103.80	116,270.00	-0.1431
TOTAL	3,571,739.73	3,522,310.00	1.3839

Una vez que calculadas las emisiones totales tanto para el Caso Base como para el Escenario de Carga 2, utilizando datos del "Estudio de Aforos y Velocidades en la Red Vial Primaria del Área Metropolitana de la Ciudad de México" (SETRAVI, 2000 ⁷) se distribuyeron en las 24 horas del día de acuerdo a las restricciones mencionadas anteriormente para el Escenario de Carga 2. Para poder observar de manera más clara estos cambios, en la Tabla 2.6 se indica el porcentaje de reducción en cada hora; donde los valores negativos se refieren a un aumento en las emisiones y los positivos indican disminución.

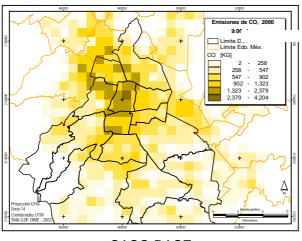
En la figura 2.1 se observan las horas en las que hay disminución en las emisiones de monóxido de carbono (7:00-9:00 h), mismo periodo en que dejarían de circular los tractocamiones. En los puntos en los que las líneas aparentemente se unen (9:00-7:00 h), hay ligeros aumentos de emisión debido a la redistribución de las emisiones de tractocamiones.

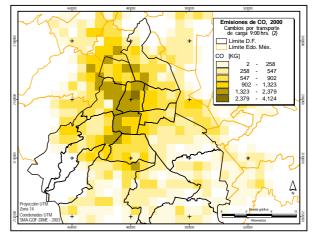
Figura 2.1. Distribución horaria de las emisiones de CO para el Caso Base y el Escenario de Carga 2.



⁷ Secretaría de Transporte y Vialidad, 2000. Memoria técnica del "Estudio de aforos y velocidades en la red vial primaria del área metropolitana de la Ciudad de México".

Figura 2.2. Distribución espacial de las emisiones de CO de las 9:00 h.





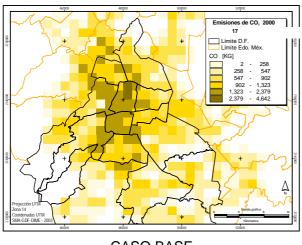
CASO BASE

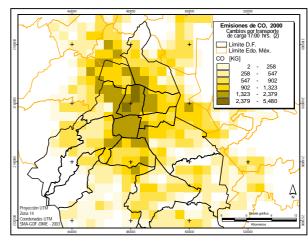
ESCENARIO DE CARGA 2

Los mapas de la figura 2.2 muestran la distribución espacial en el horario de las 9:00 h, para las emisiones de CO en el Distrito Federal del Caso Base y el Escenario de Carga 2; aquí se puede observar que en la zona Centro de la Ciudad es donde aumentan las emisiones al aplicar el Escenario de Carga 2, mientras que en el resto de la ciudad éstas permanecen prácticamente iguales.

A continuación los mapas de la figura 2.3 muestran la distribución de emisiones a las 17:00 h. En este caso el aumento en las emisiones se da principalmente en las zonas Noroeste, Centro y Este de la ciudad.

Figura 2.3. Distribución espacial de las emisiones de CO de las 17:00 h.





CASO BASE

Tabla 2.7. Emisiones de Óxidos de Nitrógeno en el Distrito Federal.

HORA		NOx	
HUKA	Caso Base	Escenario de carga	% Reducción
00:00	6,974.56	7,170.00	-2.8021
01:00	5,352.50	5,550.00	-3.6898
02:00	4,538.15	4,730.00	-4.2275
03:00	4,497.62	4,700.00	-4.4996
04:00	4,369.57	4,570.00	-4.5870
05:00	5,417.78	5,620.00	-3.7326
06:00	8,728.34	8,930.00	-2.3104
07:00	12,682.01	11,110.00	12.3956
08:00	15,671.84	13,730.00	12.3906
09:00	15,867.83	16,060.00	-1.2111
10:00	16,020.47	16,210.00	-1.1830
11:00	15,173.56	15,360.00	-1.2287
12:00	15,509.90	15,710.00	-1.2901
13:00	15,782.96	15,980.00	-1.2484
14:00	17,504.01		-1.1197
15:00	17,477.77	17,670.00	-1.0999
16:00	19,204.30	19,400.00	-1.0190
17:00	18,792.72	18,980.00	-0.9965
18:00	19,283.20	19,490.00	-1.0725
19:00	18,615.34	18,810.00	-1.0457
20:00	17,461.49		-1.0796
21:00	15,816.51	16,010.00	-1.2234
22:00	13,132.78	13,330.00	-1.5017
23:00	10,209.72	10,400.00	-1.8637
TOTAL	314,084.93	314,870.00	-0.2500

La figura 2.4 corresponde a la diferencia de emisiones de Óxidos de Nitrógeno; donde, al igual que en el Monóxido de Carbono, la disminución de este contaminante se presenta únicamente entre las 7:00 y las 9:00 h. En las horas restantes se tienen pequeños aumentos, los cuales no se aprecian claramente en la figura 2.4, pero sí se pueden observar en la tabla 2.7.

Figura 2.4. Distribución horaria de emisiones de NO_X para el Caso Base y el Escenario de Carga 2.

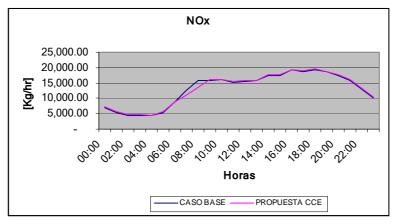
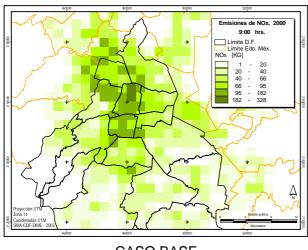
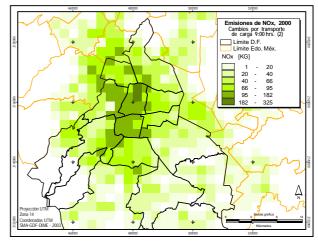


Figura 2.5. Distribución espacial de las emisiones de NO_X de las 9:00 h.





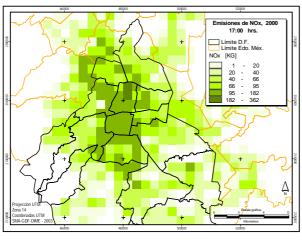
CASO BASE

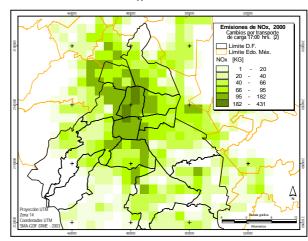
ESCENARIO DE CARGA 2

Los mapas en la figura 2.5 son comparativos para la distribución espacial de Óxidos de Nitrógeno de las 9:00 h, en los que se observa el aumento en las emisiones de este contaminante, principalmente en el Centro de la Ciudad.

En los mapas de las 17:00 h (figura 2.6) para Óxidos de Nitrógeno, al igual a las 9:00 h, se aprecia un aumento en estas emisiones principalmente en la zona Centro.

Figura 2.6. Distribución espacial de las emisiones de NO_X de las 17:00 h.





CASO BASE

Tabla 2.8. Emisiones de Compuestos Orgánicos Totales en el Distrito Federal.

	cor COT				
HORA	Caso Base	Escenario de carga	% Reducción		
00:00	8,572.42	8,640.00	-0.7883		
01:00	6,578.75	6,640.00	-0.9310		
02:00	5,577.83	5,650.00	-1.2939		
03:00	5,528.02	5,600.00	-1.3021		
04:00	5,370.62	5,440.00	-1.2918		
05:00	6,658.98	6,730.00	-1.0666		
06:00	10,727.98	10,800.00	-0.6713		
07:00	15,587.43	12,610.00	19.1015		
08:00	19,262.23	15,590.00	19.0644		
09:00	19,503.12	19,570.00	-0.3429		
10:00	19,690.72	19,760.00	-0.3518		
11:00	18,649.79	18,720.00	-0.3764		
12:00	19,063.19	19,130.00	-0.3505		
13:00	19,398.80	19,470.00	-0.3670		
14:00	21,514.14	21,580.00	-0.3061		
15:00	21,481.89	21,550.00	-0.3171		
16:00	23,603.96	23,680.00	-0.3221		
17:00	23,098.10	23,160.00	-0.2680		
18:00	23,700.93	23,790.00	-0.3758		
19:00	22,880.07	22,950.00	-0.3056		
20:00	21,461.88	21,530.00	-0.3174		
21:00	19,440.04	19,500.00	-0.3085		
22:00	16,141.47	16,210.00	-0.4245		
23:00	12,548.74	12,610.00	-0.4882		
TOTAL	386,041.10	380,910.00	1.3292		

Las emisiones de Compuestos Orgánicos Totales son las que presentan una mayor reducción (19%) de las 7:00 a las 9:00 h (Tabla 2.8 y figura 2.7), el único horario donde hay disminución de emisiones para todos los contaminantes.

Figura 2.7. Distribución de las emisiones de COT en el Caso Base y en el Escenario de Carga 2.

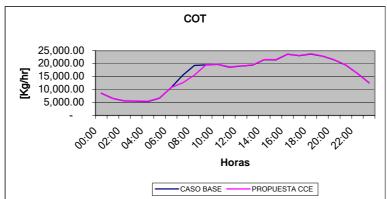
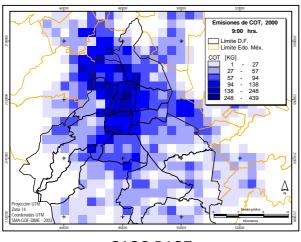
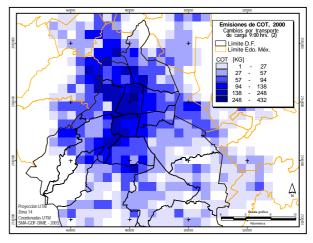


Figura 2.8. Distribución espacial de las emisiones de COT de las 9:00 h.





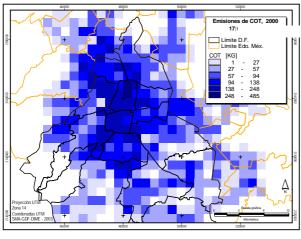
CASO BASE

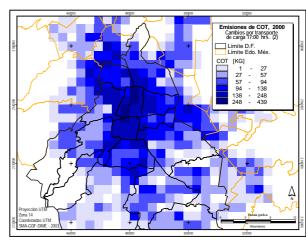
ESCENARIO DE CARGA 2

Los mapas de la figura 2.8 muestran las diferencias en los Compuestos Orgánicos Totales a las 9:00 h, antes y después de aplicar el Escenario de Carga 2; y permiten observar que los aumentos de este contaminante se presentan de manera uniforme casi en todas las zonas de la ciudad, con excepción de la zona Centro, donde se puede aprecia una mayor diferencia.

Los mapas en la figura 2.9 muestran que los Compuestos Orgánicos Totales se comportan de manera similar a las 9:00 y a las 17:00 h; es decir, que los aumentos en las emisiones de este contaminante son prácticamente uniformes en todas las zonas de la Ciudad de México.

Figura 2.9. Distribución espacial de emisiones de COT a las 17:00 h.





CASO BASE

ANEXO 3

"DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE OZONO DEL EC1 VS CB"

Unidad Departamental Modelos. SMA-GDF

La distribución geográfica de las concentraciones de ozono permite apreciar cuales fueron las zonas con exposición a concentraciones elevadas de ozono (mayores a 0.11 ppm) dentro de la ZMVM. A continuación, se incluyen en las figuras 3.1.0 a 3.2.3, la distribución horaria de ozono para el día 24 de Mayo del 2000, de las 7 a las 20 horas locales (LST). Adicionalmente, se incluyen a manera de gráficas de pastel, la cantidad de registros contabilizados para 5 intervalos IMECA: 0-100, 101-150, 151-180, 181-200 y más de 200 puntos.

- 7 LST, figura 3.1.0: Podemos observar como la calidad del aire a esta hora es satisfactoria en la mayor parte del dominio, tanto en el caso base (izq.) como en el escenario de carga (der.). El intervalo de 0.09 a 0.11 ppm (textura tipo ladrillo) de la escala descrita en cada figura, representa el limite de los valores en norma (iguales ó menores a 100 puntos IMECA). La mayor concentración se presentó en la zona Sur (S) de la delegación Alvaro Obregón. Las gráficas de pastel muestran que existe un comportamiento similar en el EC1 con respecto al CB.
- 8 LST, figura 3.1.1: En la región Oeste (O) y S se observa como gradualmente las concentraciones de ozono varían del intervalo 0-100 al intervalo 101-150 IMECA, manteniéndose una gran parte del dominio con concentraciones bajo norma, principalmente en la zona central de la Ciudad de México. Las gráficas de pastel muestran que las concentraciones siguen manteniéndose similares tanto en el CB como en el EC1.
- 9 LST, figura 3.1.2: A esta hora comienza a notarse un incremento importante de las concentraciones de ozono sobre la zona urbana, principalmente en el O y Este (E) de la Ciudad. Hay concentraciones de ozono bajo norma en los 5 sitios de monitoreo presentados, siendo la estación Merced el sitio con mejor calidad del aire; el EC1 presenta 1% más datos bajo norma. Se observa que las concentraciones del intervalo 101 a 150 IMECA van en aumento.
- 10 LST, figura 3.1.3: Aún es considerable la presencia de concentraciones bajo norma en la zona urbana. Las zonas con concentraciones más altas en estos momentos son el norte de la delegación Alvaro Obregon y el Municipio de La Paz, donde se observan pequeñas áreas con concentraciones de 0.19 ppm. A esta hora, ya sólo la mitad de los valores están bajo norma, y sigue siendo ligeramente mejor la calidad del aire en el EC1.
- 11 LST, figura 3.1.4: Se aprecian claramente dos zonas de alta concentración crecientes en el límite entre La Paz e Iztapalapa y al norte de Cuajimalpa, para ambos escenarios. A pesar de esto, toda la zona central de la ciudad aún presenta buena calidad del aire. No obstante, resalta como el porcentaje de concentraciones de ozono bajo norma decrece de 52 en la hora previa, a 30%. Lo anterior muestra que a esta hora y en las horas inmediatas, la formación y acumulación de ozono predomina sobre su eliminación. El EC1 continua teniendo 1% más datos bajo norma y 1% menos datos en el intervalo 101-150 IMECA, respecto al CB. Los valores en el intervalo 151 a 180 IMECA ya representan el 1% del total en ambos escenarios.
- 12 LST, figura 3.1.5: El área bajo norma se restringe principalmente al sector IMECA del centro, y ya sólo 12% de los datos están bajo norma. La zona de alta concentración al Este

cubre gran parte del Municipio de La Paz, mientras que en el limite Cuajimalpa-Huixquilucan también se amplia la zona de concentración alta de ozono. El EC1 tiene 1% menos datos en los intervalos 101-150 y 151-180 IMECA, respecto al CB. Los valores arriba de 200 IMECA ya representan el 1% del total.

- 13 LST, figura 3.1.6: 7% de los valores está bajo norma en el EC1, el cual continua presentando 1% más datos en este intervalo que el CB. Por otra parte, el CB tiene 8% de sus valores en el intervalo 181-200 IMECA, por sólo 7 % del EC1 en el mismo intervalo. Los valores arriba de 200 IMECA ya alcanzan el 2% del total. En La Paz la concentración de ozono baja de 0.27 a 0.23 ppm; y en Huixquilucan, el decremento es similar.
- 14 LST, figura 3.1.7: La área afectada por altas concentraciones de ozono en La Paz se amplia ligeramente y nuevamente alcanza 0.27 ppm, pero la región más afectada está al SO, en Cuajimalpa-Huixquilucan, donde la región con alta concentración de ozono se amplía y alcanza los 0.29 ppm. Prácticamente ya no se observan zonas bajo norma en la zona urbana; y globalmente, sólo 4% de los datos está bajo los 100 puntos IMECA. Es destacable que en el EC1 se estiman hasta 2% menos datos arriba de 200 puntos IMECA, que si no se aplica ningún control de emisiones (CB).
- 15 LST, figura 3.1.8: A esta hora se muestran diferencias importantes al observar las zonas de mayor contaminación. Al aplicar el control de emisiones (EC1), en la zona Cuajimalpa-Huixquilucan el ozono disminuye de 0.29 a 0.27 ppm; mientras que en el limite de La Paz-Iztapalapa, la concentración también baja de 0.31 a 0.29 ppm. Lo anterior se corrobora al observarse que el EC1 tiene 24% de los datos arriba de 200 puntos IMECA, mientras que el CB alcanza el 26%.
- 16 LST, figura 3.1.9: De acuerdo a lo estimado con MCCM, esta es la hora con peor calidad del aire. En la zona NE de Iztapalapa se estimaron 0.31 ppm (textura blanca punteada), la máxima concentración de ozono. Se aprecia que la cobertura de esta concentración, es substancialmente mayor al no aplicarse medidas de control de emisiones. Por otro lado, en el Oeste de la ZMVM se muestran varias zonas que alcanzan los 0.27 ppm, éstas están distribuidas principalmente en Cuajimalpa, Naucalpan, Tlalnepantla y Atizapán; siendo menos grandes tales zonas en el EC1 respecto al CB. Al igual que en horas previas, el porcentaje de datos arriba de 200 puntos IMECA es menor en el escenario con control de emisiones (EC1).
- 17 LST, figura 3.2.0: Mejora substancialmente la calidad del aire, la zona de alta concentración de ozono al Este (en Iztapalapa) desaparece, y en el SO (Alvaro Obregón) el ozono baja hasta 0.23 ppm, manteniéndose alto (0.27 ppm) principalmente en Atizapán. Nuevamente se presentan áreas bajo norma (textura de ladrillo y color amarillo) en el centro y SE de la zona urbana, principalmente. Cabe resaltar que el escenario de control presenta 1% menos registros en el intervalo 151-180 IMECA.
- 18 LST, figura 3.2.1: A esta hora se aprecia como progresivamente va decreciendo el ozono en toda la ZMVM y sólo quedan algunas zonas (en Jilotzingo, Huixquilucan y Cuajimalpa) con concentraciones de ozono cercanas a 0.23 ppm. La región bajo norma aumenta rápidamente cubriendo parte del Sur y centro, y se extiende hacia el Norte. El escenario de control presenta 20% de sus datos bajo norma, mientras que el CB tiene 19%. Este patrón de ozono en la zona montañosa, podría deberse al transporte del mismo debido a las brisas térmicas hacia dicha zona, que rigen el movimiento del aire en esta dirección al caer la noche.
- 19 LST, figura 3.2.2: Se nota ya una influencia significativa de las brisas de montaña sobre la zona urbana, las cuales transportan los contaminantes del valle hacia la montaña. A esta hora

las concentraciones de ozono tienen cierto parecido a lo observado a las 11 h. La mayor concentración (0.23 ppm) se observa en el NO. Las figuras de pastel muestran que el escenario de control de emisiones presenta 1% menos registros que el CB en el intervalo de 181 a 200 puntos IMECA; y que en ambos escenarios, los datos bajo norma ya representan más del 25%.

20 LST, figura 3.2.3: La zona bajo norma se extiende ya en los cinco sectores IMECA, siendo mejor la calidad el aire en el centro y Oeste del D. F., aunque la región bajo norma se extiende hasta Tláhuac y Chalco. A esta hora ambos escenarios tienen 40% de sus datos bajo norma y el EC1 muestra 1% menos registros que el CB en los intervalos 101-150 y 151-180 IMECA.

Caso Base 2000 Escenario Carga 1 24 mayo 7 LST 24 mayo 7 LST 19.7-19.7ppm 0.33 19.6-19.6-0.31 0.29 0.27 TLA TLA XAL XAL 0.25 19.5-19.5-0.23 0.21 0.19 MER MER 0.17 19.4 19.4-0.15 0.13 0.11 PED PED 0.09 19.3-19.3-0.07 0.05 0.03 0.01 -98.9 -98.9 **■**0% **□**0% ¬ □0% ¬ □0% **IMECA ∠**□0% ■0% **0**-100 **6**% **6**% **101-150 151-180 181-200 94**% **2**00 **94**%

Figura 3.1.0. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 7 h.

Caso Base 2000 Escenario Carga 1 24 mayo 8 LST 24 mayo 8 LST 19.7-19.7ppm 0.33 19.6-0.31 0.29 0.27 TLA TLA XAL XAL 0.25 19.5-19.5-0.23 \Diamond 0 0.21 0.19 MER 0.01 MER 0.01 -0.17 19.4-0.15 0.13 0.11 PED 0.09 19.3-19.3-0.07 0.05 0.03 0.01 -99.2 -99.1 -99.3 -99.1 -99.2 **■**0% **0**% □0% ¬ **0**% **IMECA** -□0% **0**% **0**-100 **8**% ■8% **101-150 151-180 92**% **181-200 92**% **200**

Figura 3.1.1. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 8 h.

Caso Base 2000 Escenario Carga 1 24 mayo 9 LST 24 mayo 9 LST 19.7 ppm 0.33 19.6-19.6-0.31 0.29 0.27 OTLA 0.25 19.5-19.5-0.23 0.21 0.19 MER MER 0.17 0.07 0.15 0.13 PED 0.94 0.11 PED 0.09 19.3-0.07 0.05 0.03 0.01 -99.2 -99.3 -99.1 -98.9 -99.2 **□**0% ¬ **■**0% **□**0% □0% ¬ **IMECA** /_□0% **■**0% **0**-100 19% **101-150** 18% **82**% **151-180 81% 181-200 200**

Figura 3.1.2. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 9 h.

Figura 3.1.3. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 10 h.

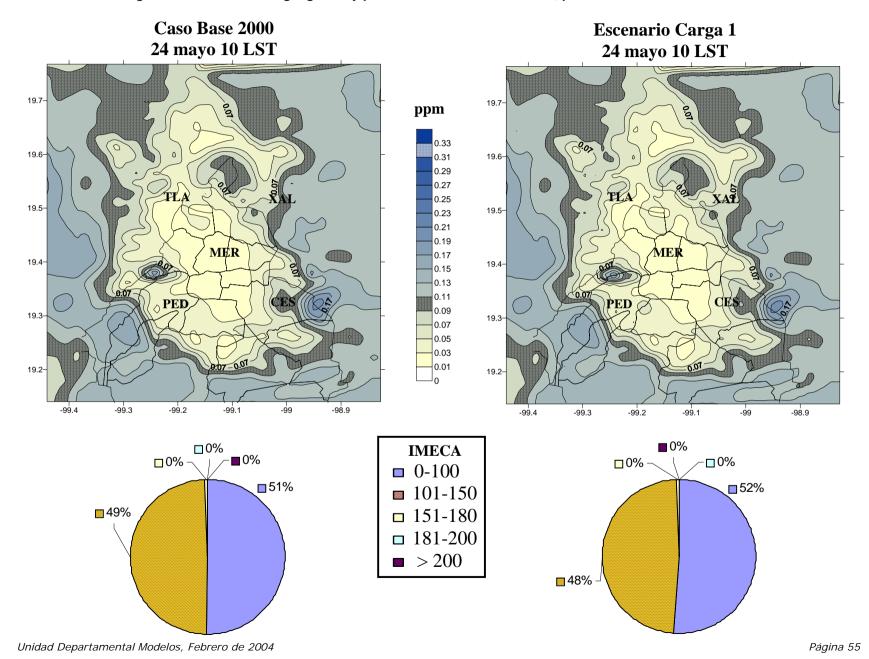


Figura 3.1.4. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 11 h.

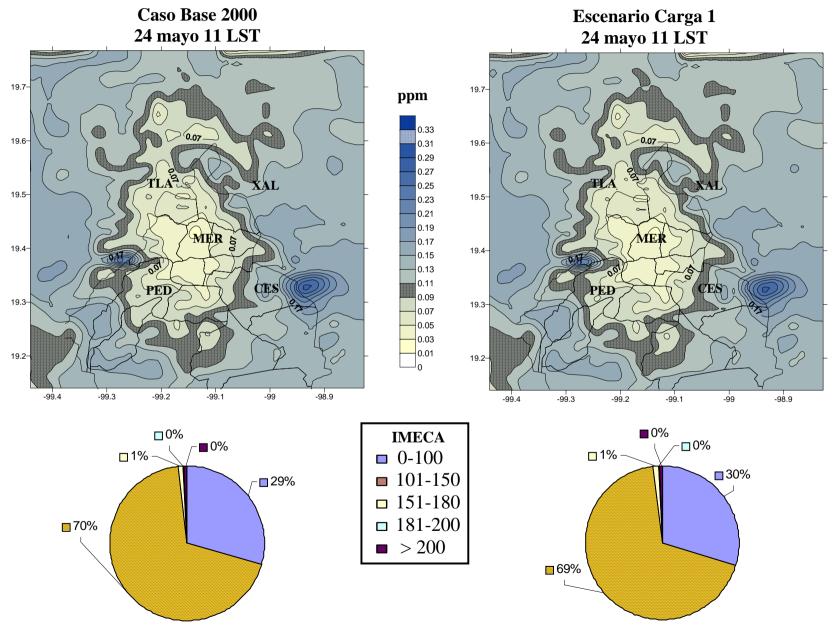


Figura 3.1.5. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 12 h.

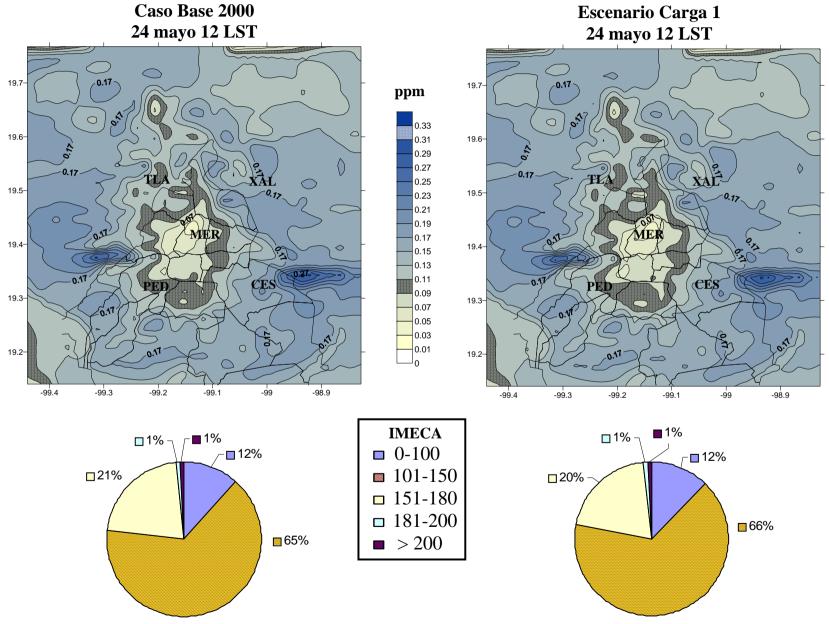


Figura 3.1.6. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 13 h.

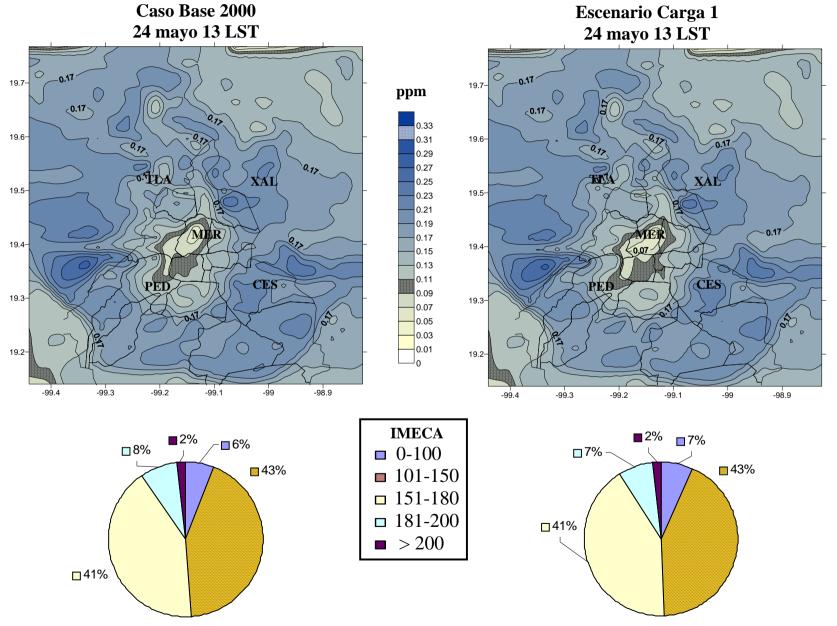


Figura 3.1.7. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 14 h.

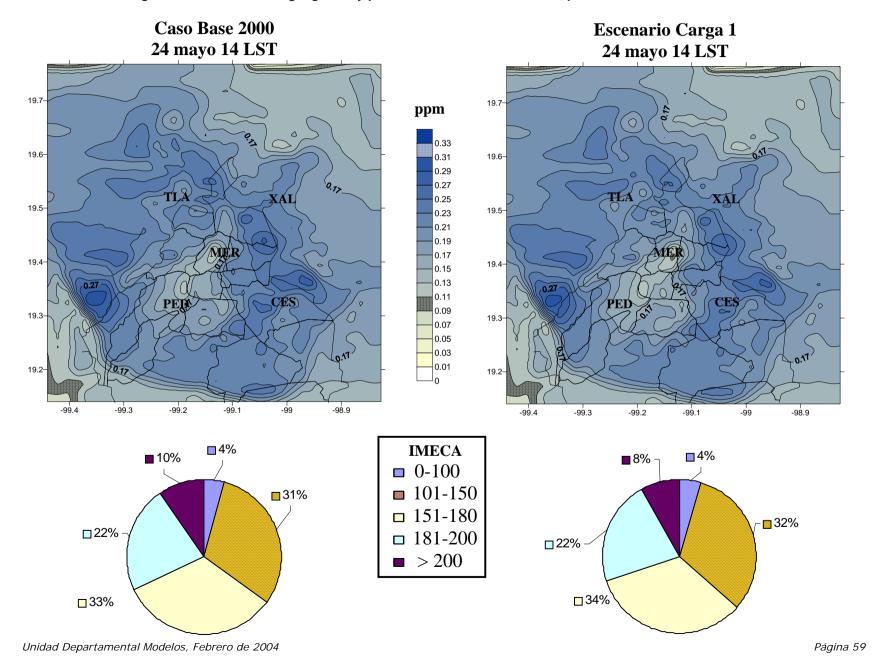


Figura 3.1.8. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 15 h.

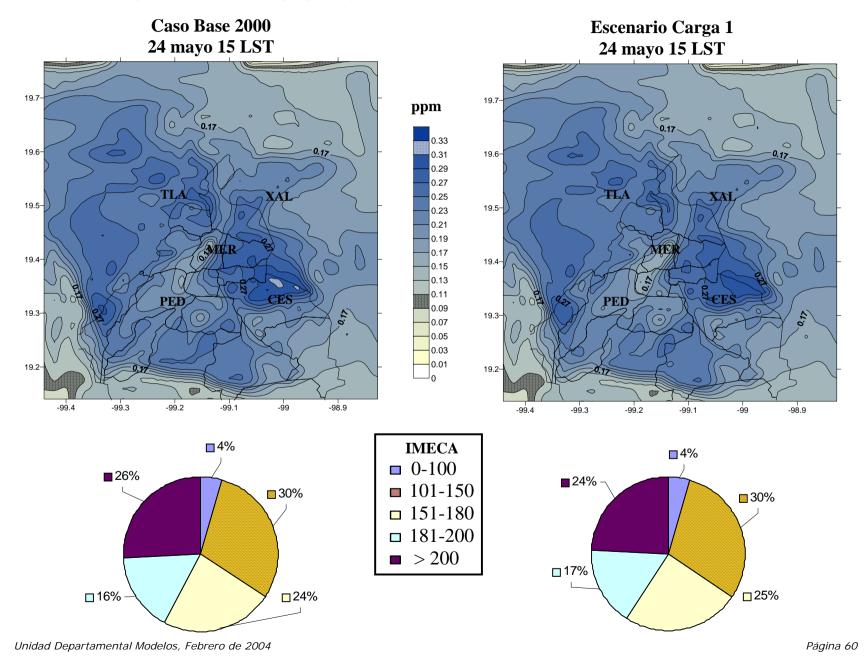


Figura 3.1.9. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 16 h.

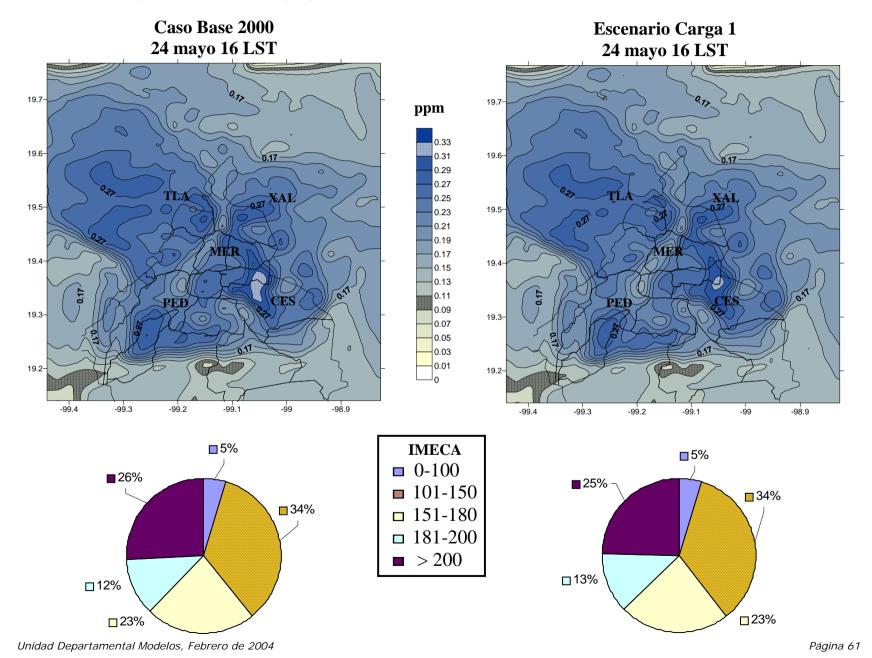


Figura 3.2.0. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 17 h.

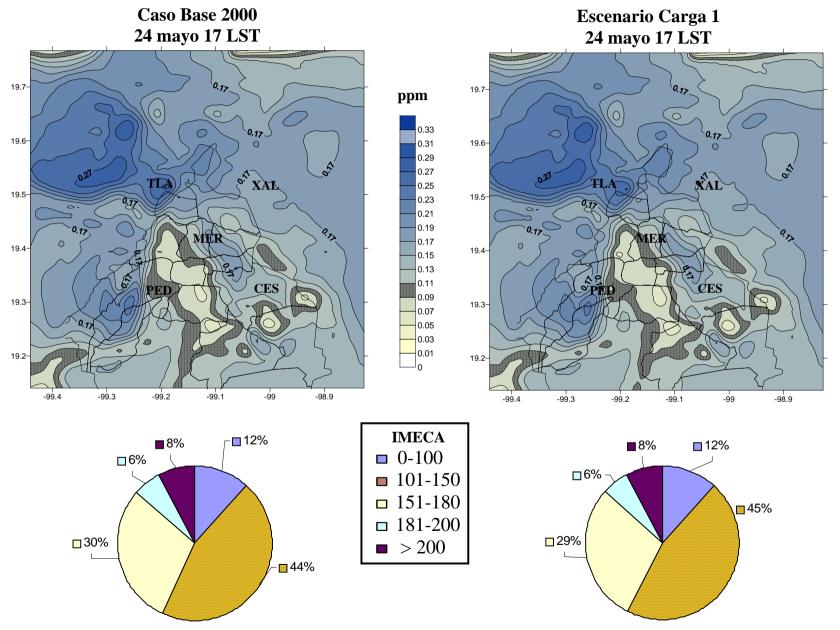


Figura 3.2.1. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 18 h.

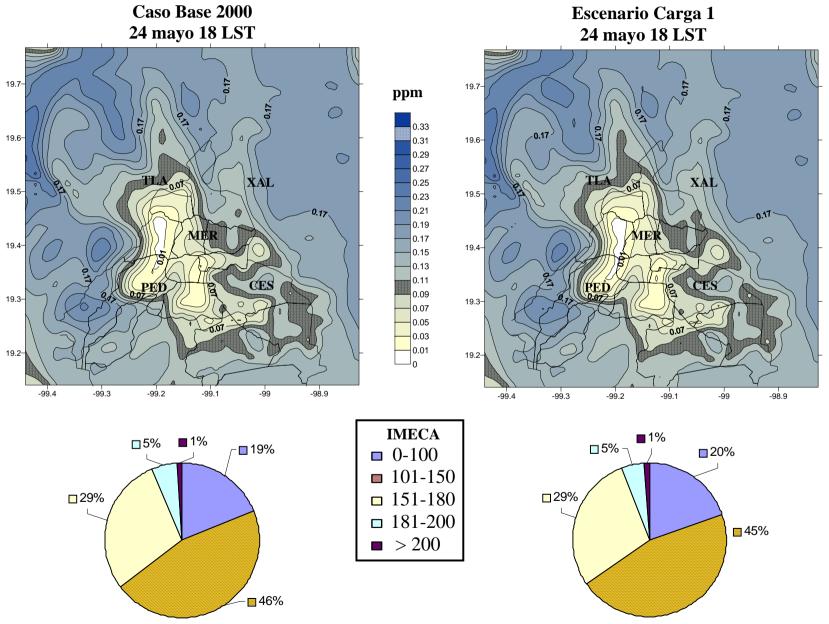
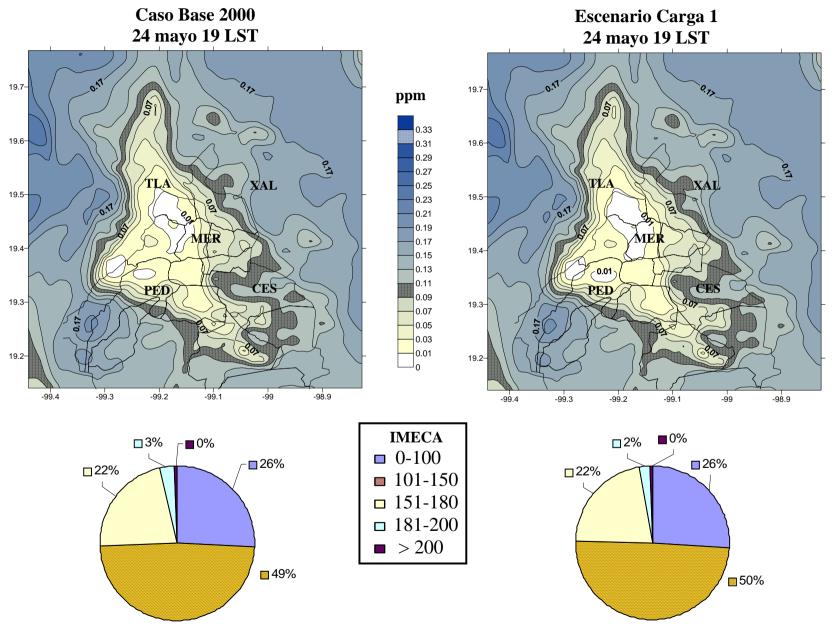


Figura 3.2.2. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 19 h.



Caso Base 2000 Escenario Carga 1 24 mayo 20 LST 24 mayo 20 LST 0.72) 19.7-19.7ppm 0.33 19.6-0.31 19.6-0.29 0.27 TLA 0.25 19.5-19.5-0.23 0.21 0.19 MER MER 0.17 19.4 0.15 0.13 0.11 PED 0.09 19.3-0.07 0.05 0.03 0.01 19.2 -98.9 -99 -99.2 -99.3 -98.9 -99.1 **IMECA ⊢**∎0% **4% -**■0% **4**% **0**-100 <u>_</u>11% □ 10% **101-150 40% 151-180** 40% **181-200 46**% **=** > 200 **45**%

Figura 3.2.3. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 20 h.

ANEXO 4

"DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE OZONO DEL EC2 VS CB"

Unidad Departamental Modelos. SMA-GDF

Figura 4.1.0, 7 h. A esta hora en ambos escenarios las concentraciones de ozono en la Zona Metropolitana están predominantemente bajo norma (100 puntos IMECA ó 0.11 ppm), como lo muestra la área en blanco, en la cual no se estimó ozono.

Figura 4.1.1, 8 h. La zona donde no se estimó ozono comienza a decrecer y las estimaciones entre 0.01 a 0.05 ppm son más apreciables en las zonas noreste y noroeste. Aunque aún no se observan diferencias entre ambos escenarios.

Figura 4.1.2, 9 h. Se observa un aumento lento pero consistente de las concentraciones de ozono; por ejemplo, en Azcapotzalco y la estación Pedregal se puede ver que hay mayor cobertura de la isolínea 0.01 ppm en el EC2 respecto al CB. Aunque las gráficas de pastel señalan que globalmente se tiene mejor calidad del aire en el EC2, pues 82% de los 1404 datos (cada dato representa la concentración estimada en 4 Km²) empleados para desarrollar las gráficas de superficie y las de pastel, están bajo norma.

Figura 4.1.3, 10 h. En toda la región donde se concentra la población y se tiene monitoreo de contaminantes, dominan concentraciones estimadas bajo norma (zonas en amarillo y hasta la norma en textura ladrillo) en ambos escenarios. En general otra vez se tiene 1 % más datos bajo norma en el EC2 que en el CB (en éste último no se incluyeron medidas de control), y las estimaciones muestran que más de la mitad de la región modelada continua bajo norma. Cabe decir que cada punto porcentual representa 14.04 de los 1404 datos estimados en la capa superficial; estos 14.04 datos cubren 56.16 Km² dentro de la región total modelada (con 5,616 Km²).

Figura 4.1.4, 11 h. Gran parte del D.F. permanece con concentraciones de ozono por debajo de la norma, aunque se estimaron dos pequeñas áreas en el norte de Cuajimalpa – Huixquilucán y en el municipio de La Paz, donde este contaminante rebasó las 0.2 ppm. Como se muestra en las gráficas de pastel, el EC2 presentó mejor calidad del aire al tener 82 % de sus datos bajo norma, por 81 % del CB.

Figura 4.1.5, 12 h. Al mediodía la región bajo norma se localiza en la parte central de la Ciudad de México, con dos zonas de alta concentración de ozono localizadas en La Paz y en Huixquilucan. En ambos escenarios pueden verse coberturas similares de las áreas con mayor cantidad de ozono. Las gráficas de pastel permiten ver que el EC2 tiene 1 % más registros en el intervalo de 101 a 150 puntos IMECA y 1 % menos registros en el intervalo 151 a 180 puntos IMECA que el CB. También se aprecia que el 12 % de la ZMVM aún tiene calidad del aire bajo norma.

Figura 4.1.6, 13 h. La distribución geográfica de ozono es muy parecida en ambos escenarios y sólo se aprecian pequeñas diferencias en las áreas con 0.19 o más ppm de O₃; como es el caso de Tlalpan, Álvaro Obregón y Cuajimalpa, donde la isolínea de 0.19 ppm muestra menor cobertura en el EC2, respecto al CB. Huixquilucan continua siendo la zona con mayor contaminación de ozono, aunque también en Iztapalapa y la Paz se observan áreas con

concentraciones importantes de éste. Cabe resaltar que el EC2 aún presenta 7% de datos en norma por 6 % del CB.

Figura 4.1.7, 14 h. En ambos escenarios la concentración máxima de ozono a esta hora se estimó en Huixquilucan, donde la isolínea máxima es de 0.29 ppm y más extensa en el CB. En las cercanías de Cerro de la Estrella y en La Paz se puede ver que en el EC2, la isolínea de 0.25 ppm tiene menor cobertura que en el CB. En los intervalos de 101 a 150 y de 151 a 180 puntos IMECA, el EC2 presenta 1 % más datos, y resalta que al no aplicarse medidas de control, en el CB se tiene hasta un 2 % más datos arriba de 200 puntos IMECA.

Figura 4.1.8, 15 h. A esta hora la máxima concentración se estimó en la colindancia Iztapalapa – La Paz; y se aprecia que mientras en el CB se alcanzaron los 0.31 ppm, en el EC2 sólo se estimaron hasta 0.29 ppm de ozono. También en Cuajimalpa se observa que mientras en el CB se estimaron 0.29 ppm, en el EC2 la estimación fue de 0.27 ppm de ozono. Por su parte, las gráficas de pastel muestran que el CB tuvo 26 % de datos arriba de 200 puntos IMECA, por sólo 24 % del EC2.

Figura 4.1.9, 16 h. Es la hora en que se estimó peor calidad del aire en ambos escenarios. En Iztapalapa se observó que la concentración de ozono llegó a 0.33 ppm y tuvo una mayor cobertura en el CB que en el EC2. Asimismo en M. Contreras y Alvaro Obregón se tuvo una mayor cobertura de la isolínea 0.27 ppm de ozono para el CB que en el EC2. También se estimaron algunas zonas de alta concentración en Tlalnepantla, Naucalpan y Atizapán, para ambos escenarios. A esta hora el CB tiene 1 % más datos arriba de 200 puntos IMECA, lo cual implica que en el CB se estimaron [O₃] igual ó >200 puntos en 56 Km² más que en el EC2.

Figura 4.2.0, 17 h. Nuevamente se observa un área creciente bajo norma en el centro y sur de la Ciudad de México, que abarca desde Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo hasta Xochimilco; así como algunas partes de Iztapalapa y Tláhuac, quedando sólo una zona con concentración de ozono de 0.27 ppm en la región de Atizapán – Tlalnepantla. Si bien aún 8 % de los datos estimados está arriba de 200 puntos IMECA en ambos escenarios, se van incrementando los valores bajo norma. El EC2 mostró tener 29 % de sus datos en el intervalo de 151 a 180 puntos IMECA, mientras que el CB presenta el 30 % en dicho intervalo.

Figura 4.2.1, 18 h. Se extiende ampliamente la región bajo norma desde Tlalnepantla (Oeste) hasta Tláhuac y Xochimilco, mostrándose inclusive una pequeña zona sin estimaciones de ozono en Miguel Hidalgo y el norte de Alvaro Obregón. El EC2 muestra una cobertura más amplia con valores bajo norma (20 % por 19 % que se estimó en el CB).

Figura 4.2.2, 19 h. La zona con calidad del aire bajo norma se extiende a gran parte del D.F.; y sólo en la colindancia de Cuajimalpa y Alvaro Obregón, se conserva una pequeña área con concentración de ozono de 0.19 ppm. Aún con la creciente mejora de la calidad del aire (en más de una cuarta parte de la región modelada se estimaron valores bajo norma), el CB mostró 3 % de sus datos entre 181 y 200 puntos IMECA, por sólo 2 % de datos en este intervalo estimados en el EC2.

Figura 4.2.3, 20 h. Prácticamente para todo el D.F. a esta hora se estimaron concentraciones de ozono bajo norma. Y como muestran las gráficas de pastel, el EC2 presentó 1 % menos registros que el CB en los intervalos 101 a 150 puntos IMECA y 151 a 180 puntos IMECA.

Figura 4.1.0. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 7 h.

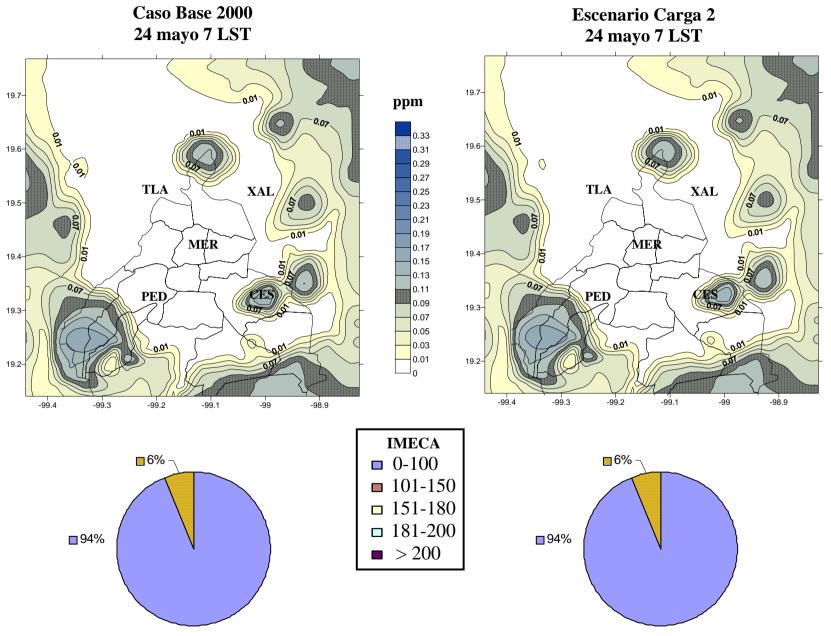


Figura 4.1.1. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 8 h.

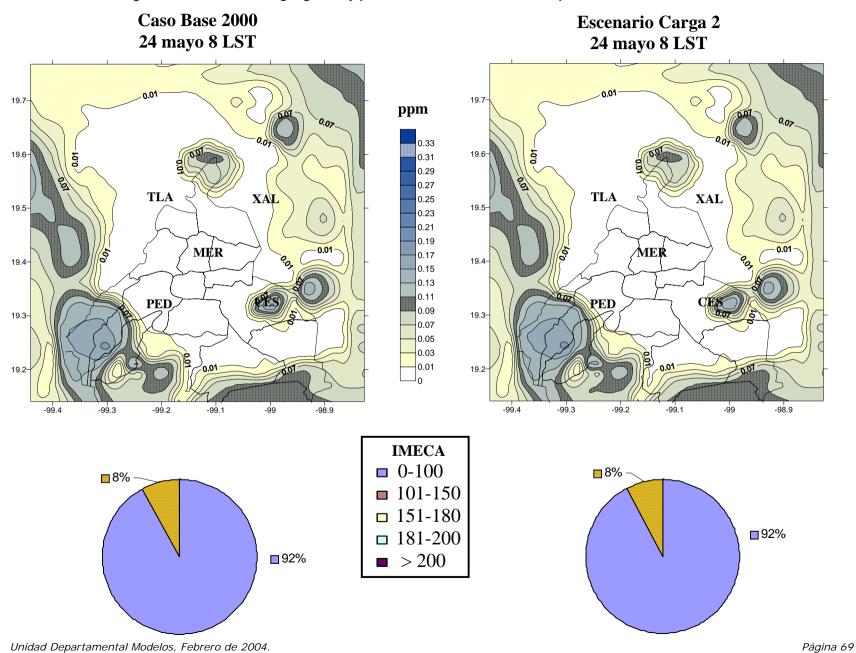


Figura 4.1.2. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 9 h.

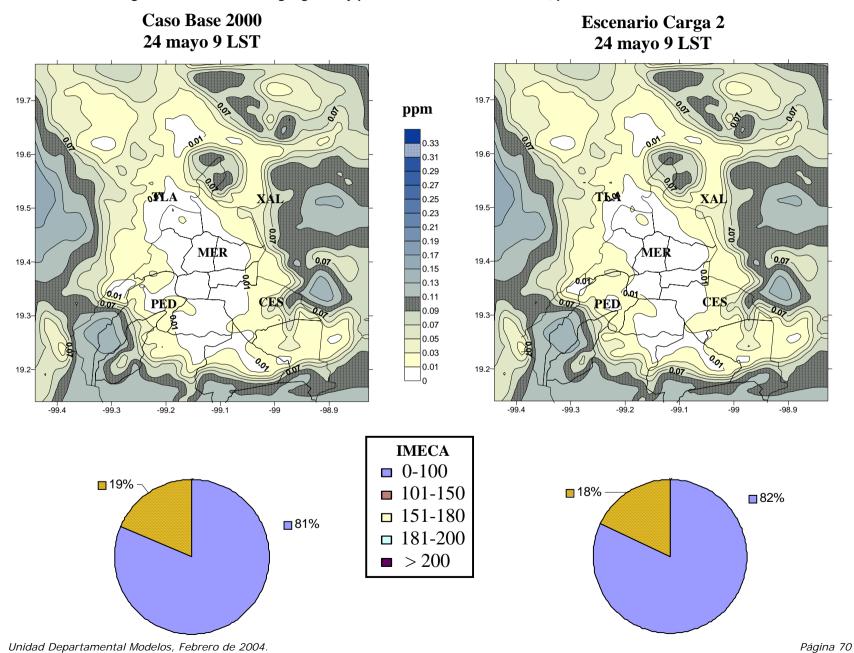


Figura 4.1.3. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 10 h.

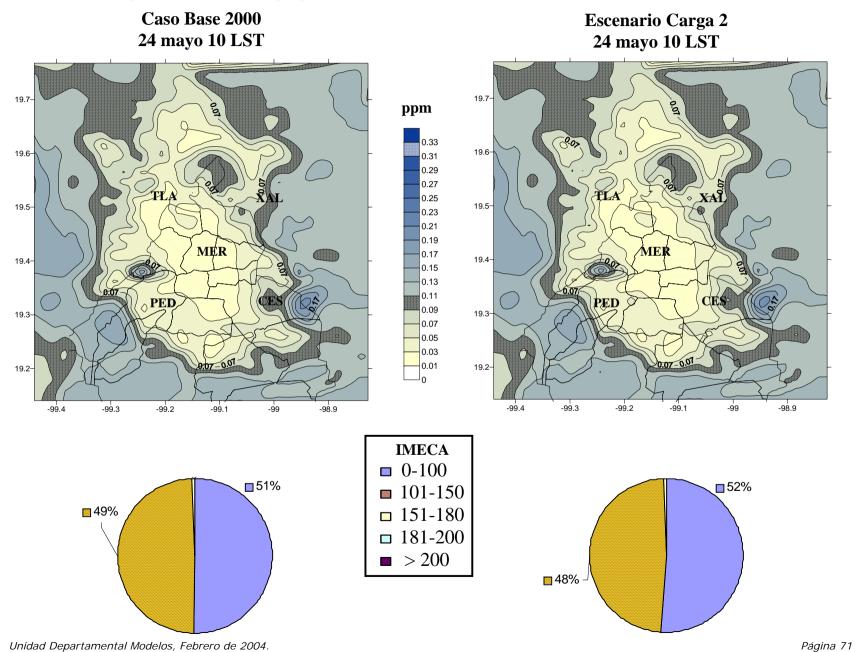


Figura 4.1.4. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 11 h.

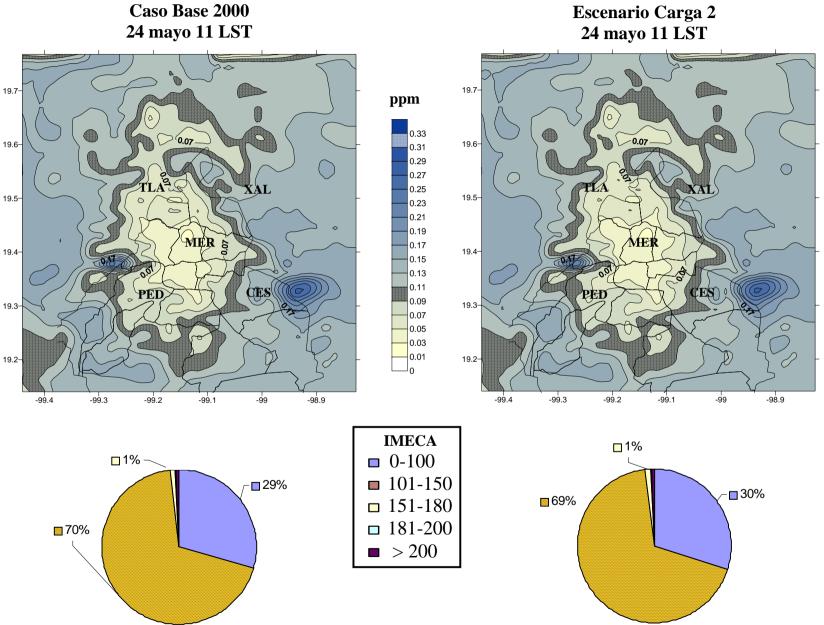


Figura 4.1.5. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 12 h.

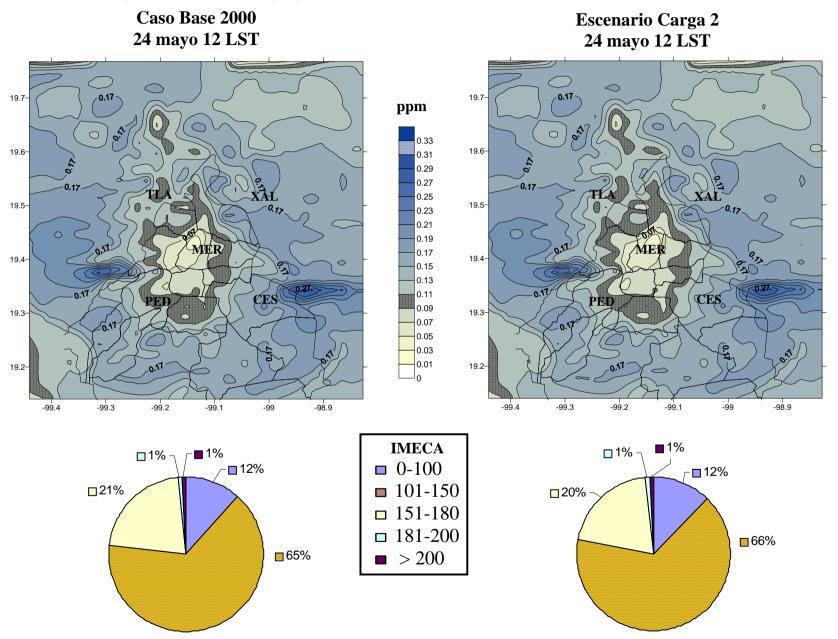


Figura 4.1.6. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 13 h.

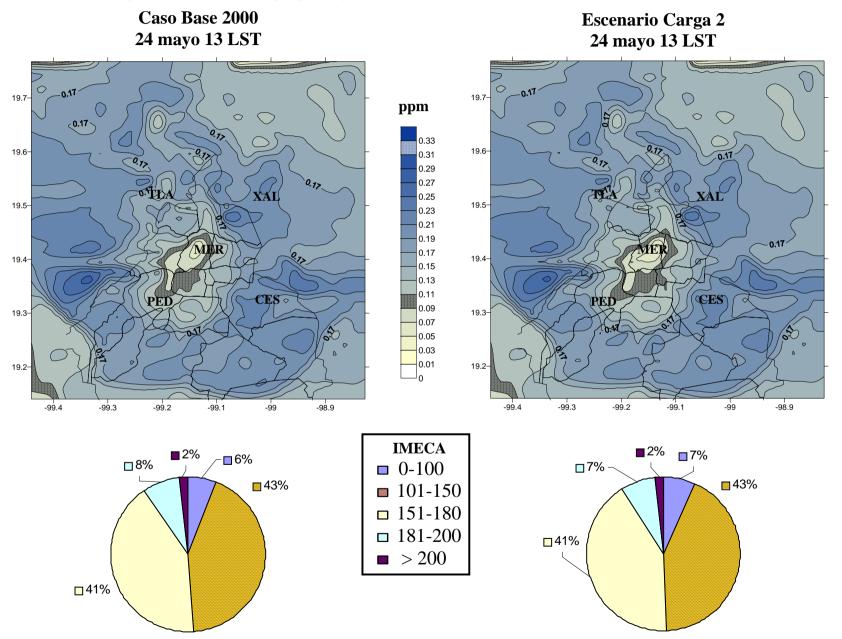


Figura 4.1.7. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 14 h.

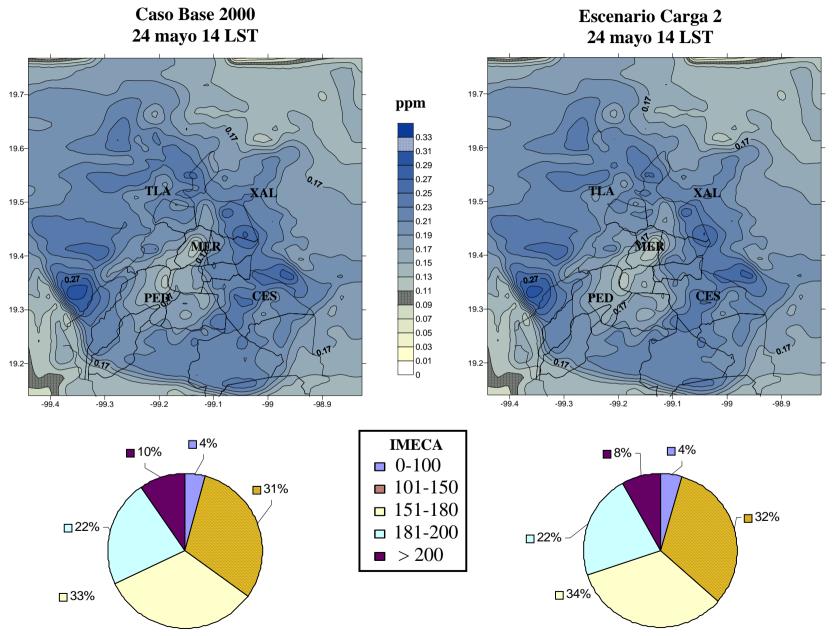


Figura 4.1.8. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 15 h.

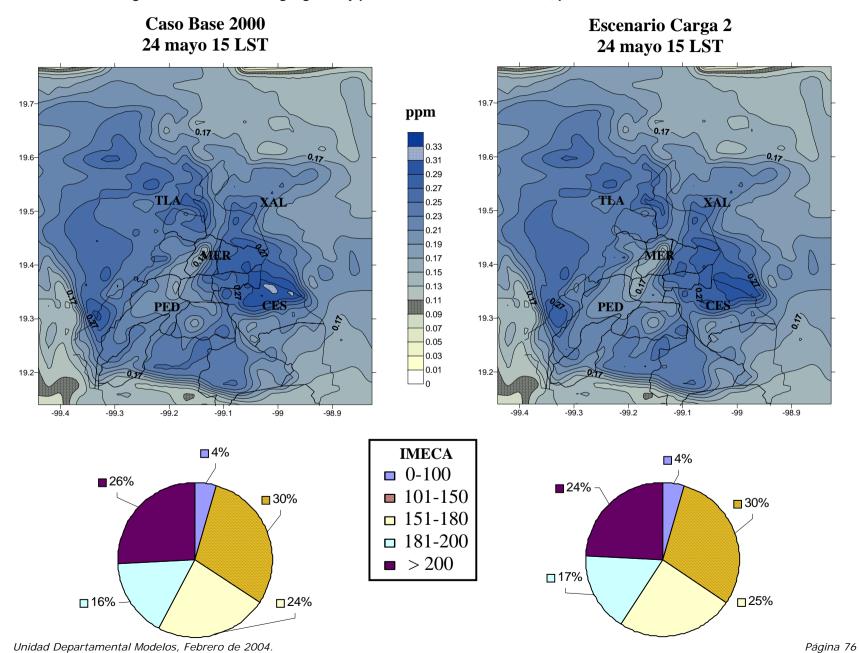


Figura 4.1.9. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 16 h.

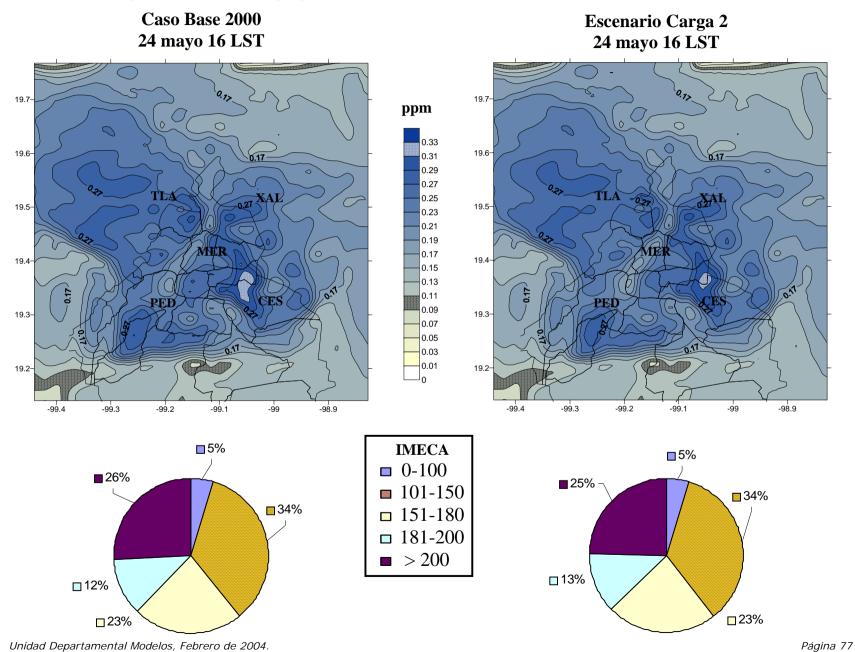


Figura 4.2.0. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 17 h.

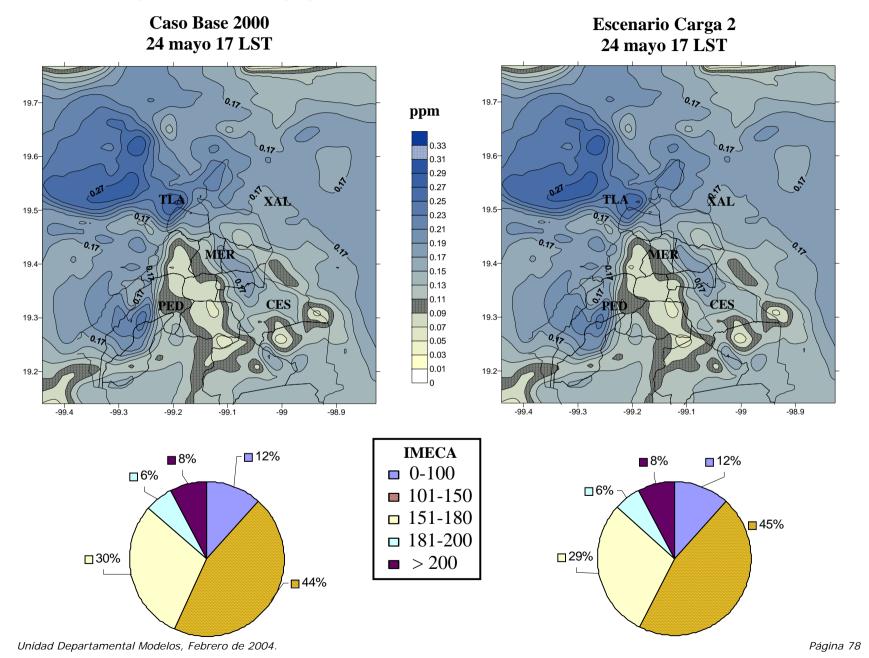


Figura 4.2.1. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 18 h.

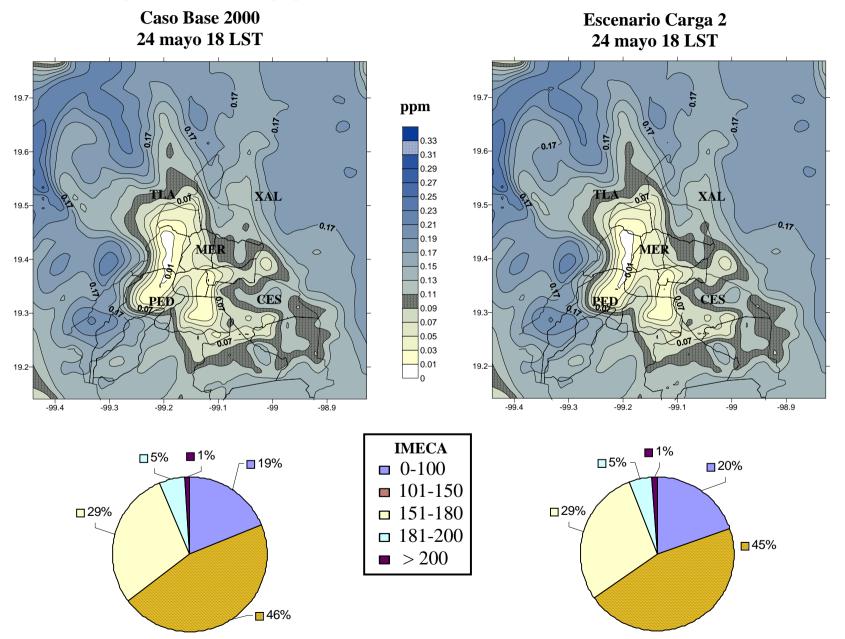


Figura 4.2.2. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 19 h.

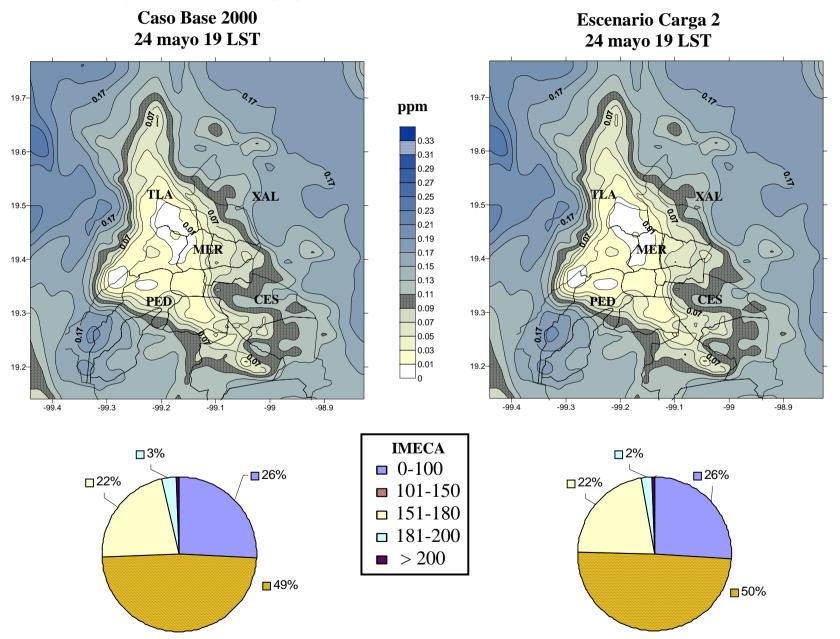
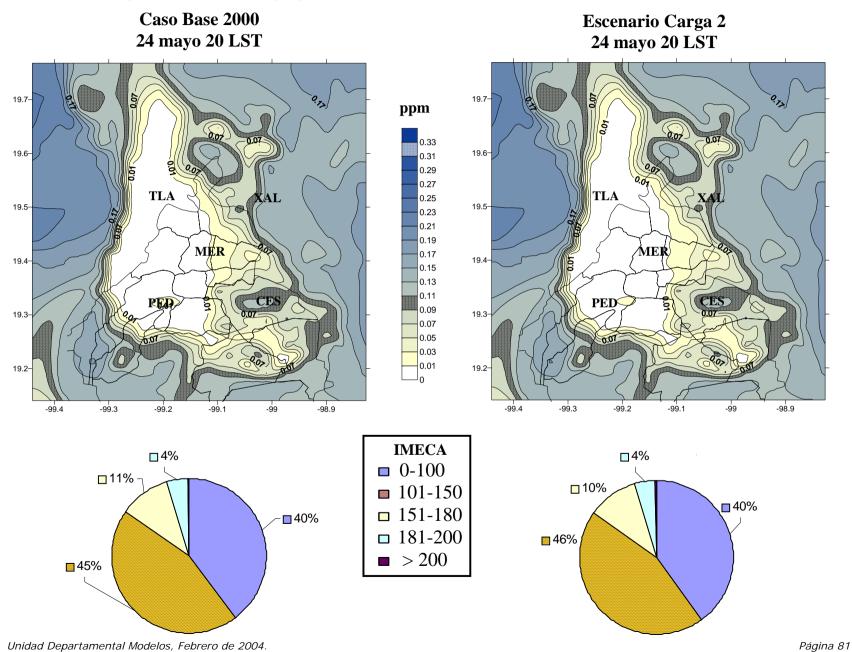


Figura 4.2.3. Distribución geográfica y por intervalos IMECA de ozono, para cada escenario a las 20 h.



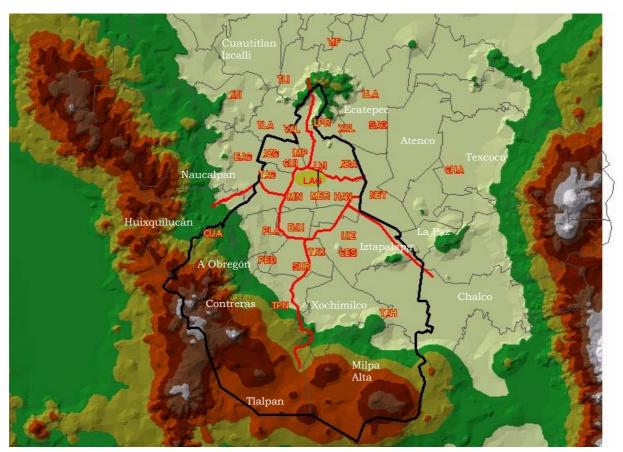
ANEXO 5

"OZONO ESTIMADO CON EL EC1, EN PUNTOS DONDE SE LOCALIZAN ESTACIONES DE LA RAMA"

Unidad Departamental Modelos. SMA-GDF

Como se observa en la figura 5.1, la mayor cantidad de estaciones se ubican en el sector Nor-Oeste (NW) y el sector Nor-Este (NE), con 9 estaciones cada uno; mientras que hay sólo 5 estaciones en los sectores Centro y Sur-Oeste (SW), y únicamente 4 estaciones en el sector Sur-Este. La ubicación de cada sitio de análisis se muestra en las subsecuentes figuras, donde se presentan los sectores IMECA por separado.

Figura 5.1. Localización de las estaciones de monitoreo automático de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico, así como la división política de la ZMVM (líneas negras y grises) y los sectores IMECA (línea roja).



Fuente: Sistemas de Información Geográficos, SMA-GDF, 2003.

La figura 5.2 muestra el **sector NW**, en el cual se aprecia que los decrementos en concentración de ozono más relevantes, al regular la circulación del transporte de carga, se tienen en el intervalo 12 a 20 h. Azcapotzalco y Cuitláhuac tienen las disminuciones más importantes, con 9 (a las 18 h) y más de 8 (a las 16 h) puntos IMECA, respectivamente. Otros puntos con descensos de ozono relevantes fueron Tacuba (18 h) e Instituto del Petróleo (17 h), mismos que casi alcanzaron 7 puntos IMECA menos al aplicar la estrategia de control.

Por su parte, tanto ENEP Acatlán como Vallejo, tuvieron disminuciones de casi 4 y 5 puntos IMECA a las 15 h. Siendo Tultitlán, Atizapán y Tlalnepantla los sitios donde a las 15 h el ozono sólo bajo casi 3 puntos IMECA. Como se aprecia en las gráficas de barras, en muy pocas horas se observan incrementos de ozono, y éstos no suelen alcanzar los 2 puntos IMECA. En general, este sector presenta un beneficio considerable al aplicar la medida de control.

En el **sector NE** (figura 5.3) La Villa tiene el descenso de ozono más considerable con 9 puntos IMECA a las 16 h, seguida lejanamente por decrementos de ozono que no alcanzan 2,5 puntos IMECA en La Presa (14 y 19 h) y Xalostoc (14 h). El resto de las estaciones en este sector tienen decrementos de ozono por debajo de 1.6 puntos IMECA al aplicar la medida de control.

En estaciones como Chapingo, Villa de las Flores y Laboratorio se estimaron pequeños decrementos de ozono (>1.4 puntos IMECA), pero el periodo en el cual se dan éstos es de casi todo el día. Particularmente Aragón es el sitio donde se puede ver el menor beneficio, pues mientras a las 11 h el ozono sube 2.5 puntos IMECA, después de las 13 h baja cerca de 1.5 puntos IMECA.

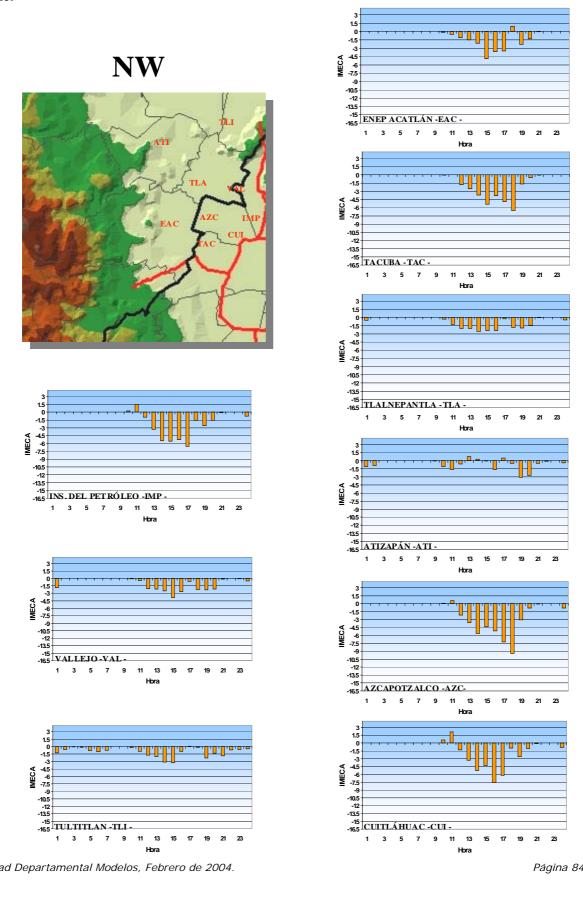
El **sector centro** (figura 5.4) muestra decrementos de ozono considerables, en Metro Insurgentes, Merced y Lagunilla se presentan disminuciones de ozono de casi 9 puntos IMECA de las 16 a las 17 h. Benito Juárez por su parte, también muestra un decremento de ozono de casi 8 puntos IMECA a las 16 h. En Hangares se presentó el menor cambio de ozono, siendo el mismo de 3.5 puntos IMECA. Al igual que en varias estaciones del sector NW, en el centro los descensos de ozono al aplicar el control de trafico en transporte de carga, quedan predominantemente restringidos entre las 12 y las 20 h. También en el centro se tiene un ligero incremento de ozono a las 11 h en todas las estaciones del sector centro.

En el **sector SW** (figura 5.5) se estimaron los decrementos de ozono más importantes, pues a las 17 h en Plateros y Pedregal, el ozono se redujo en 16.5 y 12 puntos IMECA, respectivamente. Además en Santa Úrsula (a las 16 h) el ozono descendió 7 puntos IMECA y en Tlalpan casi 5 puntos IMECA a las 17 h. Cabe resaltar que en Cuajimalpa, una de las zonas que se estimó más contaminadas, el ozono disminuyó 6 puntos IMECA a la hora en que se estimaron las concentraciones de ozono más agudas (16 h).

Si bien los decrementos de ozono en este sector son notorios, cabe mencionar que alrededor de las 9 h en Tlalpan y de las 11 h en las estaciones restantes de este sector, se tiene un aumento de O_3 de poco más de 3 puntos IMECA. No obstante esto último, en general para este sector el ozono disminuye en prácticamente toda la tarde.

A las 17 h la estación Taxqueña muestra un decremento de 9 puntos IMECA, el mayor del **sector SE** (figura 5.6). Tanto en Cerro de la Estrella como en UAM Iztapalapa, también se estimaron decrementos relevantes, mismos que fueron de casi 7 puntos IMECA a las 17 h y 16 h, respectivamente. Otro aspecto que debe ser señalado, es que en las tres estaciones antes mencionadas son mínimas las horas en las cuales hay algún incremento de ozono, y que en todas éstas el ozono baja en gran parte del día. En este sector, Tláhuac muestra los decrementos de ozono menos importantes, siendo éstos de casi 2 puntos IMECA a las 14 h.

Figura 5.2. Variaciones de ozono en el Escenario de carga respecto al Caso Base en el sector Nor-Oeste.



Unidad Departamental Modelos, Febrero de 2004.

Figura 5.3. Variaciones de ozono en el Escenario de carga respecto al Caso Base en el sector Nor-Este.

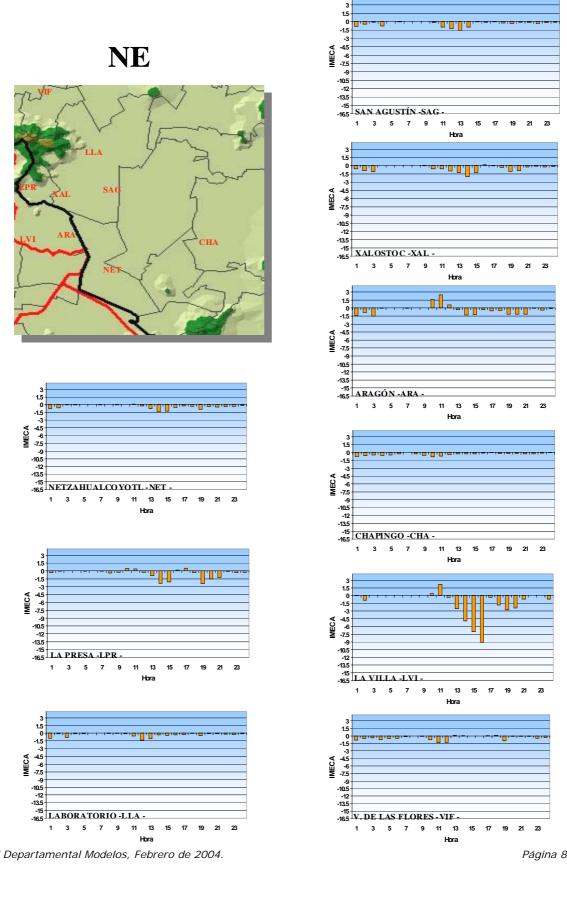
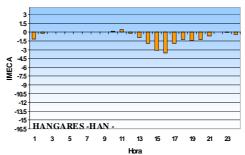
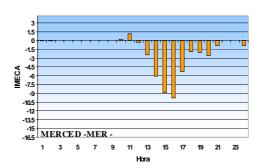


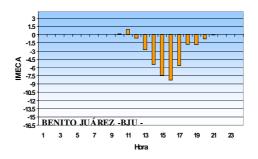
Figura 5.4. Variaciones de ozono en el Escenario de carga respecto al Caso Base en el sector Centro.

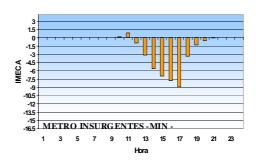


CENTRO









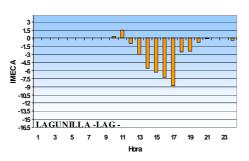
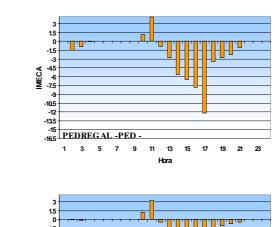
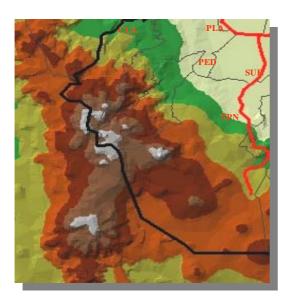
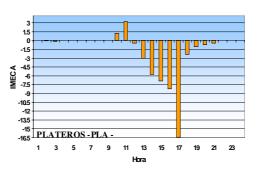


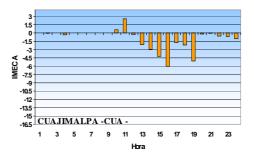
Figura 5.5. Variaciones de ozono en el Escenario de carga respecto al Caso Base en el sector Sur-Oeste.

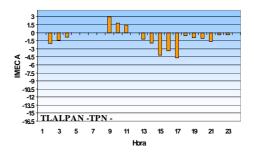


SW









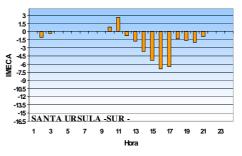
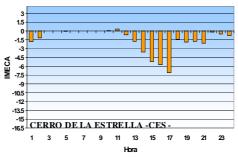
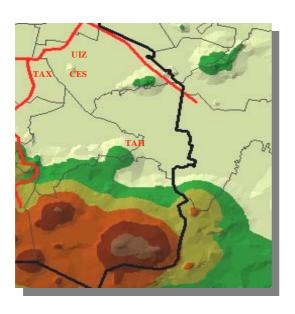
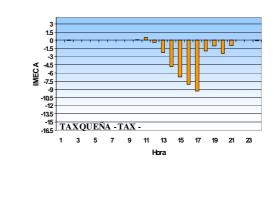


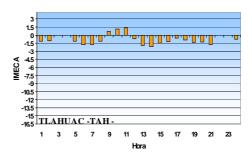
Figura 5.6. Variaciones de ozono en el Escenario de carga respecto al Caso Base en el sector Sur-Este.

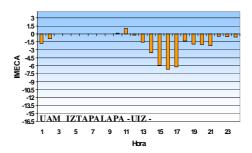


SE









ANEXO 6

"OZONO ESTIMADO CON EL EC2, EN PUNTOS DONDE SE LOCALIZAN ESTACIONES DE LA RAMA"

Unidad Departamental Modelos. SMA-GDF

La figura 6.1 muestra el **sector NO**, en el cual se estimó una disminución de hasta 7 puntos IMECA a las 18 h en la estación *Azcapotzalco* al aplicar el control del transporte de carga. También en Cuitláhuac (16 h), Instituto del Petróleo (13 y 17 h) y Tacuba (18 h) se estimaron casi 4.5 puntos IMECA menos en el EC2. Los sitios con menor impacto por la medida son Tlalnepantla, Atizapán, Vallejo y Tultitlán, donde apenas se estimaron decrementos cercanos a 3 puntos IMECA. En general la disminución de ozono se observó entre las 11 y las 20 h.

En el **sector NE** (figura 6.2) se observa el menor beneficio al aplicar la medida. Pues la mayoría de los sitios (Netzahualcoyotl, Laboratorio, San Agustín, Xalostoc, Aragón, Chapingo y Villa de las Flores) del sector, tienen decrementos de O₃ cercanos ó menores a 1.5 puntos IMECA al aplicar el control vehicular. En La Presa el O₃ disminuyó en 2 puntos IMECA; y fue en *La Villa* (cercana al sector Centro), donde se observó un decremento de hasta 7.5 puntos IMECA (16 h).

A diferencia del sector anterior, en el **sector Centro** (figura 6.3) se observan decrementos de O₃ considerables en todos los sitios, principalmente de 12 a 20 h. En hangares bajo el ozono de 15 a 16 h en 3.5 puntos IMECA, en Benito Juárez (16 h), Metro Insurgentes (17 h) y Lagunilla (17 h) el decremento de ozono fue de alrededor de 7 puntos IMECA; y en la *Merced* (16 h) se alcanzaron alrededor de 10 puntos IMECA de ozono menos, al incluir la medida de control.

En el **sector SO** (figura 6.4) se tuvieron los decrementos de ozono más importantes con la introducción del programa de control de tráfico al transporte de carga. En Tlalpan (15 y17 h) y Cuajimalpa (16 h) sólo se tuvieron 4 y 4.5 puntos IMECA menos, respectivamente. Pero en Santa Ursula y Pedregal (17 h) disminuyó el ozono en 5.5 y 9.5 puntos IMECA, respectivamente. Siendo *Plateros* donde se estimó la disminución más grande, estimándose 13.5 puntos IMECA menos a las 17 h al aplicar el programa de control.

En este sector puede presentarse una acumulación de contaminantes vertidos y/ó generados, debido a sus características geográficas que incluyen grandes montañas, mismas que obstaculizan el desalojo de contaminantes. Por ello es posible que emisiones de NOx vertidas, y/ó transportadas a este sector durante la tarde y noche, puedan ser "almacenadas" como HNO2, RNO2 y N2O2. Compuestos que durante la mañana son fuente de NOx, al liberar NO ó NO2 cuando se incrementa la temperatura y la radiación solar. Además, como puede verse en la figura 2.5 del Anexo 2, en este sector la introducción del programa para el control de tráfico del transporte de carga, permite que se incrementen las emisiones de NOx en las primeras horas del día. Lo cual podría determinar los pequeños incrementos de ozono entre las 9 y las 11 h, estimados en los sitios del sector NO.

Dentro del **sector SE** (figura 6.5), Tláhuac es el sitio donde menor impacto muestra la estrategia evaluada, pues apenas se tienen disminuciones de ozono de 1.5 puntos IMECA. Por su parte, en Cerro de La Estrella (17 h) y UAM Iztapalapa (16 h) se observaron decrementos de ozono de 5.5 puntos IMECA. Y es *Taxqueña* el sitio de este sector con mayor beneficio; pues al aplicarse el programa de control para el trafico del transporte de carga, se estimó que el ozono baja hasta 7 puntos IMECA a las 17 h. A diferencia de otros sectores, en el sector SE los decrementos de ozono más relevantes se estimaron entre las 12 y las 17 h.

Figura 6.1. Variaciones de ozono en el Escenario de carga 2 respecto al Caso Base (EC2-CB) en el sector Nor-Oeste.

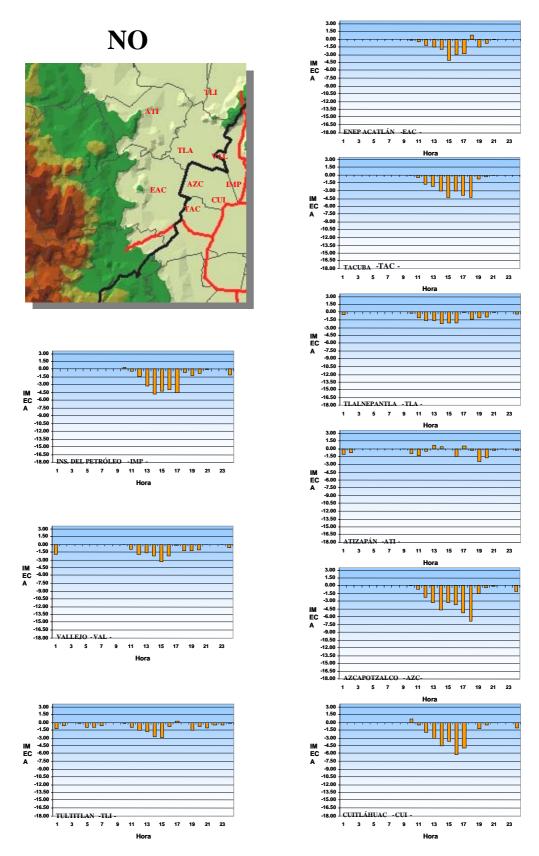


Figura 6.2. Variaciones de ozono en el Escenario de carga 2 respecto al Caso Base (EC2-CB) en el sector Nor-Este.

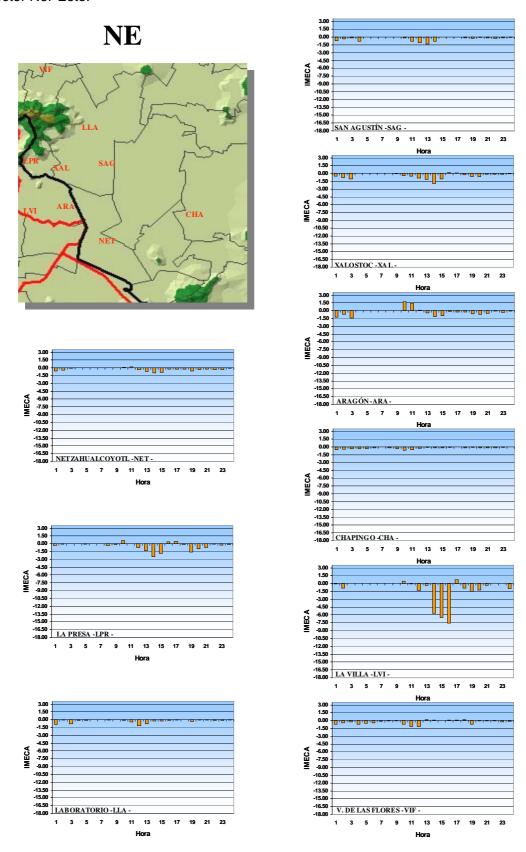
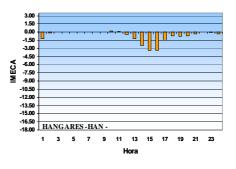


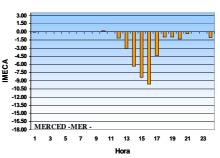
Figura 6.3. Variaciones de ozono en el Escenario de carga 2 respecto al Caso Base (EC2-CB) en el sector Centro

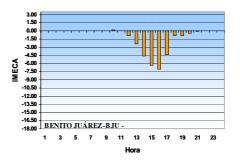


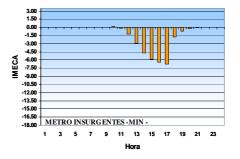


CENTRO









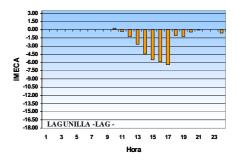
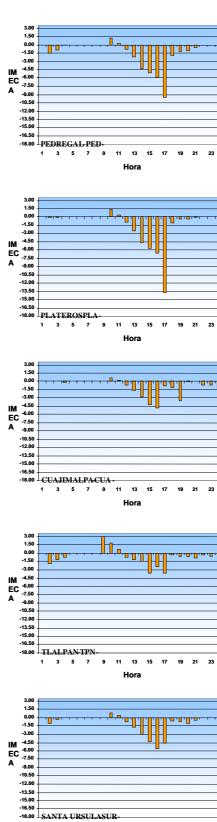


Figura 6.4. Variaciones de ozono en el Escenario de carga 2 respecto al Caso Base (EC2-CB) en el sector Sur-Oeste.



SANTA URSULASUR

Hora

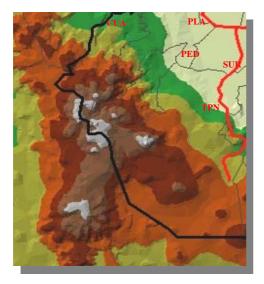
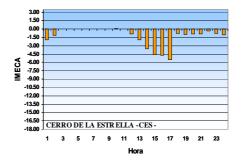


Figura 6.5. Variaciones de ozono en el Escenario de carga 2 respecto al Caso Base (EC2-CB) en el sector Sur-Este.



SE

