

Taller sobre Modelación Económica y Ambiental México - Estados Unidos



Aplicación de la Modelación Numérica al Control de Emisiones y la Contaminación atmosférica

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

Julio de 2005





Secretaría del Medio Ambiente

MODELOS NUMÉRICOS

Modelos matemáticos:
Son un medio por el cual pueden relacionarse las emisiones de contaminantes con las concentraciones de contaminantes en el aire

Estadísticos: Basados en el análisis estadístico de datos obtenidos por una red de monitoreo

Determinísticos: Basados en las descripciones matemáticas fundamentales del transporte de contaminantes y los procesos atmosféricos

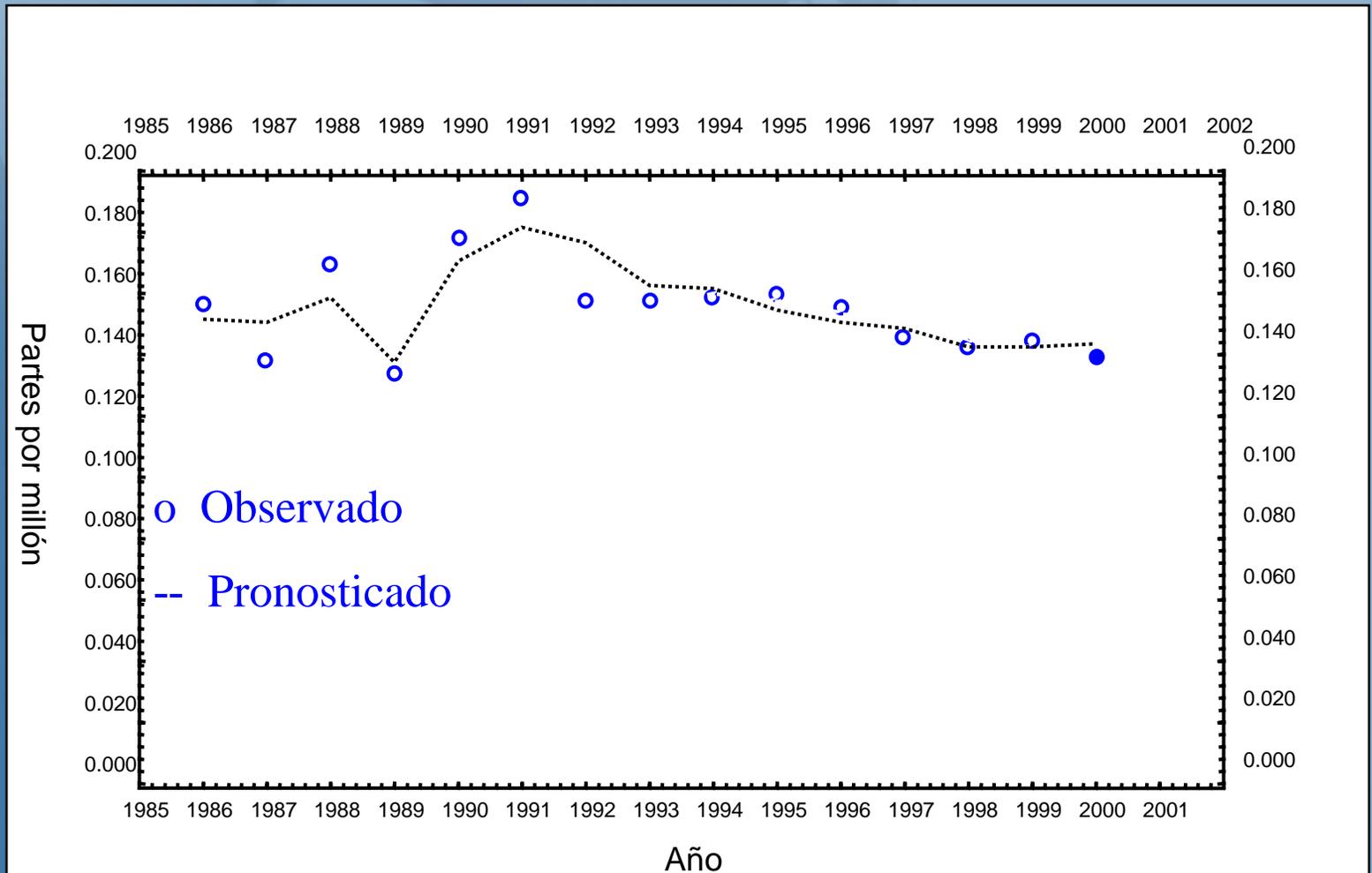




Secretaría del Medio Ambiente

MODELOS ESTADÍSTICOS

Modelo de
regresión
múltiple

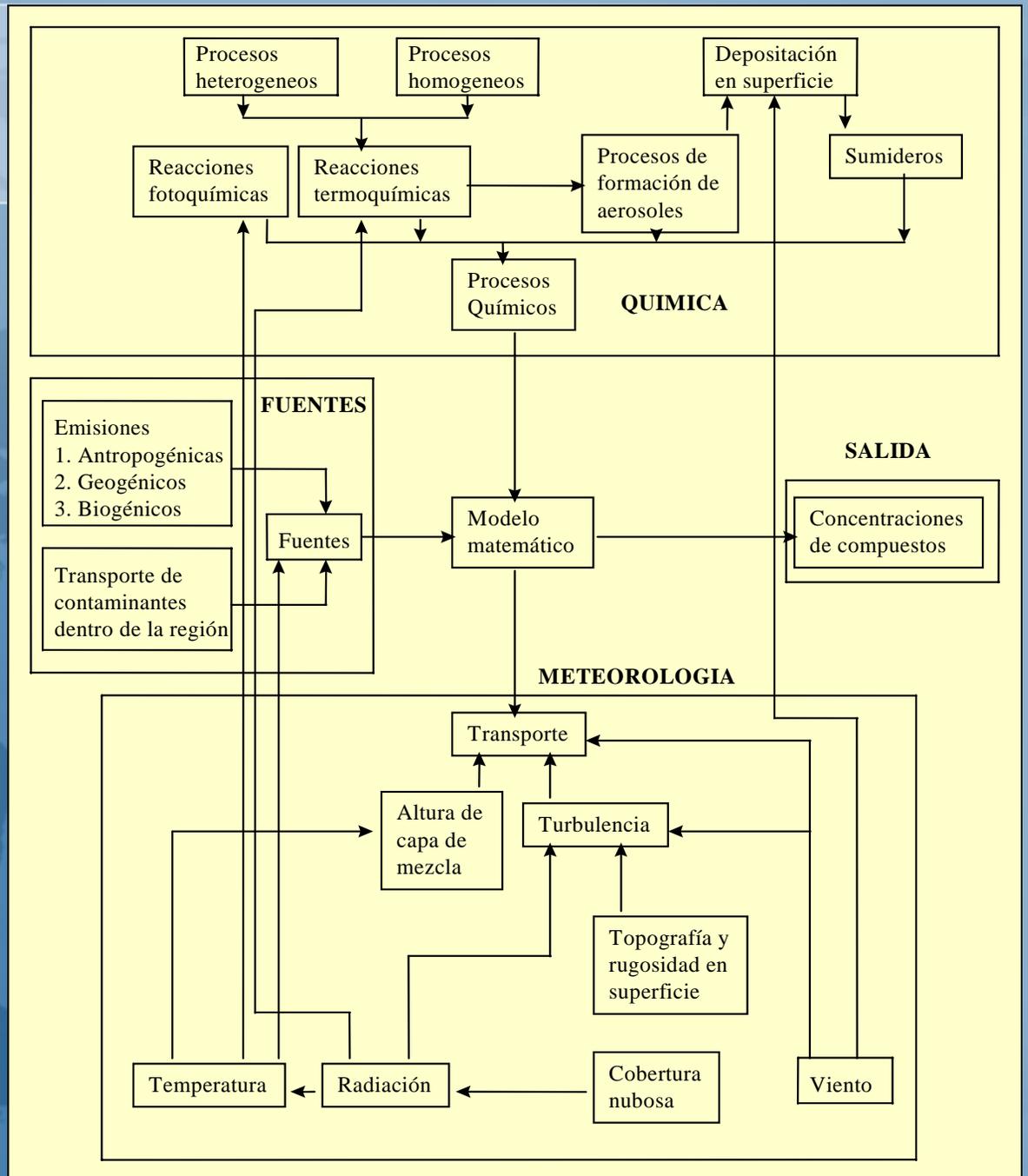


Promedio máximo anual de ozono en Pedregal



Secretaría del Medio Ambiente

Componentes de un modelo determinístico



Fuente: McRae, 1981

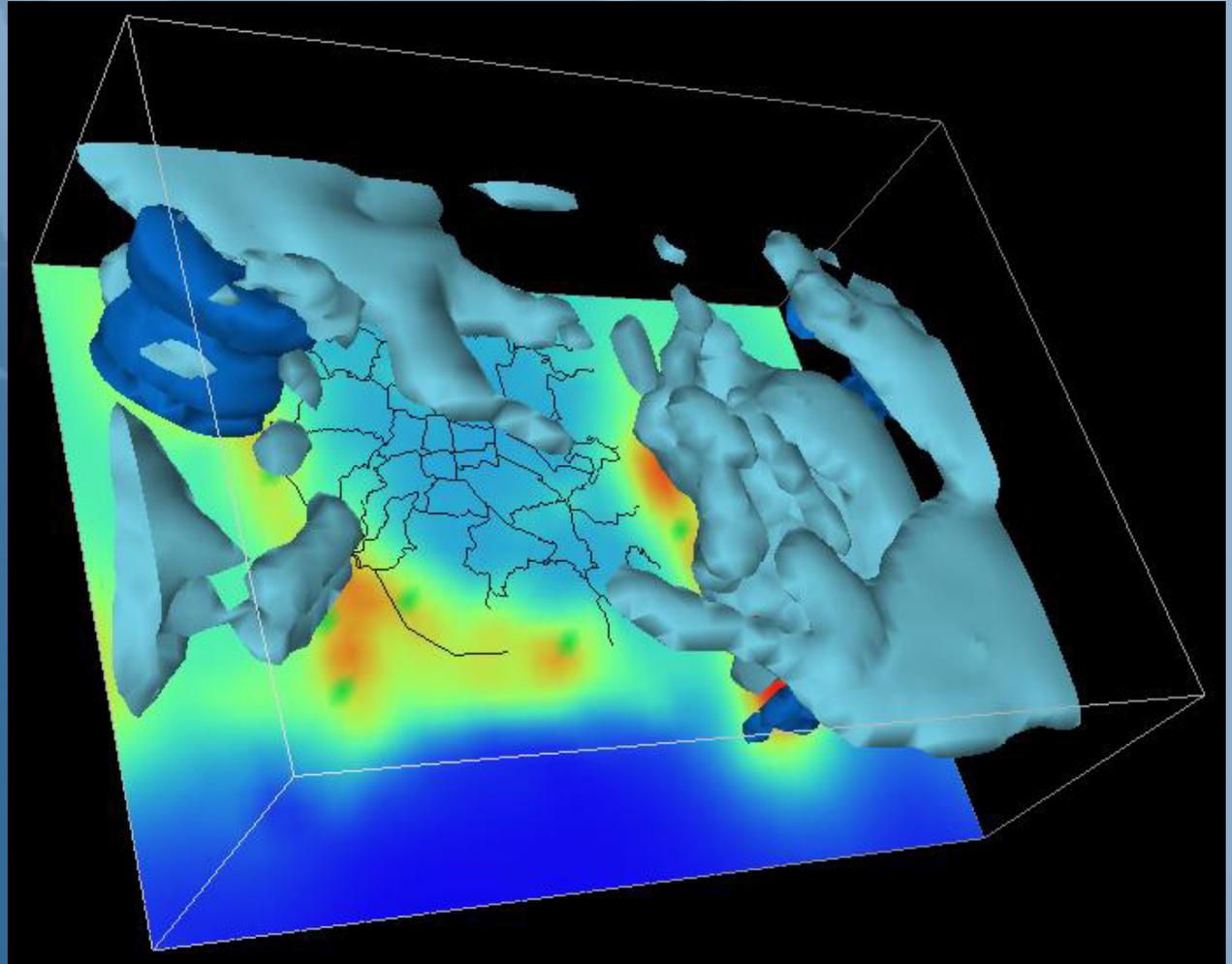


Secretaría del Medio Ambiente

MODELOS METEOROLÓGICOS Y DE DISPERSIÓN

Los procesos atmosféricos pueden ser representados matemáticamente en modelos meteorológicos y de dispersión, de tipo determinista. Los cuales permiten realizar estimaciones tridimensionales de variables meteorológicas y químicas, en función del tiempo.

Ejemplos de tales modelos son el MM5 y el MCCM





Secretaría del Medio Ambiente

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



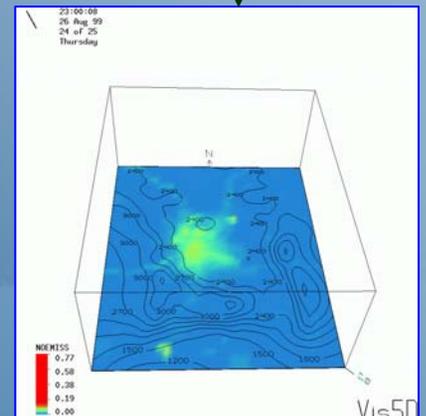
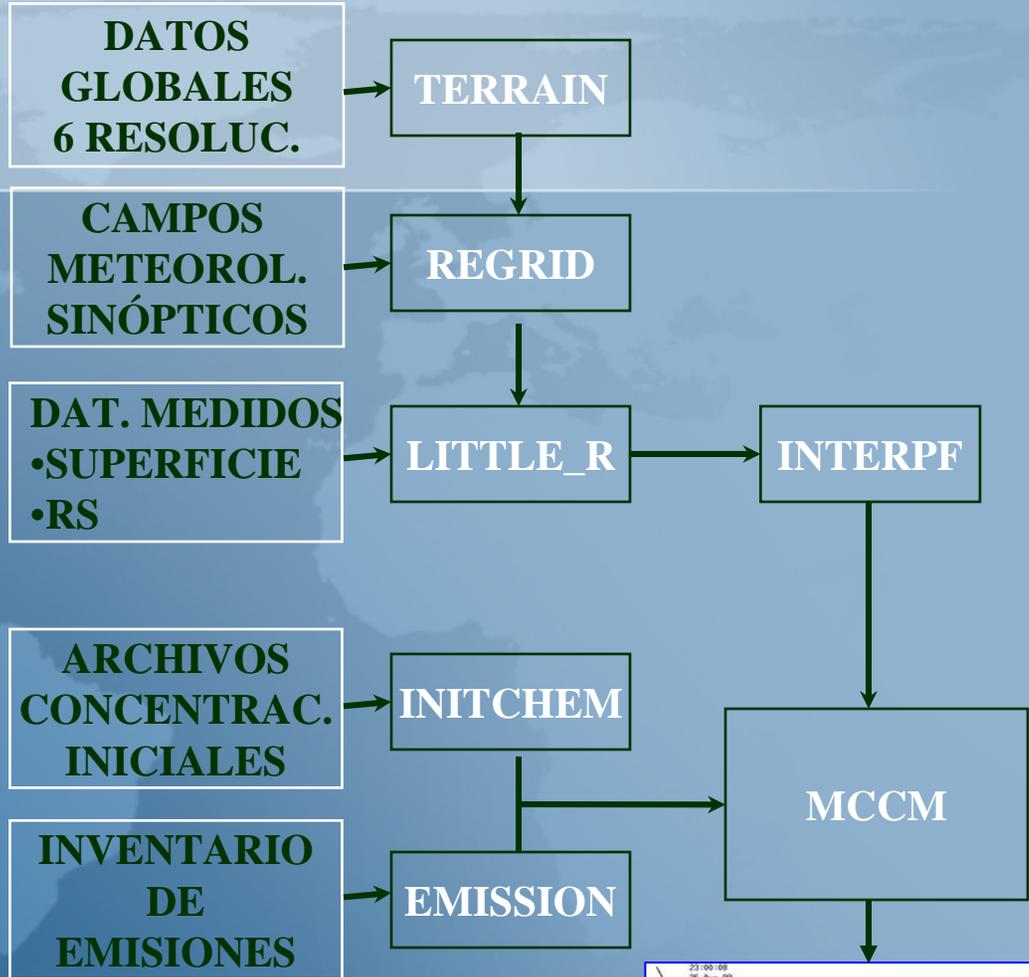


Secretaría del Medio Ambiente

MCCM

MCCM es un modelo fotoquímico acoplado, el cual está basado en el modelo MM5 (Grell *et al.*, 2000) y en el esquema de reacción química en fase gaseosa RADM2 (Stockwell *et al.*, 1990).

Permite simular la evolución de la concentración de O_3 y otras especies químicas. MCCM proporciona una estimación tridimensional de las concentraciones de los contaminantes, en función del tiempo.





Secretaría del Medio Ambiente

TRANSPORTE DE CARGA

El transporte a diesel es la principal fuente móvil de partículas en la ciudad. Por lo que una reducción en la circulación de estos autotransportes, en las horas de entrada a escuelas y empleos, reduciría los niveles de exposición de la población que realiza actividades en las vías públicas.

El sector transporte emite 667 ton/día de HC, 529 ton/día de NO_x y 20 ton/día de partículas PM₁₀, de las cuales el transporte de carga genera el 30%, 37% y 40% de cada contaminante, respectivamente.

- 17% de los vehículos en los principales accesos carreteros son de carga.
- Aproximadamente el 10% de estos vehículos utiliza vialidades para circular rumbo a su destino final en otras regiones del país.
- En promedio, el 6% de los vehículos que circulan en la red vial del Distrito Federal son de carga.



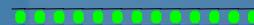
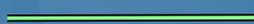
Restricción de circulación a:
Tractocamiones
Camiones articulados
Camión con remolque



Secretaría del Medio Ambiente

EL ASPECTO VIAL

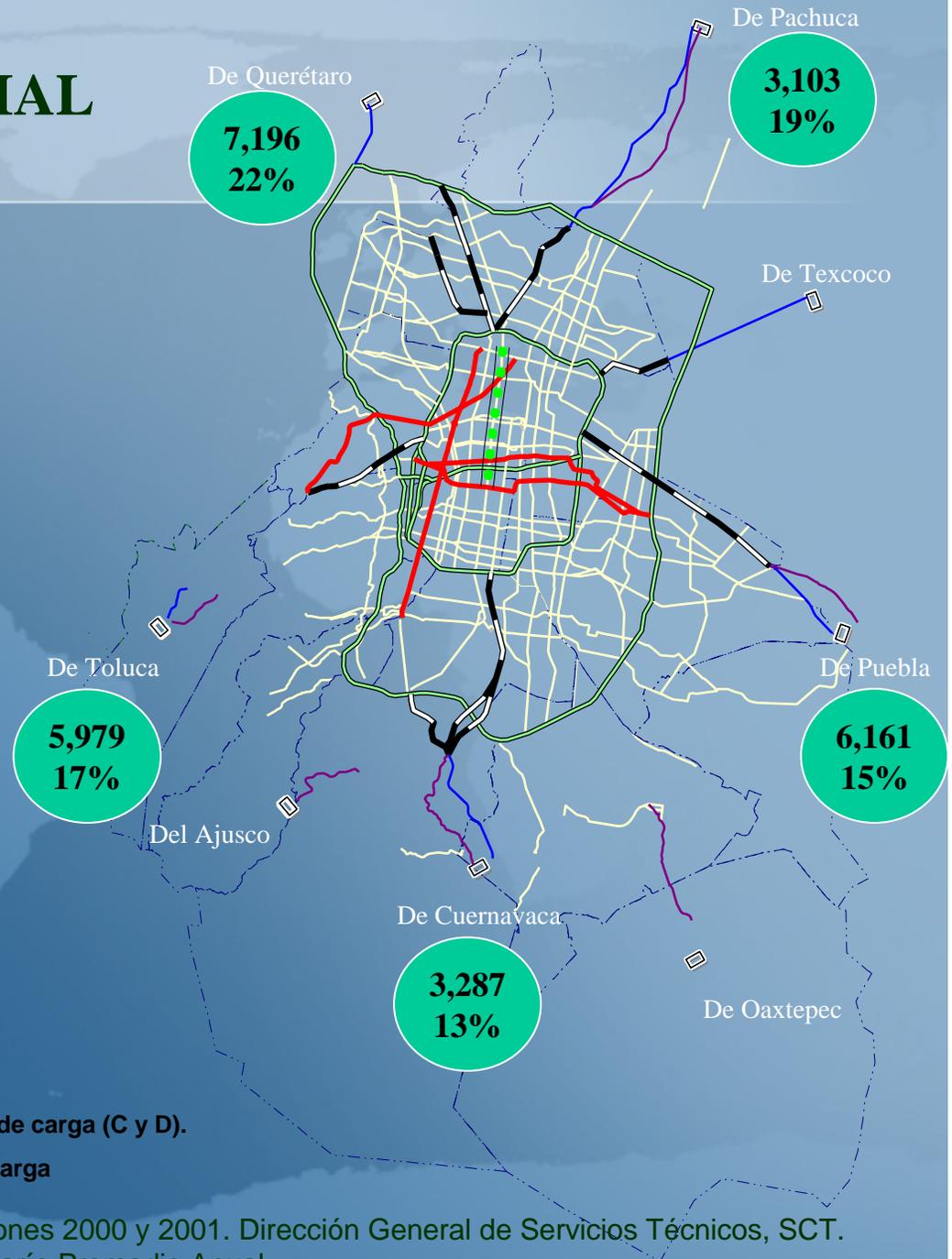
SIMBOLOGIA

-  RED VIAL
-  CARRETERAS FEDERALES
-  AUTOPISTAS
-  EJE CENTRAL RESTRICCIÓN DE 12:00 A 20:00 HRS.
-  ANILLO PERIFERICO
CIRCUITO INTERIOR
VIADUCTO
-  VIALIDAD PROHIBIDA
-  VIALIDAD RESTRINGIDA DE 7 A 9



 TDPA de vehículos de carga (C y D).
 % de vehículos de carga

Fuente: Datos Viales, ediciones 2000 y 2001. Dirección General de Servicios Técnicos, SCT.
TDPA.- Tránsito Diario Promedio Anual





Secretaría del Medio Ambiente

ESCENARIOS

Caso Base Mayo del 2000 (CB)

Escenario en el cual se modeló, para un dominio geográfico que abarca la ZMVM y 24 capas atmosféricas en la vertical, 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.

Escenario carga 1 (EC1)

Con meteorología y emisiones de área e industria iguales al CB. Las emisiones de fuentes móviles se modificaron considerando que el transporte de carga circula en el D.F. (de Lunes a Viernes), bajo un horario restrictivo de 7 a 10h.

Escenario Carga 2 (EC2)

Parecido al EC1, con la diferencia de que las emisiones de fuentes móviles se modificaron, considerando que se aplica al transporte de carga un horario restrictivo en el D.F. de 7 a 9h.

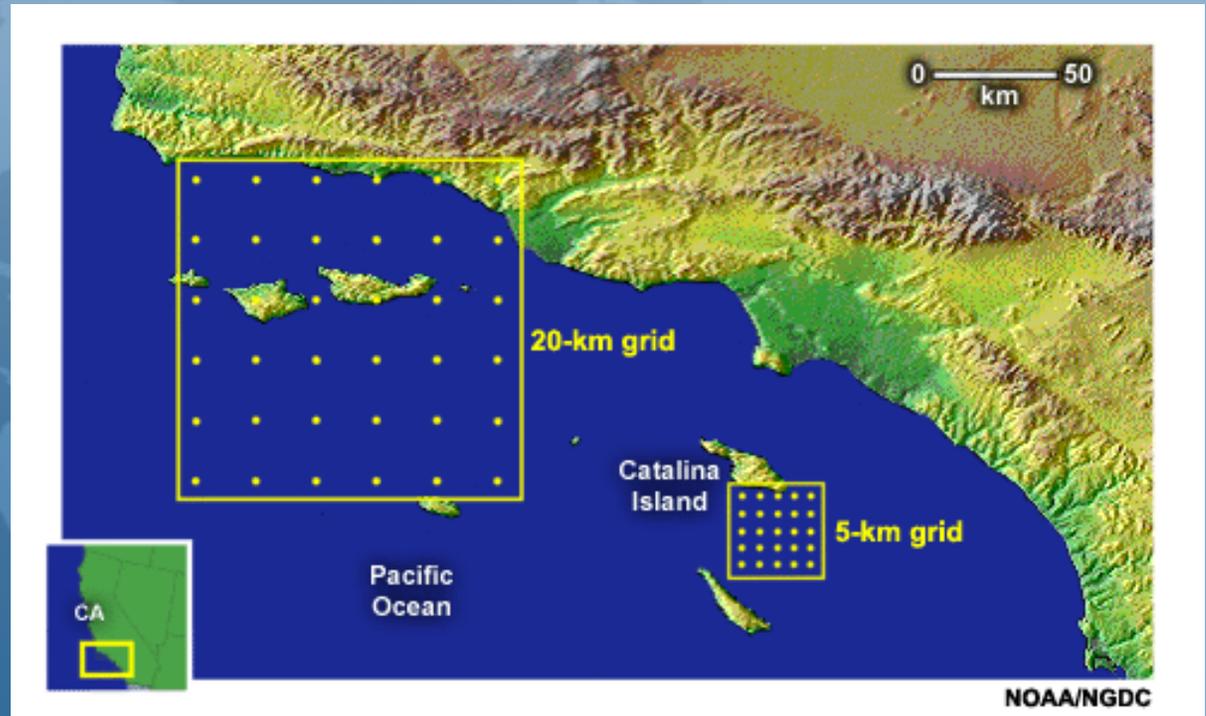




Secretaría del Medio Ambiente

COBERTURA Y RESOLUCIÓN GEOGRÁFICA (DOMINIOS DE MODELACIÓN)

El tamaño de un dominio de simulación, depende directamente del fenómeno que se quiere estudiar. Se debe considerar que existen fenómenos de escalas globales, regionales (mesoescala) y locales (microescala).



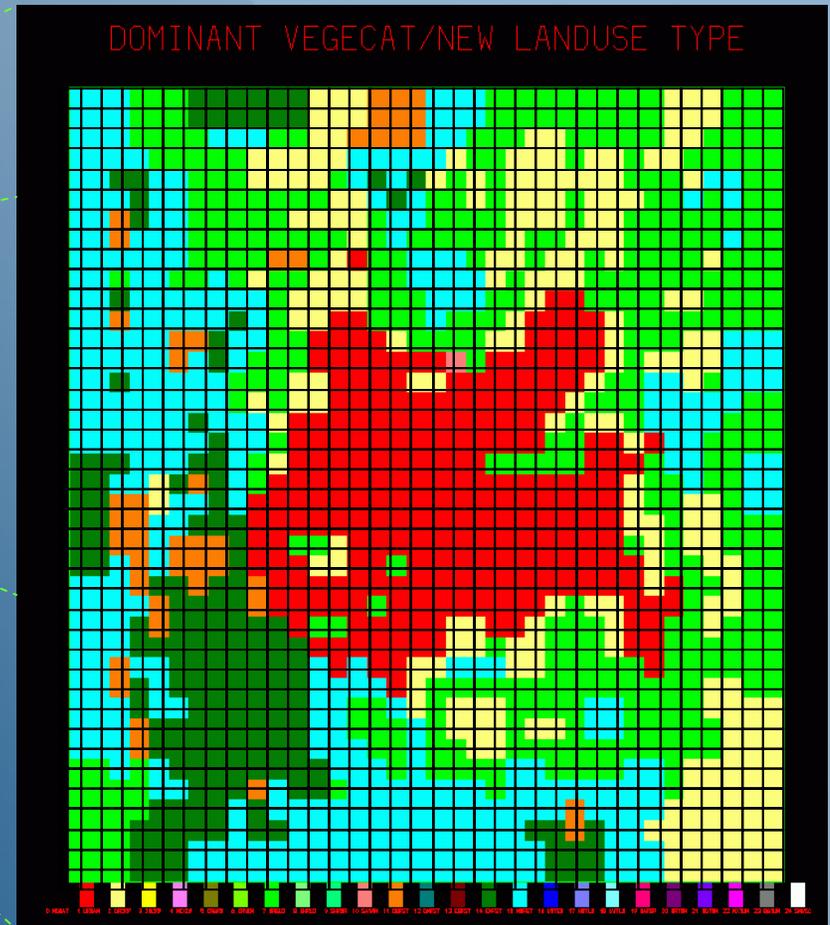
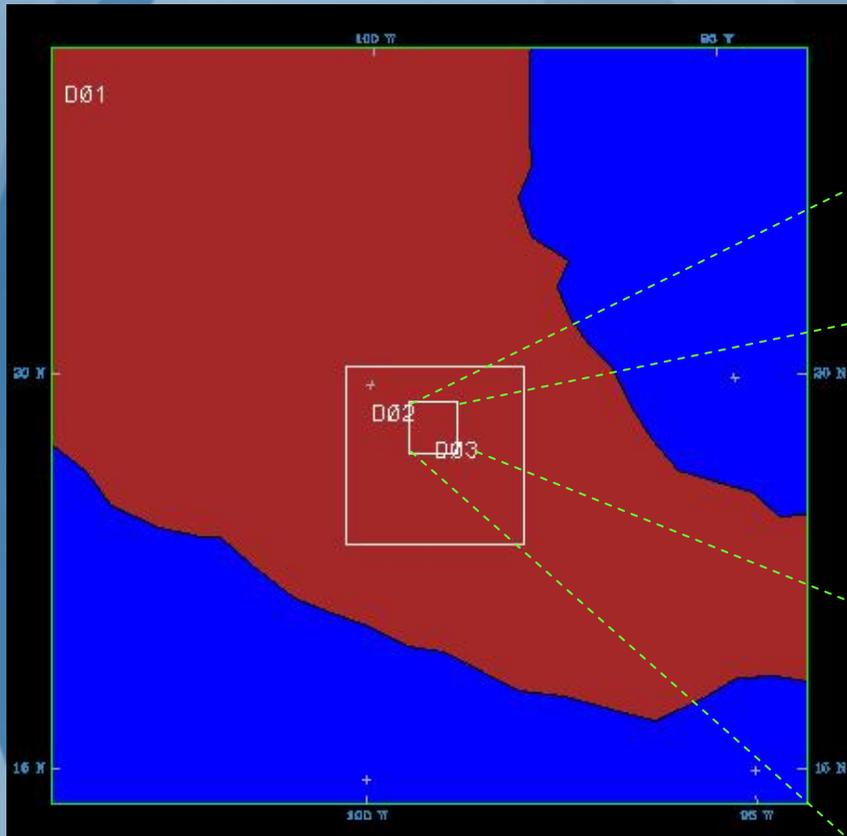
Al incrementar la resolución incrementamos también la cantidad de datos a manejar y por consiguiente las demandas de cómputo y el tiempo de procesamiento.

Resolución	Aprox. en Km.
1 grado	111
30 minutos	56
10 minutos	19
5 minutos	9
2 minutos	2
30 segundos	0.9



Secretaría del Medio Ambiente

COBERTURA Y RESOLUCIÓN GEOGRÁFICA (DOMINIOS DE MODELACIÓN)



D1	65x65 celdas	18km
D2	46x46 celdas	6km
D3	40x37 celdas	2km



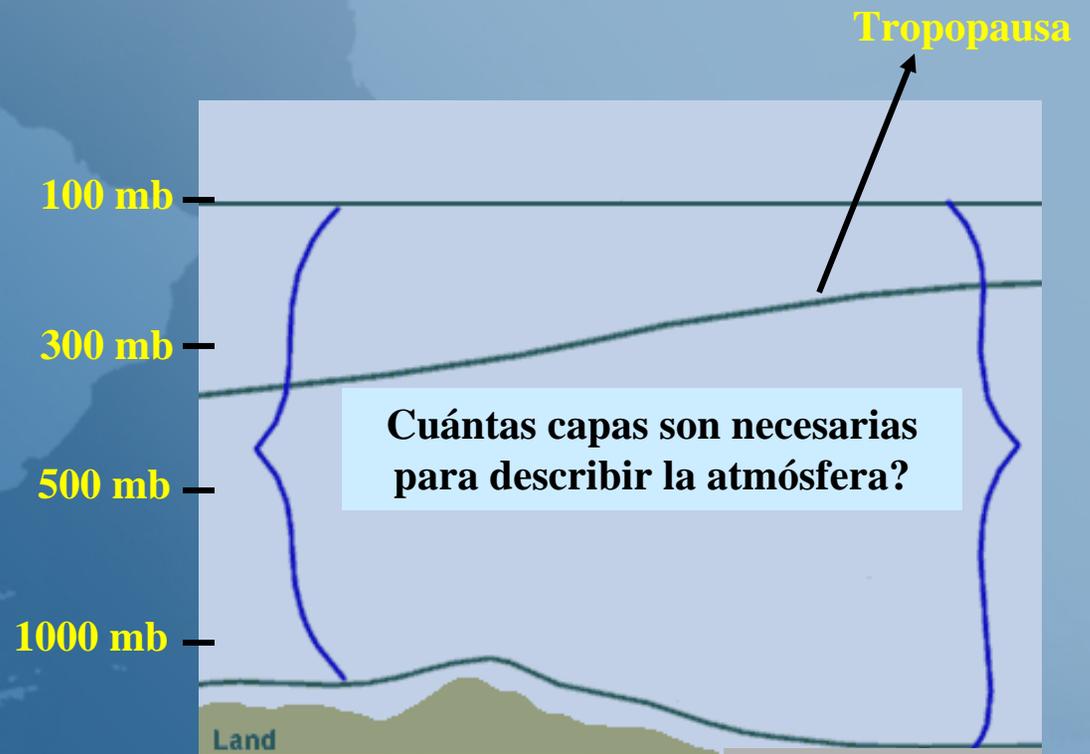


Secretaría del Medio Ambiente

RESOLUCIÓN VERTICAL

No solamente la resolución horizontal es necesaria para describir los fenómenos atmosféricos, los modelos deben estar configurados con una resolución vertical adecuada para poder predecir de manera correcta, la estructura vertical y la variación de los eventos meteorológicos.

Es necesario tener suficiente detalle en las capas cercanas a la superficie, pues es donde se desarrollan los procesos atmosféricos asociados con la calidad del aire más importantes.





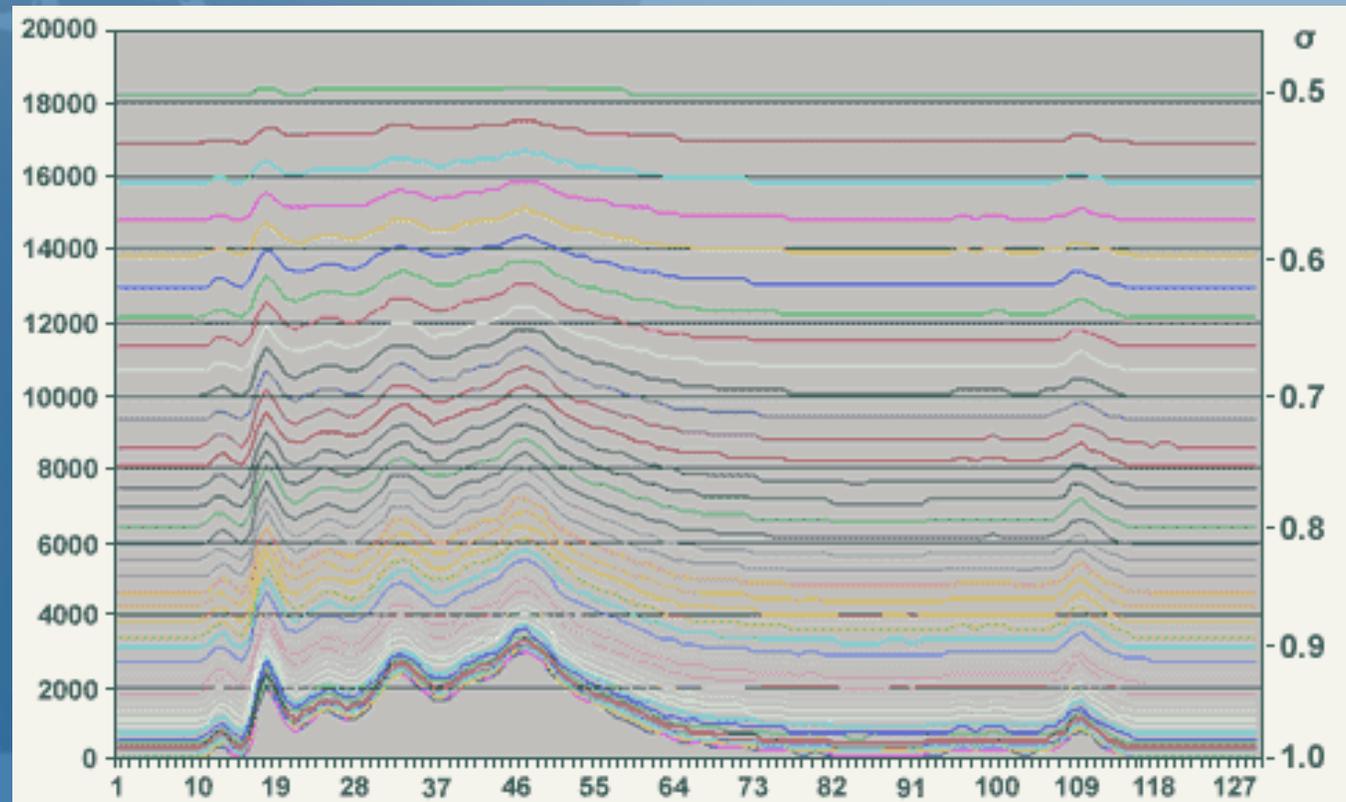
Secretaría del Medio Ambiente

RESOLUCIÓN VERTICAL

Cada modelo numérico emplea un sistema diferente de coordenadas verticales. Por consiguiente, cada uno tiene ventajas y limitaciones. Modelos como el AVN y MM5 representan las capas atmosféricas empleando un sistema de coordenadas sigma (σ). Este sistema toman en cuenta valores desde cero ($\sigma=0$) hasta uno ($\sigma=1$), donde uno es el valor de superficie y cero es el valor tope.

En los escenarios modelados se determinaron 24 capas

Altitud (msnm)



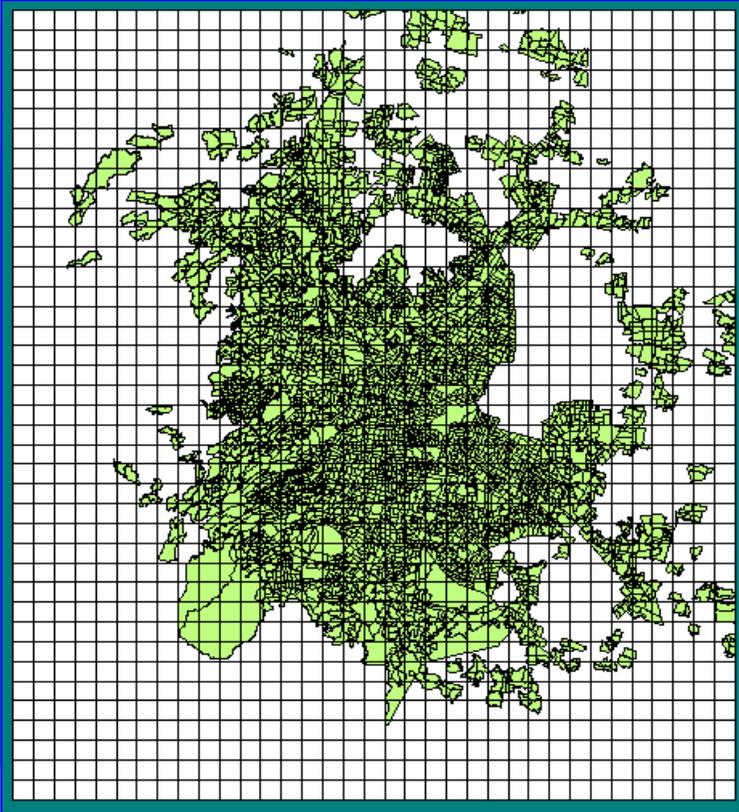
Puntos de malla





Secretaría del Medio Ambiente

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA FUENTES DE ÁREA



4315 AGEB

Local WWW

A_MOD
 DOMINIO

Resultados de la Identificación ✕

Hallados: (483188,2148774)
1 ocurrencia

Elemento
069-7

Atributos:

AGEB = 069-7
APOYO = 1
AREA_PARCI = 430340.063
AREA_TOTAL = 430340.063
DELEG_MUN = Cuauhtemoc
FeatureId = 4462
ID = 4462
ID_CELDA = 718
PERI_PARCI = 2765.025
PORCENTAJE = 1

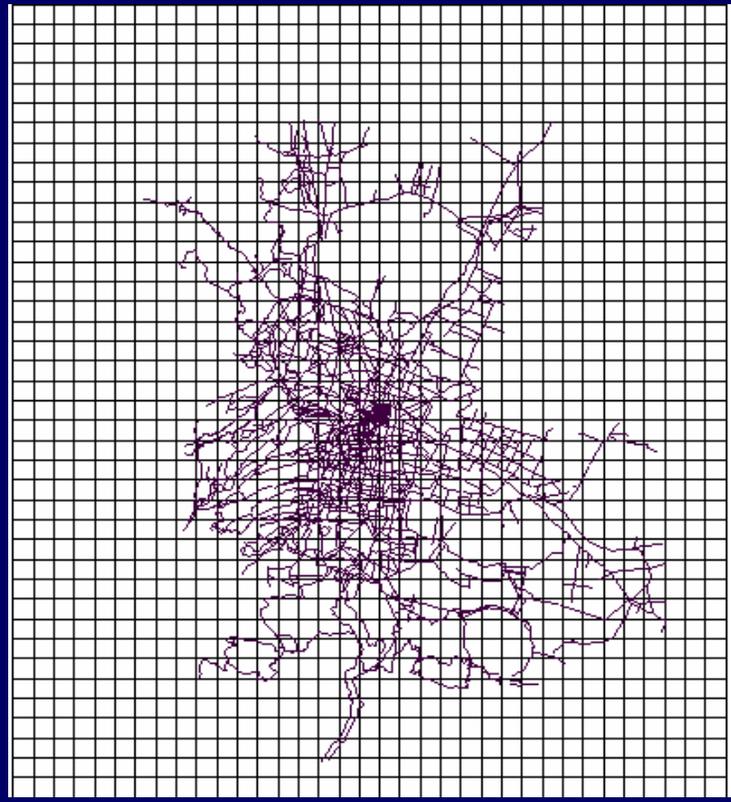
Tema: a_mod
Tipo de Shape: Polígonos

Tema activo: DOMINIO



Secretaría del Medio Ambiente

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA FUENTES MÓVILES



2990 Tramos

Local WWW

VIALIDAD
 DOMINIO

Resultados de la Identificación ✕

Hallados: (482259,2149126)
1 ocurrencia

Elemento
AV. PARQUE VIA

Atributos:

HCTCELG = 4.7911
HCTCELP = 0.00635
INICIO = RIBERA DE SAN COSME
LENGTH = 0.008
NOXCELD = 1.8042
NOXCELG = 2.9488
NOXCELP = 0.00898
PM10CELD = 0.1704
PM10CELG = 0.0365
PM10CELP = 0.00046
RED_SECC1_ = 1131
SO2CELD = 0.0319
SO2CELG = 0.1317
SO2CELP = 0
SRCNAME = CIRCUITO INTERIOR

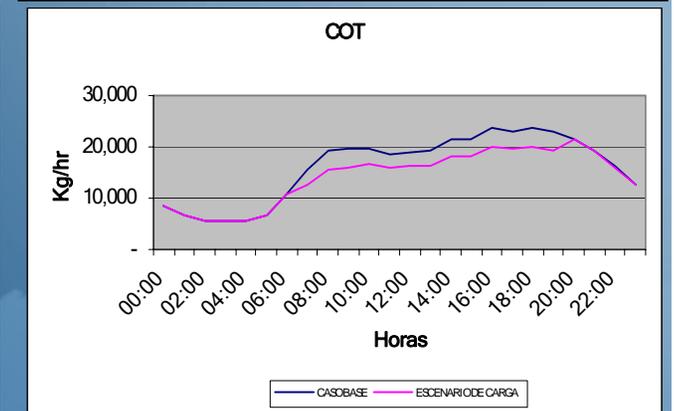
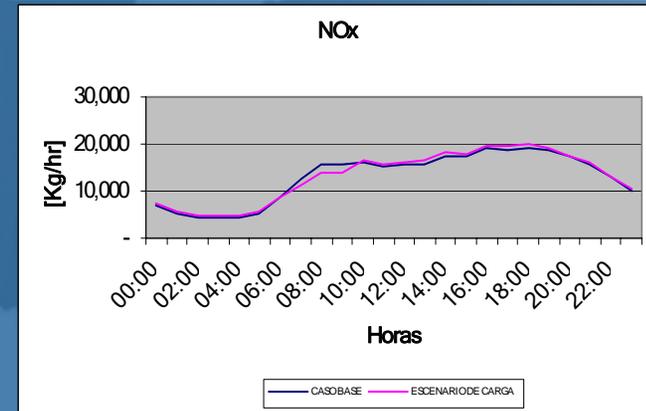
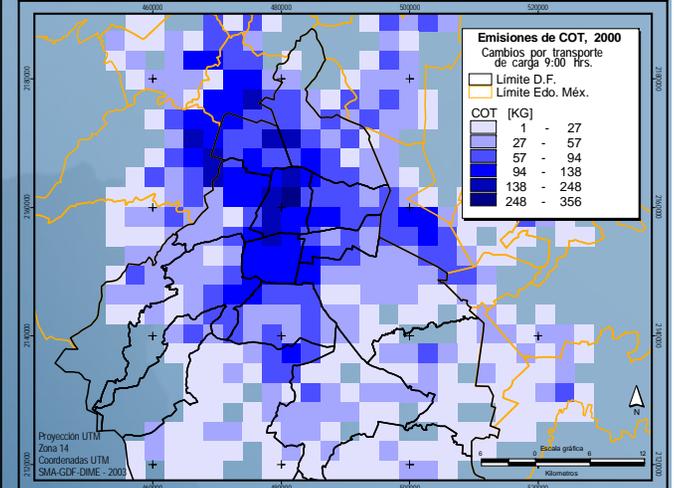
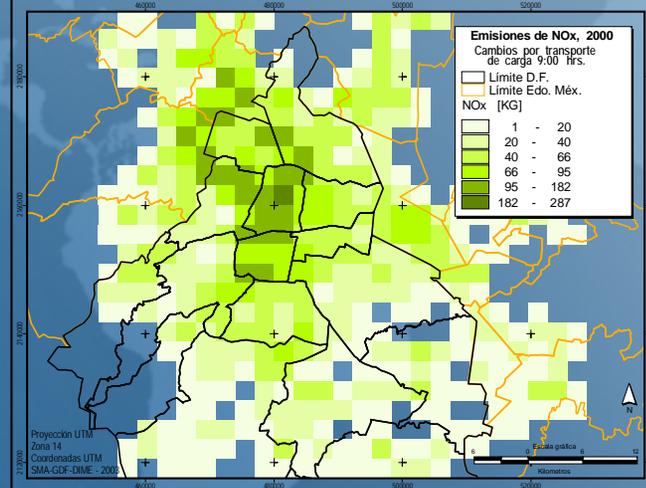
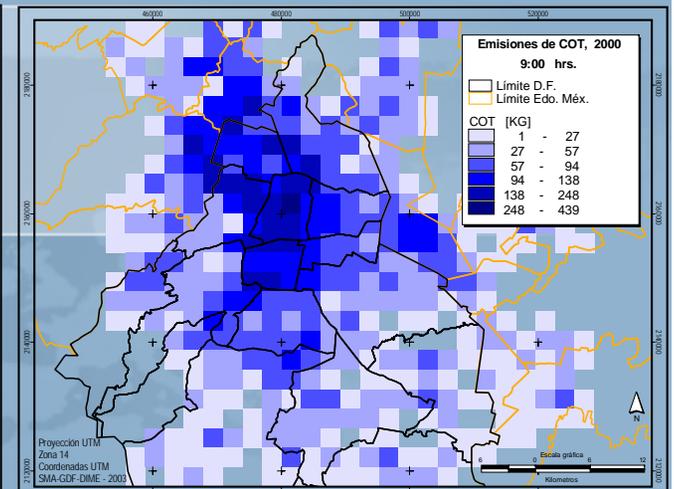
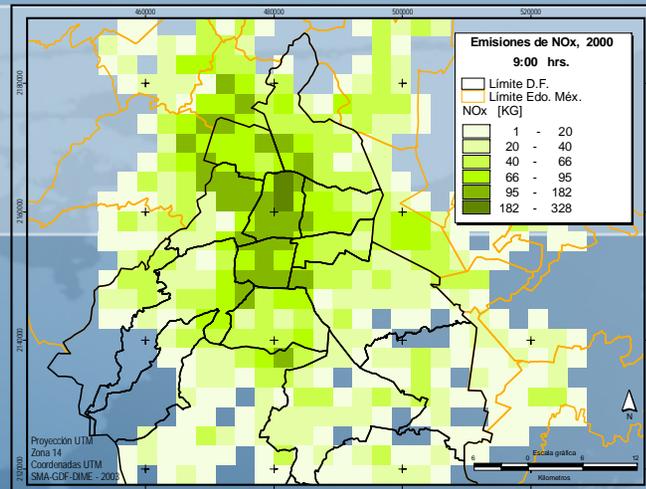
Tema: vialidad
Tipo de Shape: Líneas

Tema activo: VIALIDAD



Secretaría del Medio Ambiente

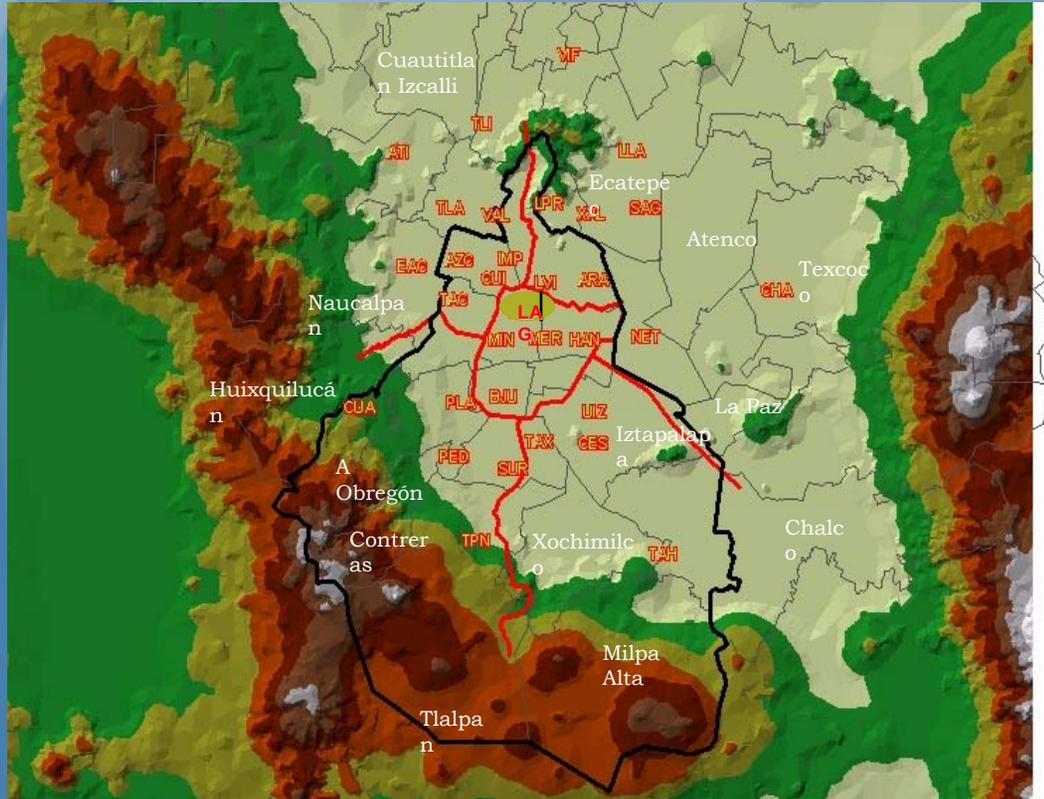
Variación geográfica (a las 9h) y temporal en la emisión de NOx y COT, entre el CB (arriba) y el EC1 (restricción para no circular de 7 a 10h).



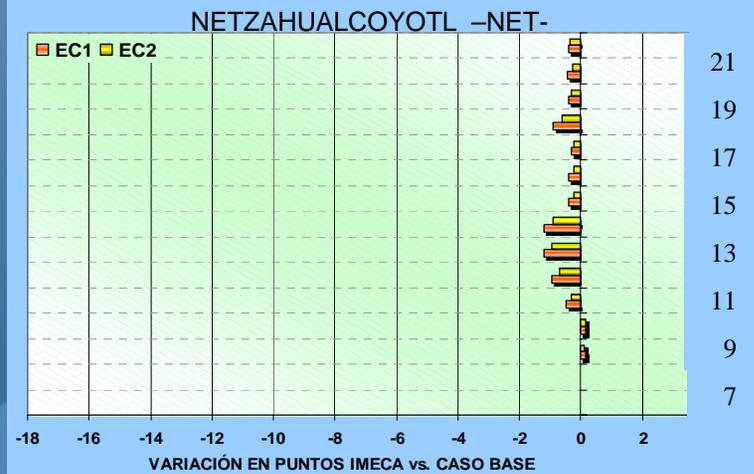
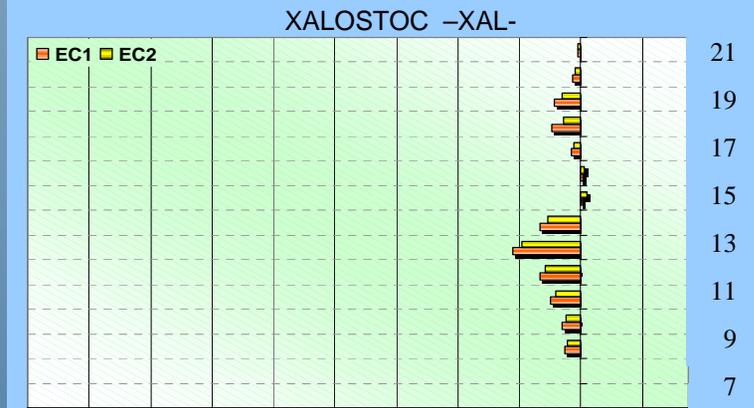
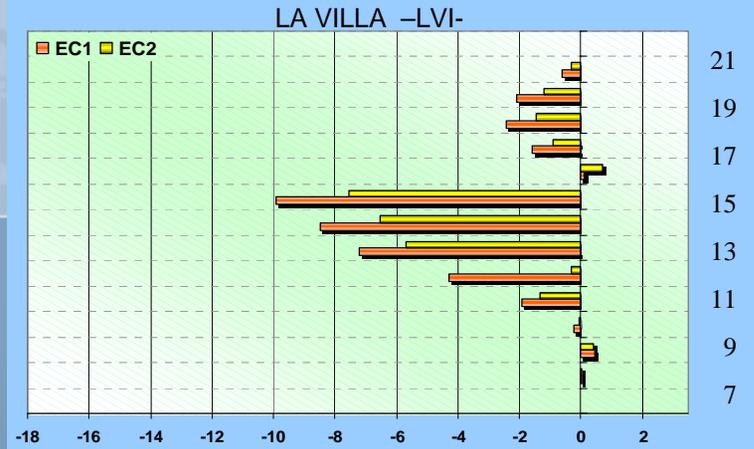


Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS SECTOR NORESTE



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

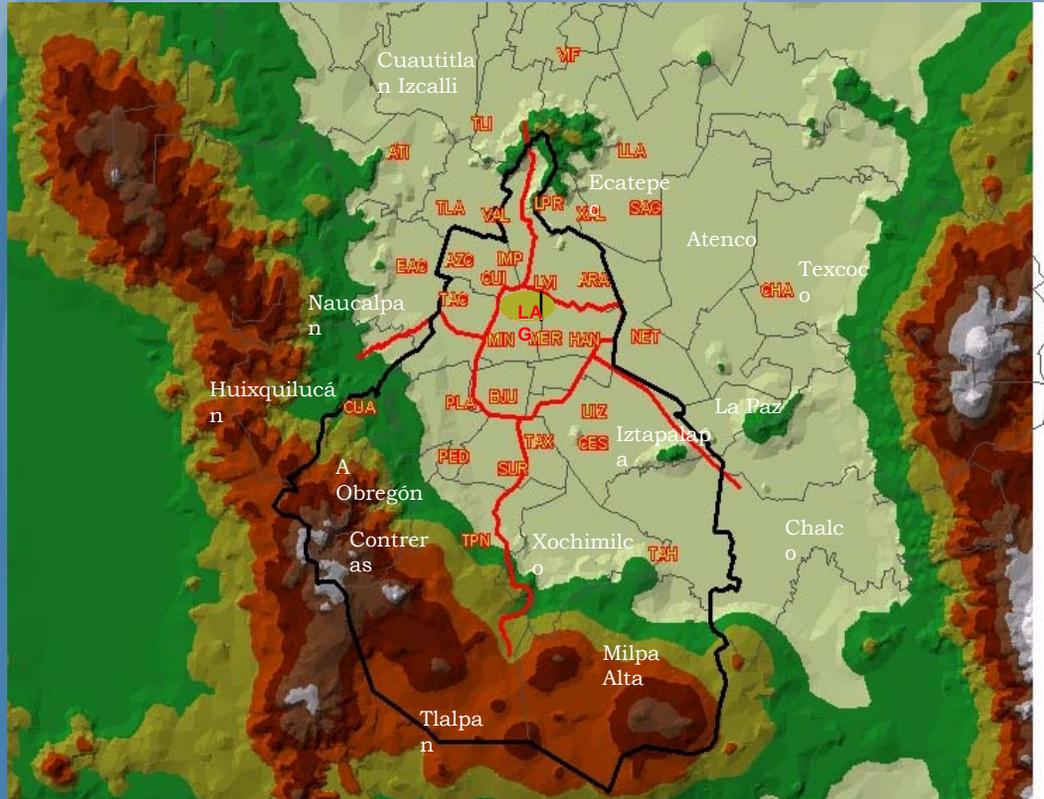


VARIACIÓN EN PUNTOS IMECA vs. CASO BASE

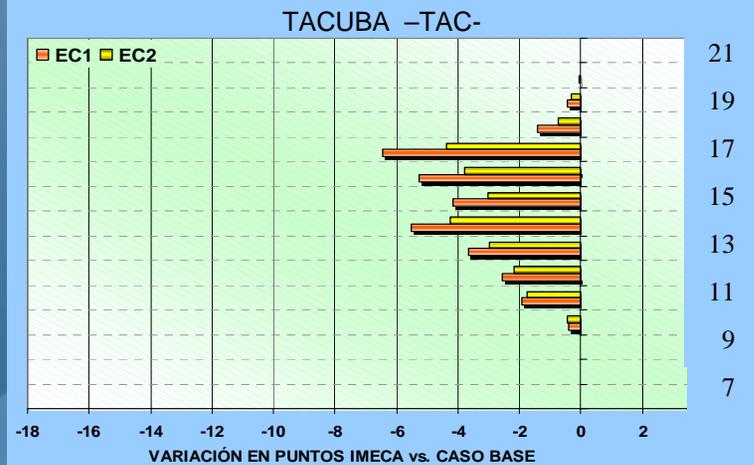
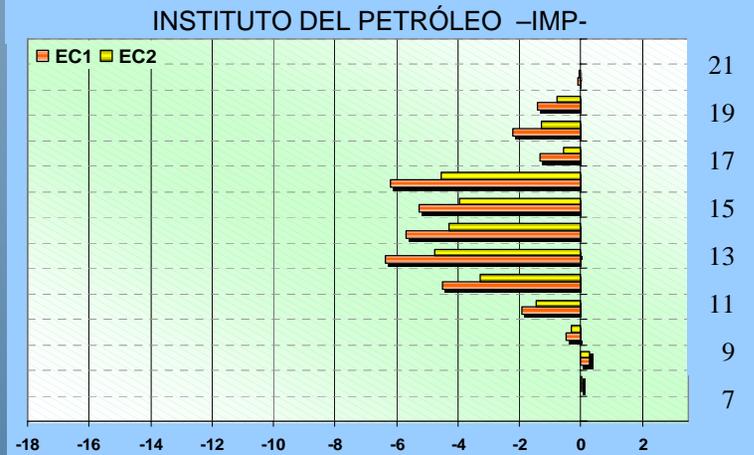
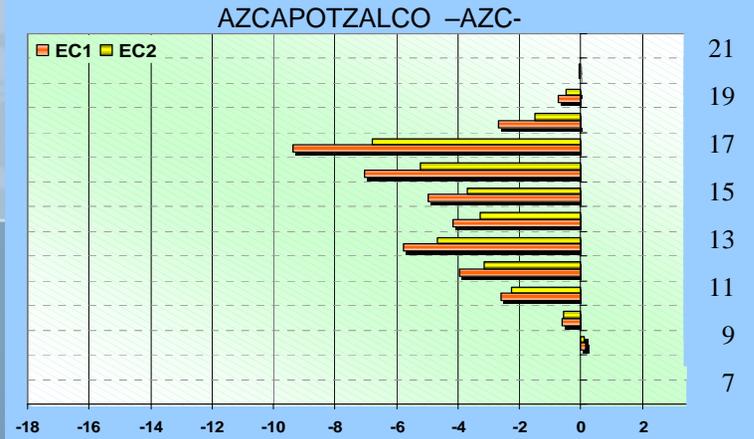


Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS SECTOR NOROESTE



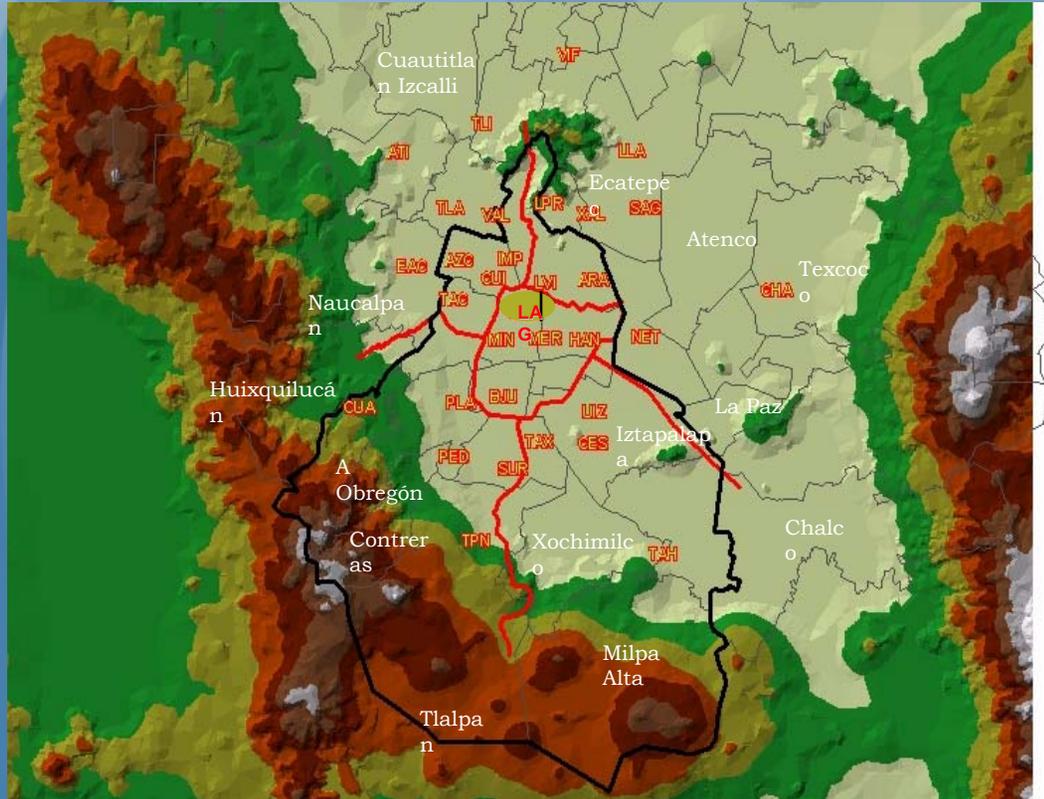
Fuente: Sistemas de Información Geográficos, SMA-GDF, 2003.



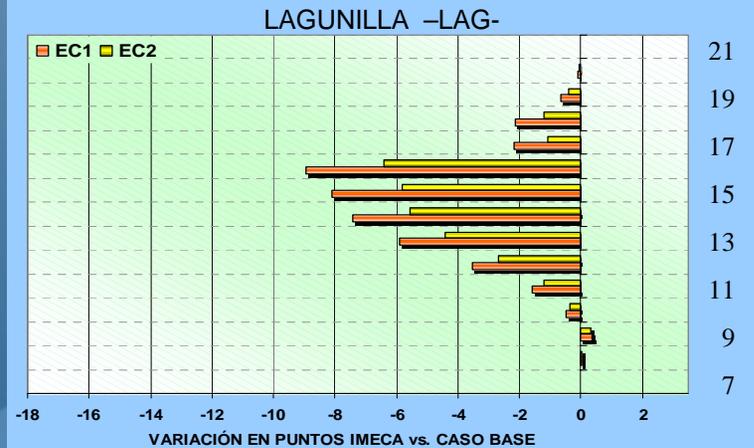
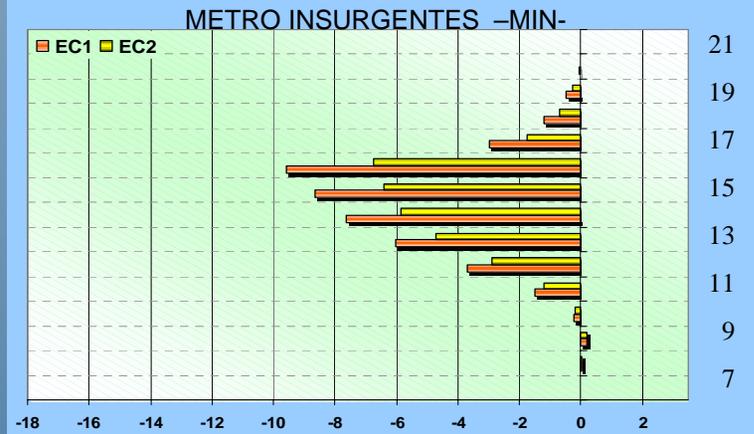
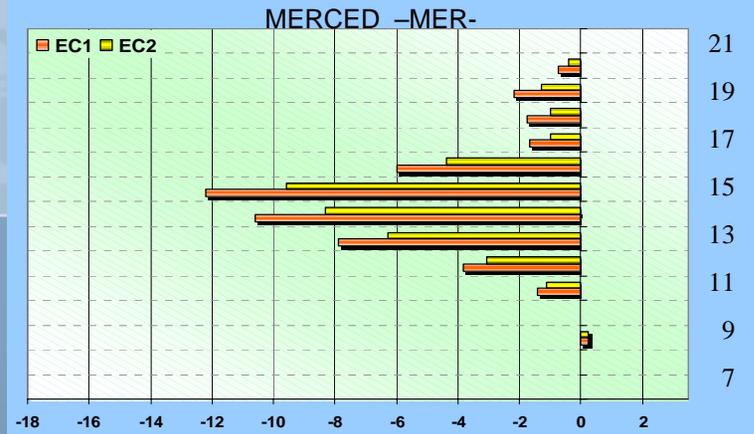


Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS SECTOR CENTRO



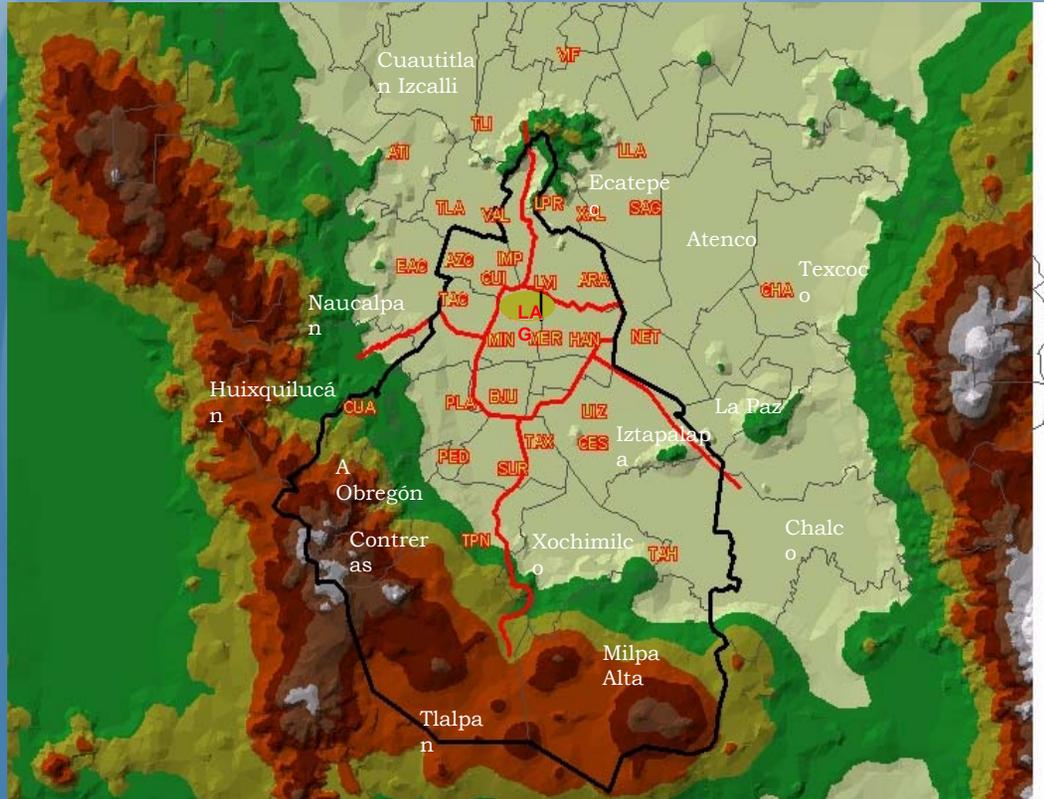
Fuente: Sistemas de Información Geográficos, SMA-GDF, 2003.





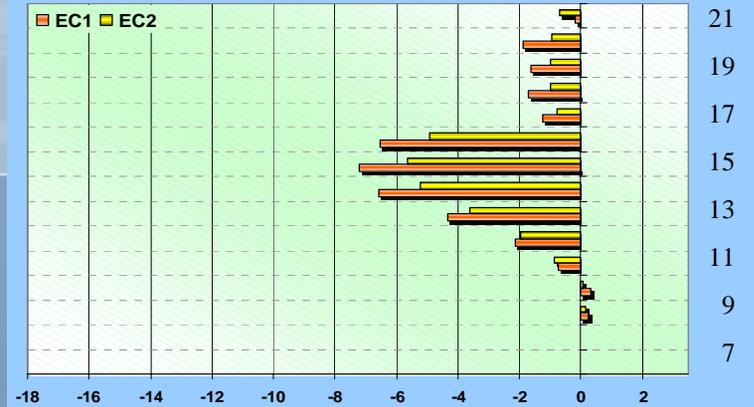
Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS SECTOR SURESTE

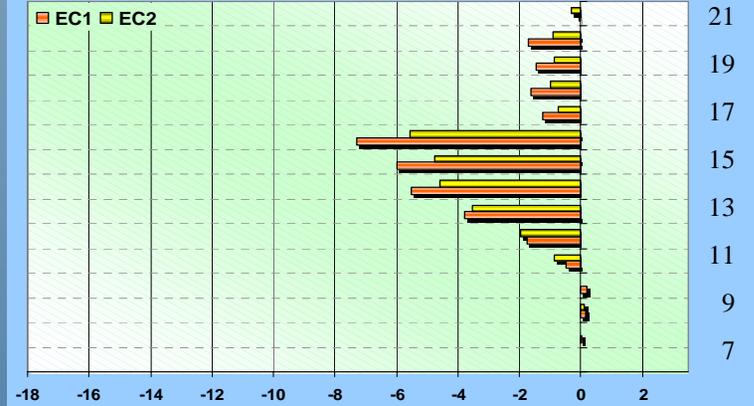


Fuente: Sistemas de Información Geográficos, SMA-GDF, 2003.

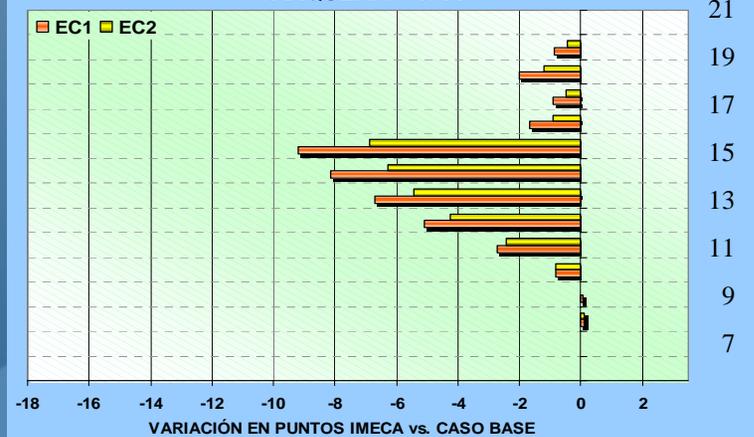
UAM IZTAPALAPA -UIZ-



CERRO DE LA ESTRELLA -CES-



TAXQUEÑA -TAX-

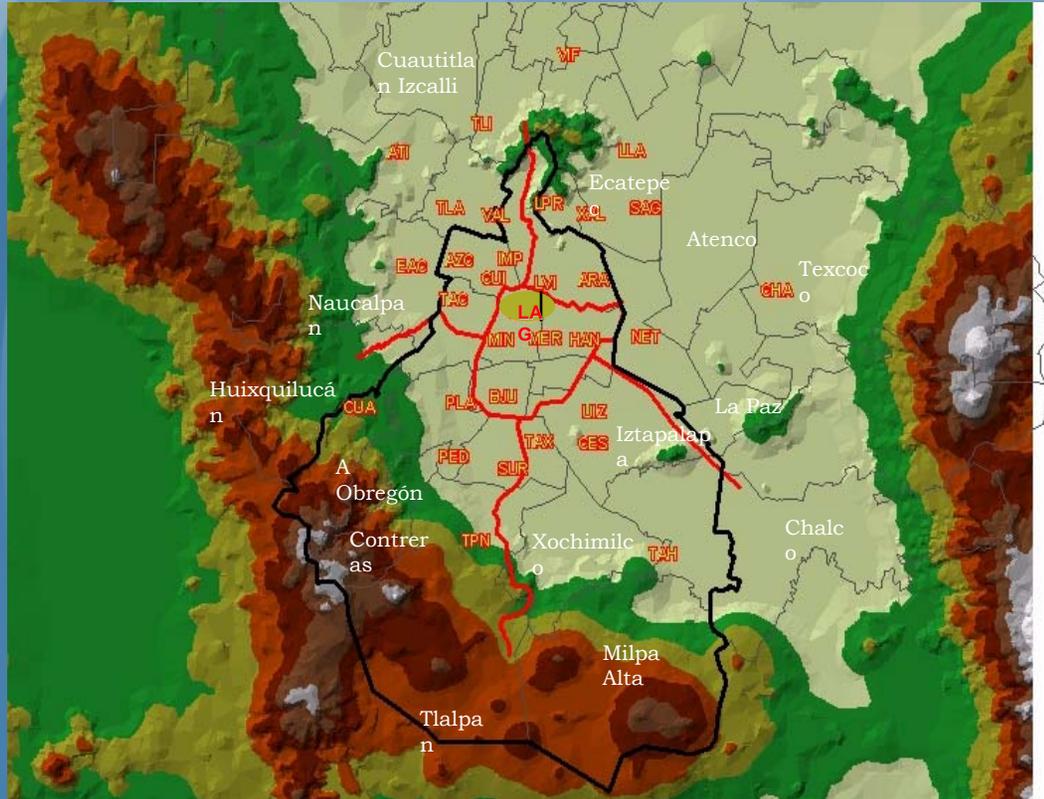


VARIACIÓN EN PUNTOS IMECA vs. CASO BASE

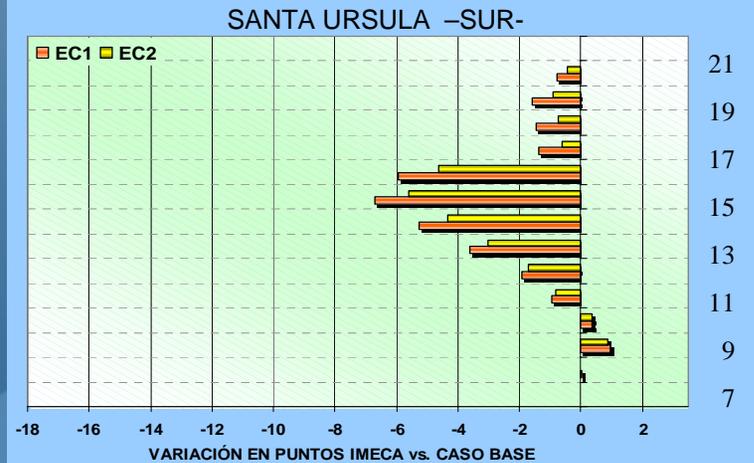
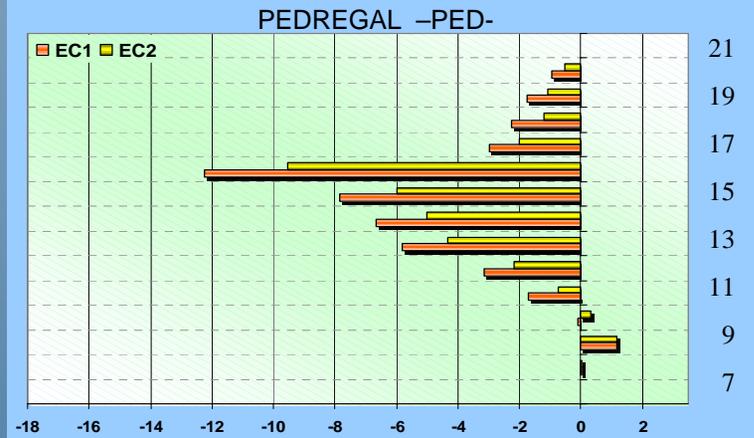
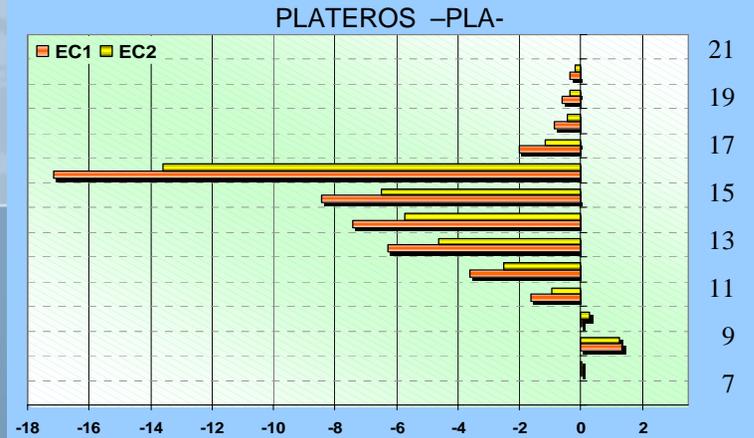


Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS SECTOR SUROESTE



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





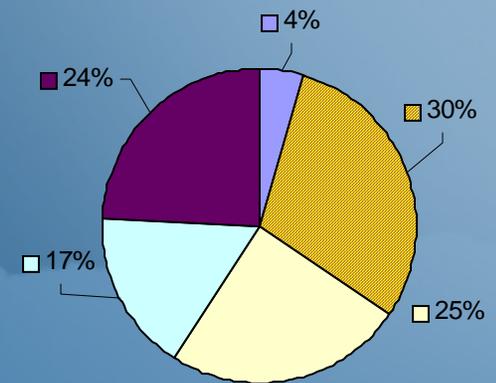
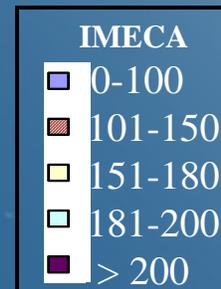
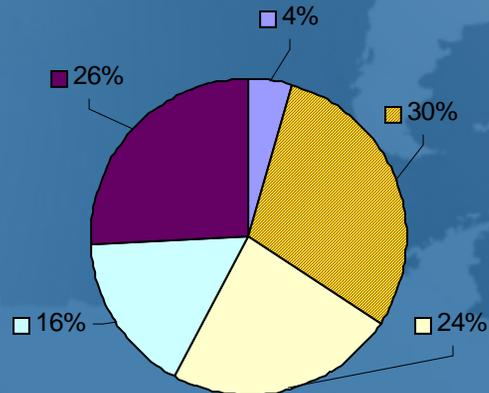
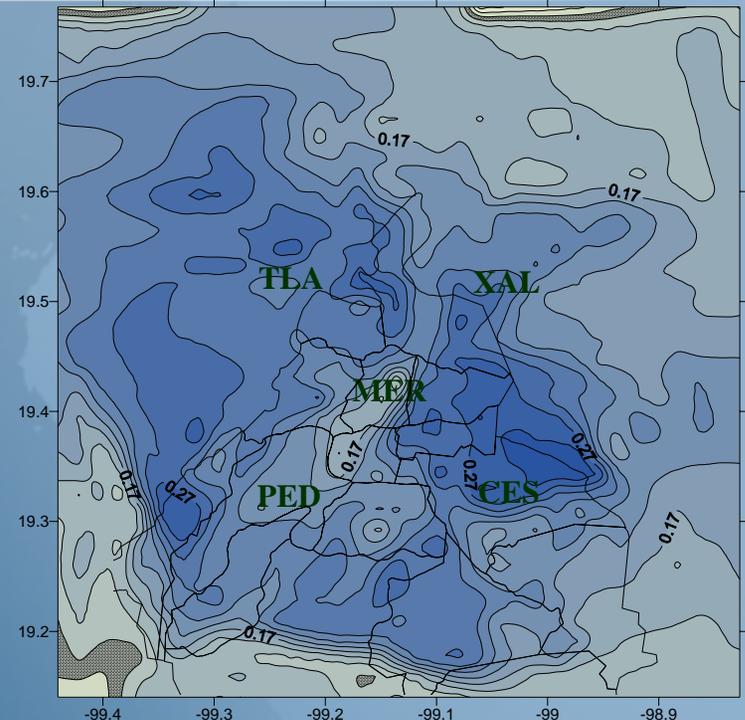
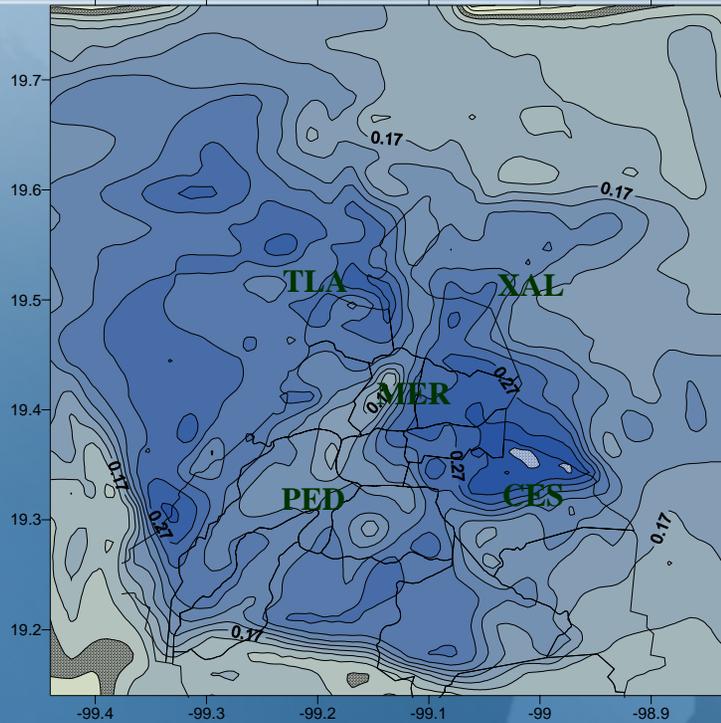
Secretaría del Medio Ambiente

RESULTADOS

Concentración de O₃ sup.

Caso Base 2000
24 mayo 15 LST

Escenario Carga 1
24 mayo 15 LST





Secretaría del Medio Ambiente

CONCLUSIONES

* En Pedregal, sitio donde se monitoreó la más alta concentración de ozono (0.288ppm) el día 24 de Mayo del 2000, la modelación mostró que este contaminante decrece 5, 6 y 9 puntos IMECA a las 14, 15 y 16h, cuando se aplica el programa “Armonización ambiental del transporte de carga que circula en la ZMVM” con restricción a la circulación de transporte de carga de 7 a 9h (EC2); mientras que disminuye hasta 6, 8 y 12 puntos IMECAS a las 14, 15 y 16h, sí la restricción es de 7 a 10h (EC1).

* Se estimaron 2% (a las 15h) y 1% (a las 16h) más datos en el CB con concentraciones superiores a 200 puntos IMECA de ozono, que en los escenarios de prueba. Esto muestra que al no aplicarse la medida propuesta, las concentraciones de ozono superiores a 200 puntos IMECA, cubrirían en la ZMVM 112.32 Km² más a las 15 h y 56.16 Km² más a las 16h.

* Los sitios y horas, en cada sector, dónde disminuiría más el ozono serían:

Sitio	Sector IMECA	Hora	Decremento máximo de O ₃ (puntos IMECA)	
			EC1	EC2
Plateros	SO	16	17	13
Merced	Centro	15	12	9
La Villa	NE	15	10	7
Azcapotzalco	NO	17	9	7
Taxqueña	SE	16	9	7

Puede considerarse que la medida sería más eficiente en el sector SO, luego en los sectores Centro y NO, y decrece su efectividad en los sectores NE y SE.





Secretaría del Medio Ambiente

BENEFICIOS POTENCIALES

- Reducción de emisiones contaminantes.
- Reducción los picos de ozono que se registran durante la tarde.
- Menor exposición de la población sensible a las emisiones directas de partículas finas.
- Incremento en las velocidades de circulación del tránsito en general.
- Liberación de espacios viales.
- Inicio del ordenamiento del tránsito del transporte de carga.



- Disminución de los daños a la red vial.
- Permite mayor control de los vehículos.
- Seguridad para los operadores y bienes en traslado.
- Permite la armonización de su circulación con otros modos de transporte.
- Reducción de los costos de operación.
- Mejoramiento de la imagen urbana

