

# APPLICATION OF NUMERICAL MODELING TO CONTROL EMISSIONS AND ATMOSPHERIC POLLUTION

Francisco Hernández, David Parra, Saúl Rodríguez, Jorge Sarmiento, Rodrigo Perrusquía, Fabiola Rodríguez, José Luis Sagú, Rogelio Jiménez and Patricia Camacho.

*Dirección de Inventarios de Emisiones y Fuentes Estacionarias, Secretaría del Medio Ambiente – G.D.F.*

## INTRODUCTION

Freight vehicles have an important influence on the cruising speed attained in the thoroughfares where they run daily. Hence, it is proposed that the program "Environmental Harmonization of Freight Hauling in the ZMVM" be established, in order to limit or avoid freight hauling during peak flow hours.

The program proposes that emissions from freight hauling, instead of being distributed over a 24 h period, be emitted only during non restricted periods, or along designated corridors for this type of transportation. This would result in geographical and temporal variations in vehicular emissions, since it is estimated that by not permitting freight hauling from 7 to 10 h or from 7 to 9 h, and by being restricted to special corridors, the average vehicular velocity could be increased up to 30% in the primary thoroughfares of the Federal District (D.F.). This change in itself could be reflected in variations in air quality in Mexico City. The photochemical Multi-scale Climate Chemistry Model (MCCM) can be used to evaluate the latter, which allows for the development of scenarios that represent meteorology, geography, emissions and air quality in the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico (ZMVM), particularly in the D.F., and with it, the behavior of ozone concentrations, by controlling freight hauling.

The base scenario (CB) was established during the period from May 19 to 25, 2000, during which the most severe episode of ozone pollution occurred (from May 23 to 25) in 2000, in the ZMVM. With respect to the geographic model scope, this includes most of the 28 municipalities that make up Mexico City, as well as the 16 political delegations that make up the Federal District. This region is modeled on a grid with a resolution of 2x2km in 39 cells (on the Y axis) by 36 cells (on the X axis) and 24 atmospheric layers (on the Z axis).

## PROCEDURE

For the photochemical modeling with MCCM the following scenarios were developed:

*Base Scenario Mayo 2000 (CB)*

Scenario for which meteorology was modeled for the period between 7 h of May 19 and 12 h of May 25 2000, and it also included an emissions inventory for the same year, developed by the Department of the Environment of the Federal District.

### Load 1 Scenario (EC1)

The same meteorology and biogenic emissions for services and industry from CB were used, but emissions from mobile sources were modified, considering that freight haulers run during the following time schedules from Monday through Friday:

- a) Day schedule: from 10 to 20 h
- b) Night schedule: from 20 to 7 h
- c) Restricted schedule: from 7 to 10

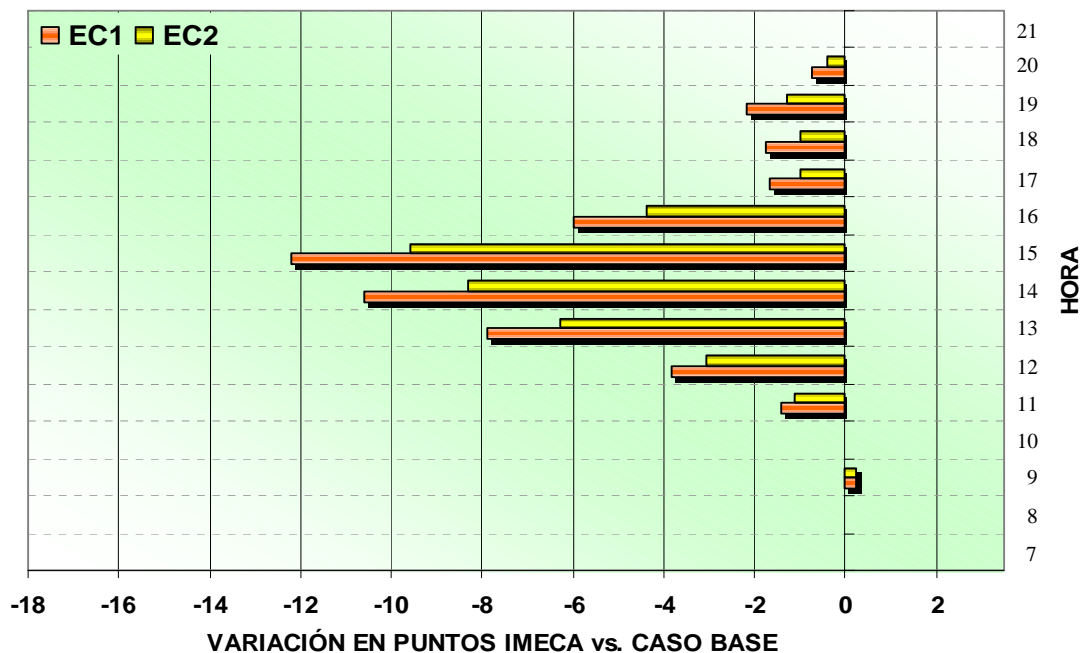
### Load 2 Scenario (EC2)

Similar to EC1, but with the following difference:

- a) Restricted schedule: from 7 to 9 h

It should be mentioned that emissions modifications in EC1 and EC2, were only applied to thoroughfares in the D.F., leaving without change emissions from mobile sources in avenues of suburban municipalities of Mexico City.

FIGURE 1. MERCED STATION



### ANALYSIS OF RESULTS

In order to quantitatively determine by locality the variations in ozone concentration in Mexico City, when freight hauling is controlled, an analysis was made of the most relevant automatic ozone monitoring stations in each one of the five IMECA sectors. This was done comparing ozone concentrations from Scenarios 1 and 2 with CB, for May 24 2000.

Azcapotzalco is where the most important differences were estimated in the North-East sector. Even though the decrease in ozone in EC2 does not reach 7 IMECA points, in EC1 said decrease exceeds 9 IMECA points. The decreases appear from 10 to 20 h.

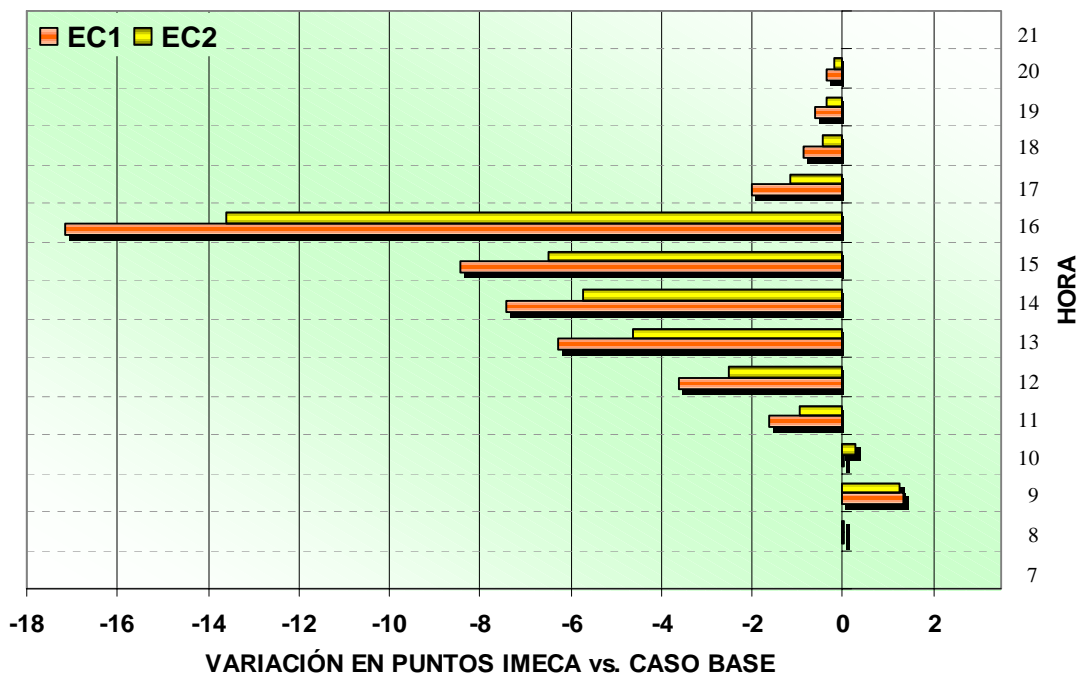
La Villa (near the Center sector) is the site where the most relevant decrease can be seen in the North-East sector, since in EC1 it was ~10 IMECA points and in EC2 of almost 8 IMECA points of ozone at 15 h.

The Center sector is one of the major impact zones of the program, and Merced was the site where this sector had the greatest decrease in ozone with the control measure (Figure 1). EC1 had a reduction of 12 IMECA points for ozone, and EC2 a decrease of 9.5 IMECA points for ozone (both at 15 h).

In the South-West sector the greatest decrease in ozone appeared for the whole study, with the Pedregal and Plateros where they are best seen (Figure 2). At this latter site de ozone decreases reached the greatest magnitude, since at 16 h a decrease of 17 IMECA points in EC1 and almost 14 IMECA points in EC2.

Lastly, in the South-East sector, in Cerro de la Estrella and UAM Iztapalapa, it was estimated that O<sub>3</sub> would decrease 7 IMECA points in EC1 and 6 IMECA points in EC2 when the control measure was implemented. And, it is in Taxqueña where for this sector ozone decreased 9 IMECA points in EC1 and 6.75 IMECA points in EC2.

FIGURE 2. PLATEROS STATION



### CONCLUSIONS

In Pedregal, site where the highest concentration of ozone was measured (0.288 ppm) on May 24, 2000, modeling with MCCM showed that this pollutant decreases 5, 6 and 9

IMECA points at 14, 15 and 16 h, when the proposed control strategies are applied in the program "Environmental Harmonization of Freight Hauling in the ZMVM" with restrictions for freight haulers from 7 to 9 h (EC2); while it decreases up to 6, 8 and 12 IMECA points at 14, 15 y 16 h, if the freight haulers restrictions are from 7 to 10 h (EC1).

In general, it was observed that the high ozone concentration zones (greater than 0.19 ppm) have a wider geographic coverage when the control measure is applied. It was estimated that if the proposed measure is not applied, ozone concentrations above 200 IMECA points, increases coverage over the ZMVM by 112.32 km<sup>2</sup> more at 15 h and 56.16 km<sup>2</sup> more at 16 h.

When comparing the results of the control scenarios (EC1 and EC2) with respect to CB, it was observed that both estimate important ozone decreases, and that the sites and hours in each sector where ozone would decrease the most are:

Station	IMECA Sector	Hour	Maximum O <sub>3</sub> Decrease (IMECA points)	
			EC1	EC2
Plateros	SW	16	17	13
Merced	Center	15	12	9
Azcapotzalco	NW	17	9	7
La Villa	NE	15	10	7
Taxqueña	SE	16	9	7

It can be concluded that, of the totality of sites where ozone decreases were estimated when applying the control measures of scenarios EC1 and EC2, the measure would be more efficient in the SW sector, then in the Center and NW sectors, and its effectiveness decreases in the NE and SE sectors. Greatest efficiency in the control strategy was observed in the scenario with restriction for freight haulers from 7 to 9 h.

# **APLICACIÓN DE LA MODELACIÓN NUMÉRICA AL CONTROL DE EMISIONES Y LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.**

Francisco Hernández, David Parra, Saúl Rodríguez, Jorge Sarmiento, Rodrigo Perrusquía, Fabiola Rodríguez, José Luis Sagú, Rogelio Jiménez y Patricia Camacho.

*Dirección de Inventarios de Emisiones y Fuentes Estacionarias, Secretaría del Medio Ambiente – G.D.F.*

## **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 ó de 7 a 9 h, y transitar éstos por corredores, podría incrementarse hasta 30% la velocidad vehicular promedio en las vías primarias del Distrito Federal (D.F.) Este cambio a su vez puede reflejarse en variaciones de la calidad del aire en la Ciudad 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 Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), particularmente en el D.F. Y con ello analizar el comportamiento de las concentraciones de ozono, al aplicar el control de la circulación al transporte de carga.

El escenario base (CB) 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, 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 con resolución de 2x2Km de 39 celdas (en Y) por 36 celdas (en X) y 24 capas (en Z) atmosféricas.

## **PROCEDIMIENTO**

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

### *Caso Base Mayo del 2000 (CB)*

Escenario en el cual se modeló la meteorología del periodo entre las 7 h del 19 de Mayo y las 12 h del 25 de Mayo del año 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 de carga 1 (EC1)

Se utilizó la misma meteorología y emisiones biogénicas, de servicios e industria del CB. Pero las emisiones de fuentes móviles se modificaron considerando que el transporte de carga circula bajo los siguientes horarios de Lunes a Viernes:

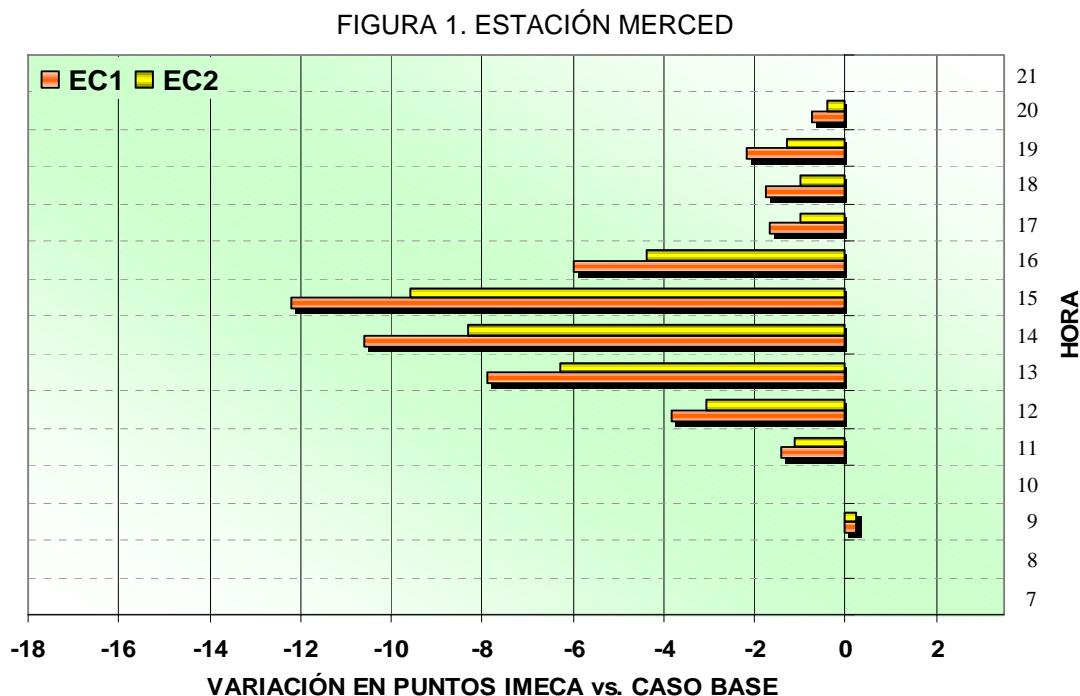
- c) Horario diurno: de 10 a 20 h      c) Horario restrictivo: de 7 a 10
- d) Horario nocturno: de 20 a 7

### Escenario de Carga 2 (EC2)

Similar al EC1, pero con la siguiente diferencia:

- 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 a la Ciudad de México.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

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 de circulación al transporte de carga, se realizó un análisis en los sitios más relevantes donde se localizan

estaciones de monitoreo automático para ozono en cada uno de los cinco sectores IMECA. Lo anterior se efectuó comparando concentraciones de ozono de los Escenarios de Carga 1 y 2 frente al CB, para el día 24 de Mayo del 2000.

Azcapotzalco es el sitio donde se estimaron las diferencias más importantes del sector Nor-Oeste. Si bien 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.

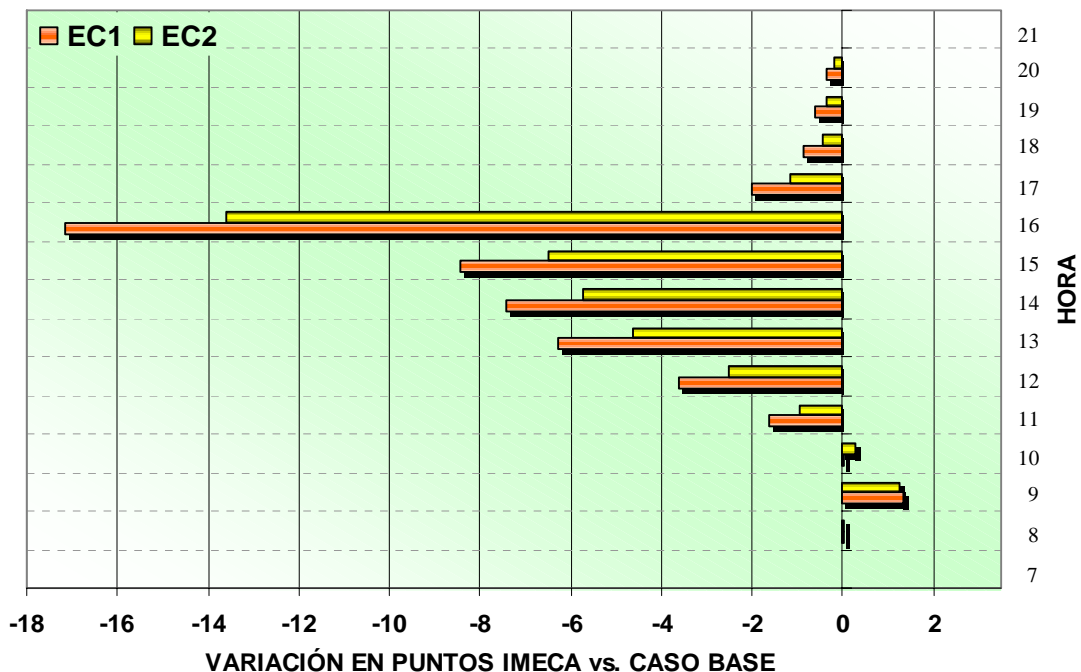
La Villa (cercana al sector Centro) es el sitio donde se puede ver la disminución de contaminación más relevante en el sector Nor-Este, pues en el EC1 fue de ~10 puntos IMECA, y en el EC2 de casi 8 puntos IMECA de ozono a las 15 h.

El sector Centro es una de las zonas con mayor impacto por la implantación del programa; y Merced fue el sitio de este sector donde decreció más el ozono al aplicar la medida de control (figura 1). Pues para el EC1 bajó 12 puntos IMECA el ozono, y en el EC2 decreció 9.5 puntos IMECA de ozono (ambos a las 15 h).

Dentro del sector Sur-Oeste se tuvieron los decrementos de ozono más acentuados de todo el dominio, siendo en Pedregal y Plateros donde se aprecian mejor (figura 2). 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 Sur-Este, en Cerro de la Estrella y UAM Iztapalapa, se estimó que el O<sub>3</sub> baja 7 puntos IMECA en el EC1 y 6 puntos IMECA en el EC2 al implantar la medida de control. Y es en Taxqueña donde para este sector, el ozono bajó hasta 9 puntos IMECA en el EC1 y 6.75 puntos IMECA en el EC2.

FIGURA 2. ESTACIÓN PLATEROS



## CONCLUSIONES

En Pedregal, sitio donde se monitoreó la más alta concentración de ozono (0.288 ppm) 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, al aplicar las estrategias de control planteadas en el programa "Armonización ambiental del transporte de carga que circula en la ZMVM" con restricción de no circulación del transporte de carga de 7 a 9 h (EC2); mientras que disminuye hasta 6, 8 y 12 puntos IMECAS a las 14, 15 y 16 h, si la restricción de no circulación del transporte de carga es de 7 a 10 h (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. Estimándose que al no aplicarse la medida propuesta, las concentraciones de ozono superiores a 200 puntos IMECA, incrementan su cobertura sobre la ZMVM en 112.32 Km<sup>2</sup> más a las 15 h y 56.16 Km<sup>2</sup> 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 disminuiría más el ozono serían:

Estación	Sector IMECA	Hora	Decremento máximo de O <sub>3</sub> (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 concluirse 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. Apreciándose una mayor eficiencia de la estrategia de control planteada en el escenario con restricción para la circulación del transporte de carga de 7 a 9 h.