

# INFLUENCIA DE LA METEOROLOGÍA EN LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

José Agustín García-Reynoso

Centro de Ciencias de la Atmósfera., UNAM. Circuito Exterior s/n,  
México, D.F. 04510. E-mail: agustin@atmosfera.unam.mx

## RESUMEN

Se presenta el impacto en la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México debido a la meteorología y a las emisiones: industriales, del volcán Popocatepetl y de las ciudades vecinas esto se evalúa mediante el empleo de un modelo numérico de la calidad del aire. Se mencionan los diferentes patrones meteorológicos y el transporte de contaminantes que son relevantes en la región. Se concluye que las medidas de control de contaminantes deben considerar un enfoque regional.

**Palabras Clave:** Calidad del aire, México, meteorología.

## ABSTRACT

Air quality impact assessment in the Metropolitan Area of Mexico City is presented due to weather and emissions from: industry, the Popocatepetl and nearby cities, it is evaluated by using a numerical model of air quality. It is presented different weather patterns and transport of contaminants that are relevant to the region. It concludes that measures to control pollutants should consider a regional approach.

**Key words:** Air quality, Mexico, meteorology.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del aire se evalúa mediante la medición de diferentes compuestos atmosféricos considerados como contaminantes criterio, entre ellos se encuentra el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), las partículas suspendidas totales (PST), fracciones gruesa (PM<sub>10</sub>) y fina (PM<sub>2.5</sub>), el plomo y el ozono. La concentración de contaminantes secundarios (p.e. el ozono, el formaldehído y el glioxal) a nivel del suelo dependen de sus precursores como lo son los NO<sub>x</sub>, los compuestos orgánicos volátiles (COV), la radiación luminosa<sup>1</sup>, condiciones meteorológicas y la topografía.

La calidad del aire en una región depende principalmente de las emisiones industriales, vehiculares y de actividades humanas y las condiciones meteorológicas. En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) en el 2006<sup>2</sup>, el sector transporte fue el principal emisor de NO<sub>x</sub> (81.9%), de monóxido de carbono (99.3%) y contribuye de forma importante en las emisiones de COV

(34.1%). Los bosques que rodean la ciudad emiten compuestos orgánicos reactivos<sup>3</sup>, aunque su contribución es pequeña (5%) la reactividad en la atmósfera de estos compuestos hace que sea importante cuantificar su emisión.

Mediante observaciones y modelación de la calidad del aire en la ZMVM se han observado diferentes patrones de vientos que inducen el incremento de las concentraciones de contaminantes en superficie. Las observaciones provienen de la red automática de monitoreo ambiental (RAMA)<sup>4</sup> y el modelo empleado es el denominado MCCM<sup>5</sup> que calcula las variantes meteorológicas y químicas simultáneamente, el cual se ha adaptado para México<sup>6</sup>. Mediante estas herramientas se han identificado las confluencias<sup>7</sup>, es decir: línea donde vientos en sentido opuesto concurren arrastrando y juntando los contaminantes en una línea específica dentro de la ciudad. La fumigación vertical<sup>8</sup> ocurre cuando los contaminantes son transportados por los vientos y llevados a la cima de las montañas que rodean el valle, para luego encontrarse con corrientes de viento en dirección opuesta que los hace regresar al valle depositándose en regiones donde no hay fuentes de emisión y con ello incrementar la concentración de contaminantes en superficie. El transporte entre valles se da

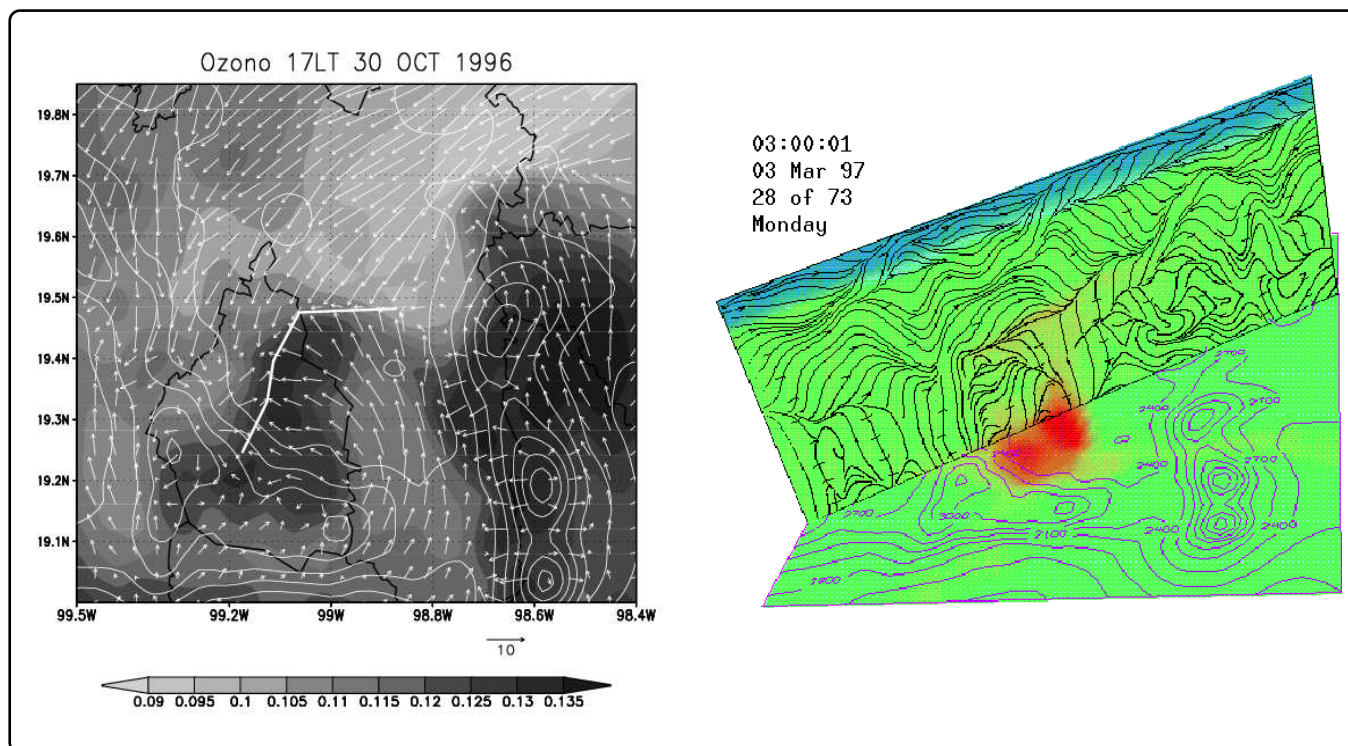


Ilustración 1. Línea de confluencia en blanco (izq.) y efecto de fumigación (der.).

cuando contaminantes emitidos en una zona, pueden ser transportados por los vientos generando nuevos compuestos que pueden contaminar otra región.

En la Ilustración 1 (izquierda) se observa como los vientos sobre la ZMVM poseen direcciones opuestas y forman una zona de confluencia indicada con la línea blanca. En la figura de la derecha se presentan los patrones de flujo en la vertical donde se observa que los vientos ascienden sobre la ladera, una vez en niveles superiores los vientos a esas alturas se desplazan hacia la ZMVM, para posteriormente descender con los contaminantes que transportan.

Debido al comportamiento no lineal entre las emisiones de precursores y las concentraciones ambientales de ozono, la reducción de los precursores puede inducir el incremento en la concentración de ozono. Por ejemplo, se puede observar que en ciudades como Los Ángeles<sup>9</sup> y Barcelona<sup>10</sup> durante los fines de semana, cuando las emisiones provenientes de actividades comerciales, de la industria y de los vehículos son menores, se tienen concentraciones relativamente mayores los sábados y domingos en comparación con los otros días de la semana. A esto se le conoce como ozono por efecto de fin de semana (OEF). Un caso particular del OEF en la Ciudad de México se dio el 14 de abril de 2007 (Ilustración 2) cuando los valores de ozono

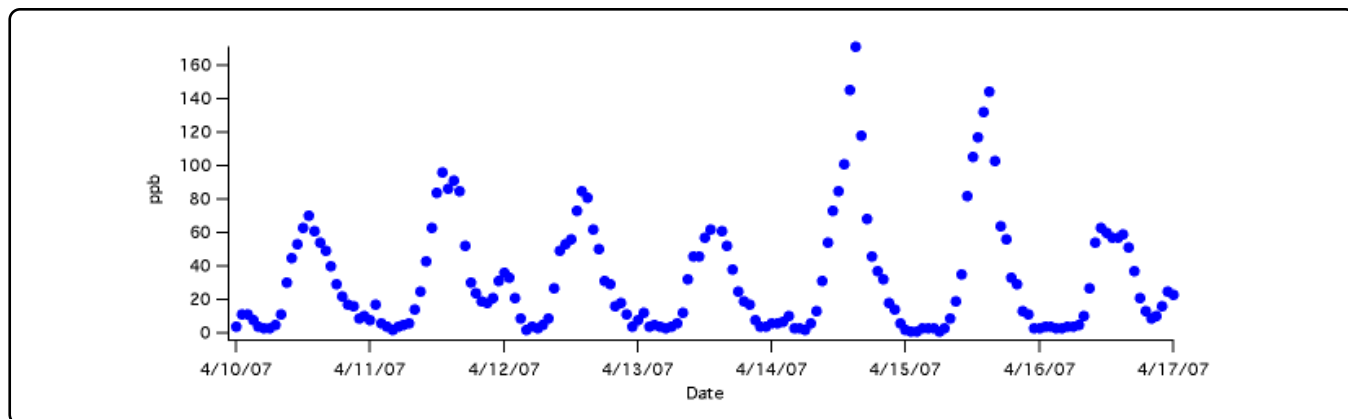


Ilustración 2. Concentraciones medias de ozono (ppb). Se observa un incremento extraordinario para el sábado 14 de abril de 2007.

llegaron a nivel de pre-contingencia, sin embargo, estos incrementos durante los fines de semana no se han presentado de forma cotidiana.

Para el caso de los contaminantes secundarios las concentraciones máximas se encuentran viento abajo, fuera de la fuente de emisión, lo cual provoca que comúnmente no se lleguen a registrar estos valores, ya que las redes de monitoreo miden sólo sobre las zonas metropolitanas (fuentes de emisión); sin embargo, en algunas ocasiones cuando el flujo de vientos lleva la emisión contaminante de una ciudad hacia otra se pueden medir esos valores. Ejemplo de ello es el caso de abril 14 de 2007,

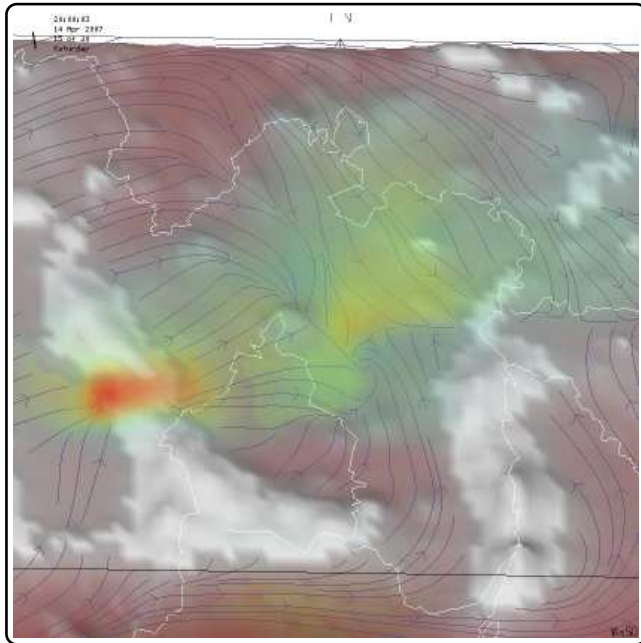


Ilustración 3. Flujo de contaminantes del Valle de Toluca a la Ciudad de México.

cuando las emisiones de la ciudad de Toluca llegaron a la ZMVM, ahí se observó que dichas emisiones influyeron en la calidad del aire de la ciudad de México<sup>11</sup> y no debido al “efecto fin de semana”, para ese período la aplicación de la política de reducción de la circulación de automóviles durante ese sábado no hubiera podido disminuir las concentraciones de ozono sobre la Ciudad de México. La Ilustración 3 muestra el transporte de contaminantes del valle de Toluca hacia el valle de México y las líneas de flujo.

Existen otras fuentes de emisiones de SO<sub>2</sub> fuera de la ZMVM, al sur las provenientes del volcán Popocatepetl y al norte las de la región industrial de Tula. En algunas ocasiones las emisiones de estas dos fuentes pueden llegar a la ZMVM<sup>12,13</sup> causando incrementos extraordinarios en las concentraciones de SO<sub>2</sub> medidos por la RAMA. Se ha observado que emisiones del volcán Popocatepetl puede llegar a la Ciudad de México como se muestra en la Ilustración 4. Por el momento las concentraciones medias del SO<sub>2</sub> no rebasan los límites establecidos por la normatividad mexicana como las concentraciones de ozono.

Las redes de monitoreo y los modelos matemáticos de la calidad del aire son herramientas indispensables y nos ayudan a comprender y a observar el fenómeno de la contaminación atmosférica. Los casos anteriores ejemplifican la influencia de los patrones de viento en la calidad del aire en la ZMVM.

**CONCLUSIÓN**

La meteorología y las emisiones son los principales forzantes de la calidad del aire, en el caso de la ciudad de México se tiene un consumo importante de combustibles, actividades comerciales e industriales, lo que ocasiona que se emitan cantidades importantes de sustancias a la atmósfera, también existen patrones meteorológicos que pueden inducir altas concentraciones de contaminantes, estos patrones también explican las distribuciones espaciales de los contaminantes que se presentan en la ZMVM.

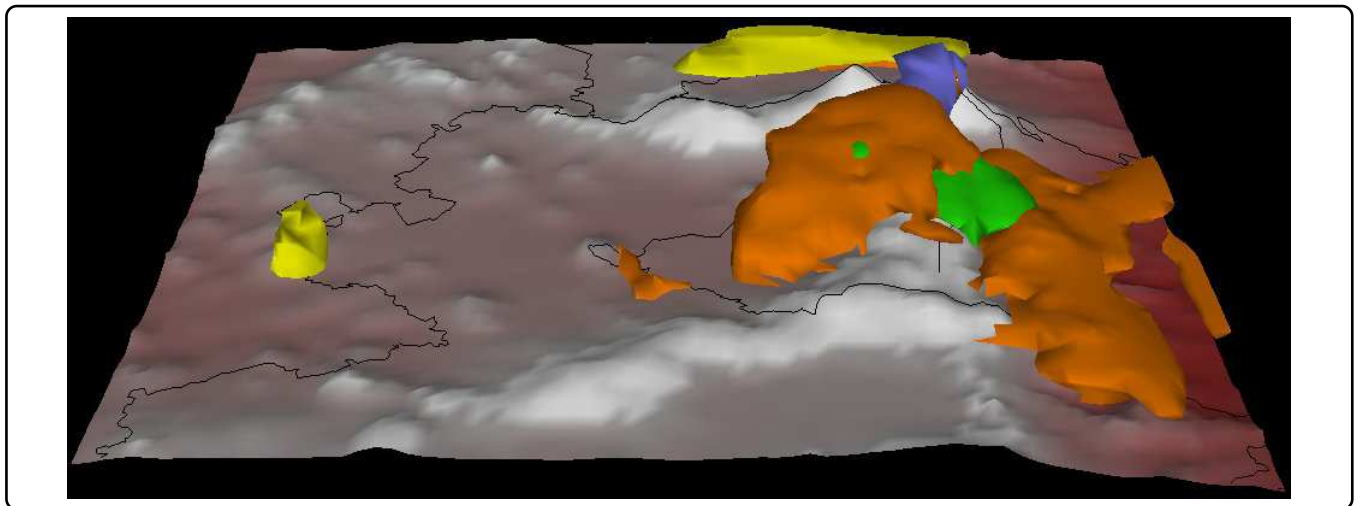


Ilustración 4. Influencia de las emisiones del Popocatepetl en la ZMVM.

Adicionalmente existe evidencia de que las emisiones generadas en otras regiones llegan a la ZMVM, sitios como Toluca, Tula y el volcán Popocatepetl pueden influenciar la calidad del aire en la ZMVM. Esto se ha podido observar y estudiar gracias a la modelación numérica de los fenómenos meteorológicos y químicos en la región. Medidas de control de emisiones locales, como la reducción de la circulación de automóviles en la ZMVM, pueden no ser tan efectivas si los contaminantes provienen de otras regiones. A la luz de la información anterior se deben considerar medidas regionales integrales para mejorar la calidad del aire tanto de la Ciudad de México como de la región centro del país.

## REFERENCIAS

1. Seinfeld, J.H. & Pandis, S.N. Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change (Wiley, New York, 1998).
2. Secretaría del Medio Ambiente, D.F. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México. Disponible en: [http://www.sma.df.gob.mx/inventario\\_emisiones/index.php?op=cc](http://www.sma.df.gob.mx/inventario_emisiones/index.php?op=cc). Última vez visitado 15 oct 2009.
3. Guenther, A.B., Zimmerman, P.R., Harley, P.C., Monson, R.K. & Fall, R. Isoprene and Monoterpene emission rate variability: Model evaluations and sensitivity analyses. *J. Geophys. Res.* **98D**, 12609-12617 (1993).
4. Secretaría del Medio Ambiente. Red Automática de Monitoreo Atmosférico. Página web: <http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnrama2.htm>. Última vez visitado: 17 nov 2009.
5. Grell G.A., Emeis, S., Stockwell, W.R., Schoenemeyer, T., Forkel, R., Michalakes, J., Knoche, R. & Seild, W. Application of a multiscale, coupled MM5/Chemistry model to the complex terrain of the VOLTAP valley campaign. *Atmos. Environ.* **34**, 1435-1453 (2000).
6. García-R, A., Schoenemeyer, T., Jazcilevich, A., Ruiz-Suárez, G. & Fuentes-Gea, V. Implementation of the multiscale climate chemistry model (MCCM) for Central México. *Adv. Air Pollut.* **8**, 71-78 (2000).
7. Jazcilevich, J., García, A. & Caetano, E. Locally induced surface air confluence by complex terrain and its effects on air pollution in the valley of Mexico. *Atmos. Environ.* **39**, 5481-5489 (2005).
8. Jazcilevich, J., García, A. & Ruíz Suárez, L.G. A study of air flow patterns affecting pollutant concentrations in the Central Region of Mexico. *Atmos. Environ.* **37**, 183-193 (2003).
9. Marr, L.C. & Harley, R.A. Spectral analysis of weekday-weekend differences in ambient ozone, nitrogen oxide, and non-methane hydrocarbon time series in California. *Atmos. Environ.* **36**, 2327-2335 (2002).
10. Jimenez, P., Parra, R., Gasso, S. & Baldasano, J. Modeling the ozone weekend effect in very complex terrains a case study in the Northwestern Iberian Peninsula. *Atmos. Environ.* **39** (3), 429-444 (2005).
11. García-Reynoso, A., Jazcilevich, A., Ruiz-Suárez, L.G., Torres-Jardón, R., Suárez Lastra, M. & Resédiz Juárez, N.A. Ozone weekend effect analysis in México City. *Atmósfera* **22(3)**, 281-297 (2009).
12. García-Reynoso, J.A. Evaluación de escenarios utilizando el modelo regional de calidad del aire Multiscale Climate Chemistry Model. Tesis de Doctorado (2002). 114 págs.
13. Monroy Avendaño, S. & García-Reynoso, A. Evaluación preliminar de impacto de las emisiones de SO<sub>2</sub> del Popocatepetl en la Zona Metropolitana del Valle de México. Publicado en: MCE2 News Letter Fall 2007/Winter2008 p. 9. Disponible en: [http://mce2.org/docs/MCE2\\_NEWSLETTER\\_2007\\_2008\\_ENGLISH\\_small.pdf](http://mce2.org/docs/MCE2_NEWSLETTER_2007_2008_ENGLISH_small.pdf). Última vez visitado 15 octubre 2009.