

IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE TRANSPORTE QUÍMICO PARA ESTIMAR LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AIRE DEL AMBA CON RESOLUCIÓN DE 1 KM

Luque Solange¹, Pineda Rojas Andrea L¹, Fita Lluís¹, Borge Rafael²

solange.luque@cima.fcen.uba.ar. Autora correspondiente

¹Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA), UBA-CONICET-CNRS-IRD IFAECI, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

²Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, España.

Palabras claves: Calidad del aire, escala urbana, desempeño

1) Introducción

La calidad del aire en áreas urbanas es un problema de creciente interés en el mundo debido a la combinación de altas emisiones de contaminantes con efectos adversos para la salud y a la alta densidad poblacional en estas zonas. Para su estudio, se recomienda el uso de modelos en alta resolución debido a la gran variabilidad espacial de las concentraciones de contaminantes. En el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) existen estudios de la calidad del aire utilizando modelos semi-empíricos simples (e.g., Mazzeo y Venegas, 1991; Pineda Rojas y Venegas, 2013; Venegas et al., 2014; Pineda Rojas et al., 2016). Sin embargo, la implementación de modelos complejos o de transporte químico, como el sistema Weather Research and Forecasting Model - Community Multiscale Air Quality Model (WRF-CMAQ), está comenzando a desarrollarse. Este tipo de modelos incluye distintas opciones para representar los procesos de transporte y dispersión, transformaciones químicas, procesos de depósito, etc., y por lo tanto permiten estudiar el rol de otros procesos y fuentes que no es posible estudiar con modelos simples. Entre las limitaciones de los modelos de transporte químico se encuentran la alta demanda computacional, por lo cual generalmente se usan para simular periodos cortos (de unas pocas semanas) cuando se utilizan en alta resolución espacial. Recientemente se implementó el sistema de modelado WRF-CMAQ en el AMBA. En este trabajo, se presentan los primeros resultados de la evaluación de su desempeño para reproducir las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) en tres estaciones de monitoreo del AMBA.

2) Metodología

El sistema de modelado WRFv4.2.1 – CMAQv5.4 se aplica en el AMBA durante dos meses, uno en invierno y otro en primavera del año 2012. Ambos periodos consideran dos días de spin up. Se utilizan cuatro dominios anidados con resoluciones horizontales de 45 km², 15 km², 3 km² y 1 km², con el dominio más grande cubriendo toda Argentina y los países vecinos y el más chico cubriendo todo el AMBA. Las configuraciones del modelo se basan en estudios previos de sensibilidad tanto de WRF (Luque et al. 2024a) como de CMAQ (Luque et al. 2024b), y se encuentran explicadas en detalle en esos trabajos. Para el dominio interior, se utiliza un inventario de emisiones local de alta resolución (1 km, 1 h) desarrollado para el AMBA por Venegas et al. (2011), mientras que para los demás dominios se emplea el inventario de EDGAR HTAPv2 (Janssens-Maenhout et al., 2015) y el modelo MEGANv3.2 (Guenther et al., 2012) para la estimación de las emisiones biogénicas. Asimismo, se incluyen las emisiones provenientes de las centrales eléctricas que se encuentran sobre la costa, utilizando datos del informe de JICA (2002).

Para evaluar el desempeño del sistema de modelado WRF-CMAQ, se analizan las variaciones horarias y diarias de NO₂ modeladas y se comparan con las observaciones disponibles en los sitios de monitoreo de la ciudad de Buenos Aires (APrA), analizadas exhaustivamente en Pineda Rojas et al., (2020), y en un sitio de ACUMAR. Se calculan los estadísticos recomendados para este tipo de estudios por Hanna and Chang (2011): sesgo fraccional (fb), error cuadrático medio normalizado (nmse) y fracción de concentraciones modeladas que se encuentran dentro de un factor 2 de las observadas (fa2).

3) Resultados

En la figura 1 se muestran las variaciones horarias observadas y modeladas de NO₂ durante el 25/7 y el 21/7 en los sitios de monitoreo CEN y LB respectivamente. En general, el modelo reproduce adecuadamente las variaciones horarias de la concentración de NO₂ en ambos sitios y períodos. Las mayores diferencias entre las observaciones y los valores modelados generalmente ocurren en situaciones de baja velocidad del viento cuando los errores en la dirección del viento pueden ser considerables (Luque et al., 2024a). Los vientos provenientes del SE tienden a estar asociados con sobreestimaciones en LB durante el mes de primavera, sugiriendo una sobreestimación de las emisiones de las centrales termoeléctricas durante ese período.

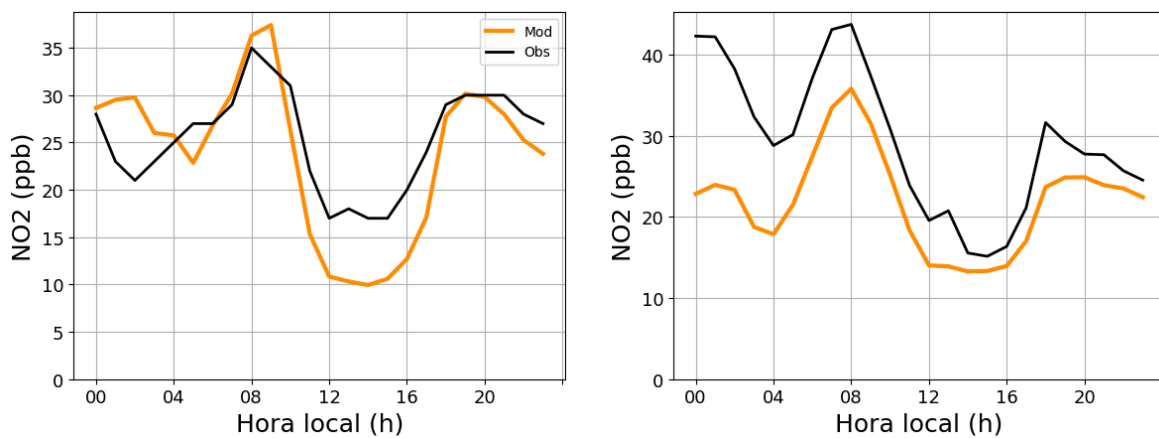


Figura 1: Variaciones horarias medias durante el 25/7 en CEN (izquierda) y durante el 21/7 en LB (derecha).

Tabla I: Métricas de desempeño (fb, nmse y fa2) obtenidas para los valores horarios de NO₂ en cada sitio de monitoreo.

Sitio	fb		nmse		fa2	
	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>	<i>Invierno</i>	<i>Primavera</i>
<i>CEN</i>	-0.13	-0.09	0.23	0.35	0.92	0.73
<i>LB</i>	0.36	0.31	0.41	0.61	0.76	0.72
<i>ACU</i>	0.19	–	0.22	–	0.80	–

Las métricas de desempeño obtenidas, tanto para las concentraciones horarias como para las diarias (no mostrado), se encuentran dentro de los rangos recomendados para este tipo de estudios (Hanna and Chang, 2011), lo que sugiere un desempeño aceptable del modelo durante los períodos analizados.

4) Conclusiones

El sistema de modelado WRF-CMAQ reproduce adecuadamente las concentraciones horarias y diarias de NO₂ en los sitios de monitoreo durante los dos meses analizados, utilizando el inventario de emisiones local. Estas primeras pruebas sugieren que WRF-CMAQ puede ser una herramienta valiosa para el análisis de la calidad del aire en el AMBA, más aún teniendo en cuenta la limitada cantidad de observaciones disponibles. Futuras mediciones en más sitios permitirán evaluar la capacidad del modelo para estimar las variaciones espaciales de las concentraciones de NO₂.

REFERENCIAS

- Guenther, A.B., Jiang, X., Heald, C.L., Sakulyanontvittaya, T., et al.,** 2012: The Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature version 2.1 (MEGAN2.1): an extended and updated framework for modeling biogenic emissions. *Geoscientific Model Development*, 5: 1471-1492
- Hanna, S., Chang, J.,** 2011. Setting Acceptance Criteria for Air Quality Models. In: Steyn, D., Trini Castelli, S. (eds) *Air Pollution Modeling and its Application XXI*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht.
- Luque, S.E., Fita, L. y Pineda Rojas, A.L.,** 2024a: Performance evaluation of the WRF model under different physical schemes for air quality purposes in Buenos Aires, Argentina. *Atmósfera* 38, 235–262.
- Luque, S.E., Pineda Rojas, A.L., Borge, R.,** 2024b: Impact of boundary and initial conditions on NO_x, NO₂ and O₃ concentrations in WRF-CMAQ simulations over the Metropolitan Area of Buenos Aires, Argentina. *Proceedings of the ‘22th international conference on harmonisation within atmospheric dispersion modelling for regulatory purposes (Harmo22)’*, 10–13 June 2024, Parnu-Estonia, Estonia, H22–070, 5pp. Available at: <https://www.harmo.org/conference.php?id=22>.
- Janssens-Maenhout, G., Crippa, M., Guizzardi, D., et al.,** 2015: HTAP_v2.2: a mosaic of regional and global emission grid maps for 2008 and 2010 to study hemispheric transport of air pollution. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15, 11411-11432.
- JICA** (2002). Estudio o línea de base de concentración de gases contaminantes en atmósfera en el área de Dock Sud en Argentina. Informe Final. Agencia de Cooperación Internacional del Japon en Argentina. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. 13 pp.
- Pineda Rojas, A.L., Borge R., Mazzeo N.A., et al.,** 2020: High PM₁₀ concentrations in the city of Buenos Aires and their relationship with meteorological conditions. *Atmospheric Environment* 241, 117773.
- Pineda Rojas, A.L., Venegas, L.E. y Mazzeo, N.A.,** 2016: Uncertainty of modelled urban peak O₃ concentrations and its sensitivity to input data perturbations based on the Monte Carlo analysis. *Atmospheric Environment* 141,422-429.
- Venegas, L.E., Mazzeo, N.A. y Dezzutti M.C.,** 2014: A simple model for calculating air pollution within street canyons. *Atmospheric Environment* 87,77-86.
- Venegas, L.E., Mazzeo, N.A. y Pineda Rojas, A.L.,** 2011: Chapter 14: Evaluation of an emission inventory and air pollution in the Metropolitan Area of Buenos Aires in *Editorial In-Tech, Air Quality-Models and applications*, 261-288 pp.