

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO WRF PARA ESTUDIOS DE CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUENOS AIRES

Solange Luque¹, Lluís Fita¹, Andrea L. Pineda Rojas¹
solange.luque@cima.fcen.uba.ar. Autor/a correspondiente.

¹Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, UBA-CONICET, CNRS IRL 3351
IFAECI, IRD

Palabras clave: dispersión atmosférica, escala urbana, evaluación de desempeño.

1) INTRODUCCIÓN

El estudio de la calidad de aire en zonas urbanas busca comprender las complejas relaciones entre emisiones, condiciones atmosféricas y características de la superficie. Este problema requiere tanto del análisis de observaciones como la aplicación de modelos de calidad de aire. Los modelos de última generación incluyen un modelo meteorológico de mesoescala acoplado a un modelo de transporte químico. Dado que la meteorología tiene un rol fundamental en las concentraciones de contaminantes en la escala urbana, la confiabilidad de sus simulaciones resulta de vital importancia para alimentar al modelo de transporte químico. Por otro lado, debido a la gran variabilidad espacial que presentan las concentraciones de contaminantes en aire en áreas urbanas, se requieren simulaciones en alta resolución para poder representarla. El modelo meteorológico Weather Research and Forecasting (WRF, Skamarock y otros, 2019) es ampliamente utilizado en estudios de calidad de aire en la escala regional. En la escala urbana, su aplicación en alta resolución espacial (1 km) constituye un desafío en parte debido a su alta demanda computacional. En este trabajo se presenta un estudio de sensibilidad del modelo atmosférico WRF a distintas combinaciones de esquemas de procesos en la capa límite atmosférica (CLA) en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA), en alta resolución espacial y haciendo foco en variables relevantes para la calidad del aire (intensidad y dirección de viento, temperatura y humedad). El objetivo es determinar las configuraciones del modelo que presentan mejor desempeño para estimar dichas variables.

2) METODOLOGÍA

Se aplica el modelo WRF (v4.2.1) en dos semanas en invierno y primavera del año 2012, considerando distintas configuraciones de procesos en la CLA (Ver Tabla I). Se utilizan tres dominios anidados: el más grande posee una resolución de 15kmx15km y cubre toda la provincia de Buenos Aires, mientras que el más pequeño tiene resolución de 1kmx1km y cubre el AMBA con ochenta niveles verticales. Los usos de suelo utilizados provienen de información satelital (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) y las simulaciones son forzadas con ERA5 (C3S, 2017).

Para evaluar el desempeño del modelo se consideran las siguientes variables: temperatura (T) y fracción de vapor de agua (Qv) a dos metros de altura y velocidad (Ws) y dirección (Wd) del viento a diez metros (Ziomas y otros 1995; Harkey y otros, 2015). Los valores horarios modelados de estas variables se comparan estadísticamente con los observados en la estación meteorológica Aeroparque (SMN) dado que es la estación más cercana a las estaciones de monitoreo de calidad de aire en el AMBA. Se calculan el sesgo, los errores absolutos y

cuadráticos, la correlación y el ‘index of agreement’ para todas las simulaciones.

Nombre	Capa límite	Capa de superficie	Superficie	Microfísica	Radiación	Urbano			
c	MYJ	Eta Similarity	Noah	Thompson	RRTMG				
m ¹⁰				Morrison					
m ⁵²				P3					
r ⁷				Thompson	Fu-Liu-Gu				
r ¹⁴					RRTMG-K				
u ¹							Urban canopy		
u ²							BEP		
u ³							BEP+BEM		
p ¹				YSU	Revised MM5			RRTMG	
p ⁶				MYNN	MYNN				
p ⁷	ACM2	Pleim-Xiu							
p ⁸	BouLac	Revised MM5		Morrison	RRTMG-K				
p ⁸ m ¹⁰				P3					
p ⁸ m ⁵²				Thompson	RRTMG				
p ⁸ r ¹⁴								Urban canopy	
p ⁸ u ¹								BEP	
p ⁸ u ²								BEP+BEM	
p ⁸ u ³									
l ⁴	MYJ	Eta Similarity	Noah-MP	Morrison	RRTMG				
l ⁴ m ¹⁰				P3					
l ⁴ m ⁵²				Thompson					
l ⁴ u ¹							Urban canopy		

Tabla I: Configuraciones usadas del modelo con distintos esquemas de capa límite, de superficie, suelo, microfísica, radiación y esquema urbano.

3) RESULTADOS

Las métricas obtenidas para Ws durante ambas semanas son similares, aunque los errores relativos son mayores durante la semana de invierno cuando se registran las intensidades de viento más bajas. La mayoría de las configuraciones tienen sesgos que varían entre el 1% y el 20% del valor medio observado con la excepción de las configuraciones con esquemas urbanos complejos (u², u³, p⁸u² y p⁸u³) que presentan sesgos por encima del 30%. Excepto para estas últimas, todas las configuraciones presentan valores relativamente altos de correlación (superiores a 0.77) e ‘index of agreement’ (mayores a 0.88). La configuración p⁸u¹ presenta durante ambas semanas los errores más bajos y las correlaciones más altas, en especial durante la semana de primavera.

Wd es subestimado por todas las configuraciones durante ambas semanas. En algunos casos esta subestimación llega al 30% del valor medio medido. Sin embargo, las configuraciones con Noah-Mp como esquema de suelo tienen sesgos menores al 10%. Tanto el error absoluto como el cuadrático son menores durante la semana de primavera para todas las simulaciones. A su vez, la correlación y el ‘index of agreement’ son mayores durante esa semana.

Tanto para T como para Qv la mayoría de las configuraciones tienen sesgos y errores absolutos menores al 10%. Las configuraciones con Noah-Mp tienen las mayores correlaciones e ‘index of agreement’ para Qv con valores por encima de 0.8 aunque todas las configuraciones tienen valores superiores a 0.5. En el caso de T, todas las correlaciones son superiores a 0.77 pero son mayores en la semana de primavera. En particular para las configuraciones p⁸u¹, p⁸u² y p⁸u³ que tienen correlaciones cercanas a 0.97.

Por otro lado, se analiza la relación entre el error cuadrático de W_d y W_s para las configuraciones que presentan mejor desempeño según el análisis anterior. Estas son: p^8u^1 , l^4 , l^4m^{10} , l^4m^{52} y l^4u^1 . Se obtiene que el error cuadrático de W_d disminuye con W_s . Esto es consistente con lo obtenido por otros autores (e.g., Jimenez y otros, 2013). En particular, en el caso de la semana de invierno, todas las configuraciones presentan una reducción de los errores cuadráticos entre el 30% y el 59% al descartar los valores de W_d para los cuales $W_s < 2.6\text{m/s}$. Cabe señalar que alrededor del 35% de las mediciones se encuentran por debajo de este valor en la semana de invierno cuando las condiciones dispersivas suelen ser más desfavorables para la contaminación atmosférica. Por el otro lado, en la semana de primavera, el error cuadrático presenta una reducción del 40% para todas las configuraciones cuando se descartan las observaciones por debajo de los 3.1m/s. A diferencia de lo que pasa en la semana de invierno, solo el 19% de las observaciones se encuentran por debajo de este valor, lo que puede explicar el mejor desempeño del modelo para el viento obtenido en la semana de primavera.

4) CONCLUSIONES

Distintas configuraciones presentan mejor desempeño para diferentes variables, consistente con lo obtenido por otros trabajos en zonas urbanas. La intensidad del viento es más sensible al tipo de esquema urbano utilizado. Por otro lado, tanto la dirección del viento como la fracción de vapor son más sensibles al esquema de capa de superficie, mejorando en ambos casos los resultados cuando Noah-Mp es utilizado. El error en la dirección del viento aumenta cuando la intensidad del viento disminuye, produciendo un desempeño del modelo para estimar estas variables relativamente peor en la semana de invierno cuando se registran las menores intensidades de viento. En el caso de la temperatura, los resultados del modelo mejoran cuando se utilizan esquemas urbanos durante la semana de primavera, pero durante la semana de invierno no se puede elegir de forma concluyente una configuración que destaque en su desempeño frente al resto. A partir de estos resultados se concluye que la p^8u^1 (con esquema urbano simple y BouLac) es la que tiene mejor desempeño para la intensidad del viento y la temperatura, mientras que las configuraciones que tienen esquema de capa de superficie Noah-MP son la que representan mejor la dirección del viento y la fracción de vapor de agua .

REFERENCIAS

- Copernicus Climate Change Service, 2017:** ERA5: Fifth Generation of ECMWF Atmospheric Reanalyses of the Global Climate.
- Harkey, Holloway, Obermand, Scotty, 2015:** An Evaluation of CMAQ NO₂ Using Observed Chemistry-Meteorology correlations. Journal of Geophysical Research,120, 11775-11797.
- Jimenez, P.A, Duddhia J., 2013:** On the Ability of the WRF Model to Reproduce the Surface Wind Direction over Complex Terrain. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 52, 1610-1617.
- Skamarock, Klemp, Duddhia, Gill, Liu, Berner, Wang, Powers, Duda, Barker, Huang, 2019:**A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4, NCAR Technical Note.
- Ziomas, I. C., Melas, D., Zeferos, C. S., Bais A. F, Paliatsos, A.G., 1995:** Forecasting Peak Pollutant Levels from Meteorological Variables. Atmospheric Environment, 29, 3703-3711.