

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ASIMILACIÓN DE DATOS DE RADAR EN UN CASO DE PRECIPITACIÓN INTENSA EN LA ZONA DEL AMBA

Emanuel Alfie¹, Juan Jose Ruiz^{1,2,3}, Yanina Garcia Skabar⁴
emanuelalfie@hotmail.com

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN-UBA), Argentina.

²CONICET – Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

³CNRS – IRD – CONICET – UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos. Buenos Aires, Argentina.

⁴Servicio Meteorológico Nacional

Palabras clave: pronósticos por ensambles, WRF, sensores remotos.

1) INTRODUCCIÓN

La constante expansión de los conglomerados urbanos en Sudamérica y la deficiencia en su infraestructura llevan a que la ciudadanía quede expuesta a fenómenos meteorológicos de alto impacto. En particular, el centro norte de Argentina es propenso a tener fuertes tormentas, las cuales incluyen vientos intensos, granizo, tornados, actividad eléctrica y precipitaciones abundantes ([Salio et al. 2024](#)). Los sensores remotos y, en particular, los radares meteorológicos, son una herramienta capaz de dar información sobre las características internas de las nubes, como las especies de hidrometeoros presentes, sus formas y tamaños para intervalos de tiempo breve sobre grandes extensiones, así como una estimación de la velocidad del viento en la dirección radial.

En Argentina, el [SiNaRaMe](#) y el [INTA](#) administran actualmente 18 radares meteorológicos Doppler en Banda C, la mayoría de los cuales son polarimétricos. Tanto los datos que proveen los satélites como los radares meteorológicos han demostrado tener un gran potencial al ser combinados de forma exitosa con modelos de predicción numérica del tiempo que representan el flujo atmosférico en la mesoescala ([Gustaffson et al. 2018](#)).

Uno de los desafíos de la previsión numérica en alta resolución es la generación de condiciones iniciales adecuadas, particularmente aquellas que contengan información útil de las nubes convectivas. Los datos aportados por los radares y satélites pueden ayudar a determinar condiciones iniciales más precisas para la generación de pronósticos numéricos en la mesoescala. En el presente trabajo se busca evaluar el impacto de la asimilación de datos de radar en un caso de precipitación intensa en la zona del AMBA, con el fin de mejorar el aprovechamiento de los datos de radar para la inicialización de pronósticos por ensambles en la meso- γ . El presente trabajo forma parte de los resultados preliminares de un proyecto de tesis de licenciatura que se desarrolla en el marco del proyecto [PREVENIR](#).

2) METODOLOGÍA

En el presente trabajo se analizan experimentos de asimilación de datos con modelos en 4 km de resolución. El sistema de asimilación utilizado es el sistema WRF-LEKTF acoplado con un operador de las observaciones de radar ([Maldonado et al. 2021](#)). Los experimentos de asimilación se realizaron para un caso de estudio correspondiente a la tormenta del 19 de marzo de 2024 en donde se registró un evento de lluvia intensa e inundaciones urbanas en la región del AMBA.

Para este caso de estudio se realizaron experimentos numéricos sobre un dominio amplio en la región central de Argentina. A partir de los análisis generados asimilando datos de radar, se inicializan pronósticos por ensambles a corto plazo utilizando la misma resolución espacial que el análisis. Todos los experimentos, además de las observaciones provistas por la red de

radares del SiNaRaMe, también asimilan las mismas observaciones que incorpora el sistema de asimilación operativo en el SMN (Matsudo et al., 2025). En este trabajo se analiza el impacto de las observaciones de reflectividad y de velocidad Doppler a través de los siguientes experimentos:

- **Experimento 1:** donde se asimila solo reflectividad, pero requiriendo que al menos el 30% de los miembros del ensamble tengan una reflectividad mayor a 0 para assimilar datos de reflectividad mayores a 0.
- **Experimento 2:** donde solo se asimila reflectividad, pero a diferencia del Exp. 1 se requiere que solo el 3% de los miembros del ensamble tengan una reflectividad mayor a 0 para assimilar los datos de reflectividad mayores a 0.
- **Experimento 3:** como el experimento 2, pero asimilando también la velocidad Doppler (V_r).
- **Experimento libre:** es un pronóstico inicializado a partir de los pronósticos globales sin realizar asimilación de datos a escala regional.

Los experimentos 1, 2, 3 y el libre tienen 4 km de resolución horizontal, condiciones iniciales y de borde provistas por el ensamble global GFS (30 miembros), ensambles de 60 miembros y ciclos de asimilación cada una hora desde las 6 UTC del 19/04/24 hasta las 5 UTC del 20/03/24. Los ensambles son multifísica, con 6 configuraciones de parametrizaciones de procesos de escala sub-reticular (microfísica y capa límite).

Para que los datos de reflectividad mayores a 0 (es decir, aquellos que indican la presencia de nubosidad y eventualmente precipitación) sean efectivamente asimilados, se define una cantidad mínima de miembros que presenten reflectividad mayor a cero para cada punto de retícula del modelo. Este umbral mínimo de miembros cambia según el experimento, siendo de 30% para el Exp 1 y de 3% en los experimentos 2 y 3. Cuanto mayor es este umbral, se supone que estamos más cerca de la hipótesis de Gaussianidad en la distribución de probabilidad de reflectividad que se asume en el EnKF.

3) RESULTADOS:

En la Figura 1 se ilustran los campos de máxima reflectividad correspondiente a las 20 UTC de las observaciones y las medias de los ensambles de pronósticos a 1 hora (experimentos 1, 2, 3 y libre) y sus respectivos análisis (experimentos 1, 2 y 3). Como se puede observar, este tiempo corresponde a un tiempo previo a la llegada del sistema a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

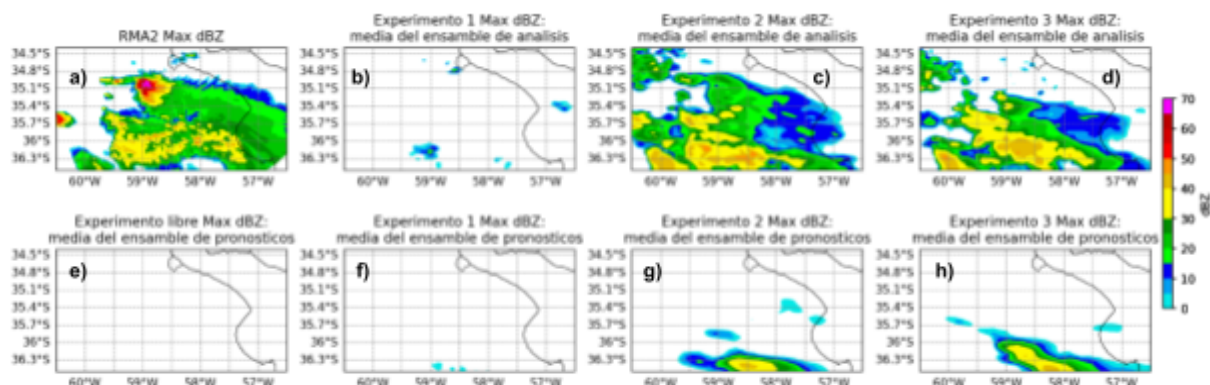


Figura 1: máxima reflectividad en la columna a las 20 UTC del 19/03/2024. RMA2 (a), media del ensamble de análisis del experimento 1 (b), 2 (c) y 3 (d). Media del ensamble de pronósticos del experimento libre (e), 1 (f), 2 (g) y 3 (h).

El experimento libre no pudo iniciar la convección de interés ni mostrar una evolución consistente con las observaciones. Por lo cual, en esta situación en particular, iniciar el ensamble de pronóstico a partir de un downscaling del modelo global no fue suficiente para

iniciar y sostener la convección a lo largo del tiempo. Esto demuestra que, dada la complejidad de este caso, fue fundamental recurrir a la asimilación de datos de radar a escala regional para corregir la evolución de la simulación.

Por otra parte, se encontraron diferencias significativas en los pronósticos de precipitación a 1 hora en cada uno de los experimentos. En términos generales, se observa que en el experimento 1 hubo un pobre impacto de las observaciones de reflectividad, debido a que probablemente hubo pocos datos efectivamente asimilados. Esta poca cantidad de datos asimilados se debe a que en este experimento las condiciones para asimilar valores positivos de reflectividad son más exigentes. Además, casi todos los miembros presentan una reflectividad baja en comparación con las observaciones.

En el experimento 2, las observaciones tuvieron un mayor impacto en tiempos de análisis debido a que la cantidad de datos asimilados fue superior; no obstante, no hubo cambios sustanciales en la representación de la intensidad y longevidad de las celdas convectivas en los pronósticos a 1 hora. Aún más, el experimento 2 fue el que mostró mayores complicaciones en mantener la intensidad de las celdas convectivas en los tiempos de pronóstico, mostrando en algunos casos miembros en donde la intensidad de la convección decayó totalmente en el plazo de 1 hora. Se podría decir que la asimilación exclusiva de reflectividad de radar con estas configuraciones no mostró tener un impacto en el entorno convectivo, ya que si bien en los tiempos de análisis el experimento 2 mostró cierto incremento respecto del 1, este impacto no fue propagado en los tiempos de pronósticos de forma consistente respecto de las observaciones.

El experimento 3 mostró los mejores resultados. En este caso los análisis son muy similares a los del experimento 2, ya que se asimiló la misma cantidad de datos de reflectividad. Pero, a diferencia de dicho experimento, el experimento 3 sí logró mantener la intensidad y longevidad de la convección más consistentemente con las observaciones.

4) REFERENCIAS

Gustafsson, N., Janjić, T., Schraff, C., Leuenberger, D., Weissmann, M., Reich, H., ... & Fujita, T. (2018). Survey of data assimilation methods for convective-scale numerical weather prediction at operational centres. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 144(713), 1218-1256.

Maldonado, P., Ruiz, J., & Saulo, C. (2020). Parameter sensitivity of the WRF–LETKF system for assimilation of radar observations: Imperfect-model observing system simulation experiments. *Weather and Forecasting*, 35(4), 1345-1362.

Matsudo, C., P. Maldonado, M. E. Dillon, G. Casaretto, M. Sacco, F. Cutraro, S. Righetti, M. Alvarez Imaz, Y. Garcia Skabar, J. Ruiz, S. Osoreo, 2025: Evaluación del Sistema de Asimilación de datos y Pronóstico numérico del Servicio Meteorológico Nacional, Impacto de los análisis regionales en la inicialización del pronóstico por ensambles. Nota técnica SMN 2025-193: <http://hdl.handle.net/20.500.12160/2955>

Salio, P., Bechis, H., Ribeiro, B. Z., de Lima Nascimento, E., Galligani, V., Garcia, F., ... & Villagrán Asiares, C. I. (2024). Toward a South American high-impact weather reports database. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105(7), E1204-E1217.

Snyder, C., & Zhang, F. (2003). Assimilation of simulated Doppler radar observations with an ensemble Kalman filter. *Monthly Weather Review*, 131(8), 1663-1677.