

SISTEMA DE ASIMILACIÓN DE DATOS Y PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL: COMPONENTE EXPERIMENTAL. CARACTERÍSTICAS Y AJUSTES

Paula Maldonado¹, María Eugenia Dillon^{1,2}, Yanina García Skabar^{1,2}, Juan Martín Guerrieri¹, Maximiliano Sacco¹, Juan Ruiz^{3,4}
pmaldonado@smn.gov.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional, Argentina (SMN)

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET)

³ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA)

⁴ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO-FCEN-UBA)

Palabras clave: ASIMILACION DE DATOS, SAP.SMN, LETKF-WRF.

1) INTRODUCCIÓN

La predicción de eventos meteorológicos de alto impacto social y económico constituye un desafío científico actual y es un objetivo primordial en la agenda del Servicio Meteorológico Nacional de Argentina (SMN). Una forma de mejorar la precisión de los pronósticos meteorológicos es optimizando la condición inicial empleada y para ello pueden utilizarse sistemas de asimilación de datos, los cuales al combinar datos de modelos numéricos de la atmósfera con la información provista por diferentes fuentes de observación permiten obtener la mejor estimación posible del estado de la atmósfera en un momento dado. En particular, la incorporación de observaciones locales como las de los radares meteorológicos, permite agregar valor a un sistema de asimilación de datos regional respecto de uno global. En nuestra región, la técnica de asimilación de datos *Local Ensemble Transform Kalman Filter* (LETKF; Hunt y otros, 2007) es la más utilizada y se han obtenido resultados alentadores en diferentes escalas (Dillon 2017; Maldonado y otros, 2020) cuando la misma se encuentra acoplada con el modelo numérico de mesoescala *Weather Research and Forecasting* (WRF).

En los últimos años, dos grandes hitos han permitido al SMN avanzar en el desarrollo e implementación local de un sistema de asimilación de datos regional de rápida actualización. En 2018 el proyecto RELAMPAGO (Nesbitt y otros, 2021) sentó las bases para el desarrollo del primer prototipo en tiempo real de un sistema de asimilación de datos regional (Dillon y otros, 2021), el cual fue implementado en la supercomputadora CHEYENNE del *National Center for Atmospheric Research* debido a la falta de recursos computacionales adecuados en nuestro país. Posteriormente, en 2019 el proyecto CyTALERTA permitió al SMN la adquisición de un sistema de cómputo de alto rendimiento (HPC, por sus siglas en inglés), posibilitando la implementación local de un sistema de asimilación de datos y pronóstico numérico (SAP.SMN).

El objetivo de este trabajo es describir la configuración actual del SAP.SMN, el cual tiene implementado en fase experimental-operativa el sistema de asimilación de datos regional de rápida actualización LETKF-WRF, haciendo hincapié en los desarrollos generados en los últimos años y evaluando su desempeño a partir de un caso de estudio.

2) METODOLOGÍA

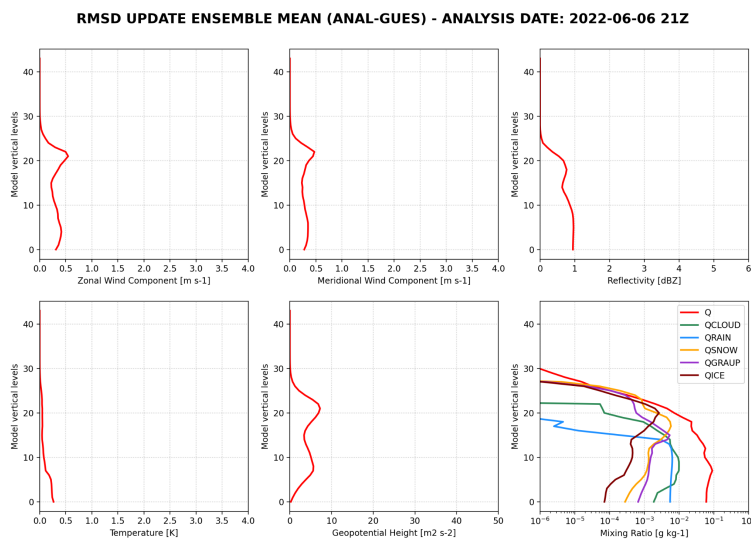
El sistema de asimilación de datos LETKF-WRF permite generar en forma horaria un ensamble de 40 análisis con 4 km de resolución horizontal abarcando todo el país, utilizando la información provista por diez fuentes de observación que incluyen datos de estaciones de superficie convencionales y automáticas, sondeos, aviones, boyas, barcos, satélites geostacionarios y de órbita polar, y radares

de banda C. Estas observaciones se asimilan durante una ventana temporal de una hora previa a la hora del análisis, subdividida en intervalos temporales o *slots* de 10 minutos. Asimismo, los primeros 20 miembros del ensamble de análisis generado por el sistema LETKF-WRF son utilizados como condición inicial para generar pronósticos por ensambles a un plazo de 24 horas (SAP.SMN-ENS), permitiendo compararlo con el sistema de pronóstico por ensambles operativo del SMN (Dillon y otros, 2020).

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los desarrollos más significativos y recientes del sistema LETKF-WRF se encuentran el desarrollo de un esquema de monitoreo en tiempo real y el estudio acerca de la reinicialización diaria del sistema de asimilación de datos y su impacto en el pronóstico.

El esquema de monitoreo en tiempo real tiene como objetivo detectar y corregir posibles fallas en la ejecución del sistema LETKF-WRF y consiste en la generación de diversos productos de visualización que incluyen mapas, tablas y gráficos, que brindan información sobre las observaciones asimiladas, las variables meteorológicas modeladas en distintos niveles verticales de los 40 miembros del ensamble de análisis y las correcciones introducidas por las observaciones. En la *Figura 1* se muestra a modo de ejemplo el monitoreo de los perfiles verticales del error cuadrático medio entre el

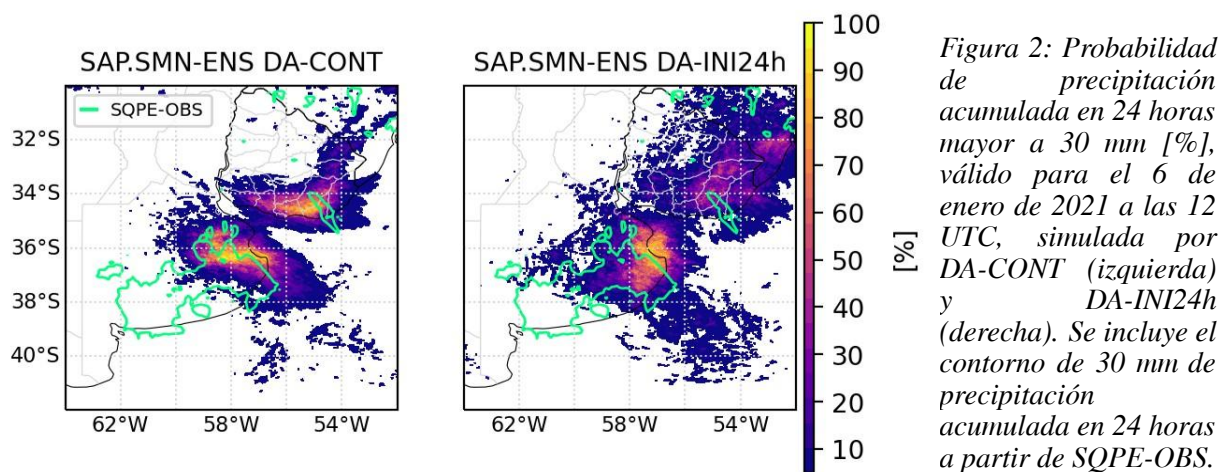


análisis y el campo preliminar medio, que permite determinar la magnitud de las correcciones generadas a partir de las observaciones asimiladas en variables como viento, temperatura, reflectividad, geopotencial y relación de mezcla de los hidrometeoros.

Figura 1: Monitoreo del sistema de asimilación de datos regional LETKF-WRF para el ciclo de las 21 UTC del día 06 de junio de 2022 a partir de perfiles verticales del error cuadrático medio entre la media del ensamble de análisis y del campo preliminar para diversas variables.

Por su parte, la reinicialización diaria del sistema de asimilación consiste en ejecutar 24 ciclos horarios continuos y volver a utilizar un modelo global como condición inicial para el ciclo siguiente. Es decir que cada 24 horas el sistema de asimilación se interrumpe y se comienza a ejecutar un nuevo conjunto de análisis que son independientes de los obtenidos el día anterior. Con el fin de evaluar el impacto de la reinicialización en los pronósticos por ensambles SAP.SMN-ENS, se realizaron dos experimentos utilizando como condición inicial el ensamble de análisis regionales generados a partir de un proceso continuo de asimilación (DA-CONT) y a partir de un proceso de asimilación reinicializado en forma diaria a las 18 UTC (DA-INI24h). En ambos experimentos el pronóstico por ensambles a 24 horas comienza a las 12 UTC del día 05/01/2021, pero la diferencia es que en DA-CONT se cuenta con 108 ciclos de análisis previos a la hora de inicio del pronóstico mientras que en DA-INI24h se cuenta con 18 ciclos previos. La *Figura 2* muestra la probabilidad pronosticada de superar 30 mm de precipitación acumulada en 24 horas para ambos experimentos junto con la estimación de precipitación satelital SQPE-OBS provista por el SMN (Hobouchian y otros, 2021). Se observa que DA-INI24h disminuye la probabilidad de ocurrencia al sur de Uruguay a la vez que

extiende la región de precipitación hacia el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, mostrando una mejor correspondencia con SQPE-OBS. Sin embargo, el experimento DA-CONT representa mejor el evento en la zona cercana a la bahía de Samborombón.



La evaluación continua del sistema LETKF-WRF a partir del monitoreo en tiempo real del sistema así como también de diversos casos de estudio ha permitido planificar modificaciones en la estrategia y configuración del SAP.SMN, que se están llevando a cabo en la actualidad, y enfatiza la necesidad de continuar investigando y analizando el impacto de las observaciones asimiladas con el fin de aprovechar todo su potencial en el proceso de asimilación de datos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto PICT 2018-3202. El HPC del SMN fue adquirido a través del proyecto CyTALERTA.

REFERENCIAS

- Dillon, M. E., 2017:** Asimilación de datos reales a escala regional en Argentina. Tesis Doctoral, FCEN-UBA. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n6387_Dillon.pdf
- Dillon, M.E., Matsudo, C., Y. García Skabar, M. Sacco y M. Alvarez Imaz, 2020:** Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración del ensamble. Nota Técnica SMN 2020-79. <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1403>
- Dillon, M. E. y coautores, 2021:** A rapid refresh ensemble based data assimilation and forecast system for the RELAMPAGO field campaign. Atmospheric Research, 264, 105858. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105858>
- Hunt B., E. Kostelich, I. Szunyogh, 2007:** Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: A local ensemble transform Kalman filter. Physica D: Nonlinear Phenomena, 230, 112-126. <https://doi.org/10.1016/j.physd.2006.11.008>.
- Hobouchian, M. P., G. Díaz, L. Vidal, Y. García Skabar, L. Ferreira, M. Maas, M. S. Rossi Lopardo, H. Veiga, M. Rugna, 2021:** Ajuste de la estimación de precipitación satelital IMERG con observaciones pluviométricas en Argentina. Nota Técnica SMN 2021-105. <http://hdl.handle.net/20.500.12160/1694>
- Maldonado, P., J. Ruiz, C. Saulo, 2020:** Parameter sensitivity of the LETKF-WRF system for assimilation of radar observations: imperfect-model observing system simulation experiments. Weather and Forecasting, 35 (4), 1345-1362. <https://doi.org/10.1175/WAF-D-19-0161.1>
- Nesbitt S. W. y coautores, 2021:** A storm safari in Subtropical South America: proyecto RELAMPAGO. Bulletin of the American Meteorological Society. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0029.1>