

# PROTOTIPO DEL SISTEMA DE ACTUALIZACIÓN RÁPIDA DE ASIMILACIÓN DE DATOS Y PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL PROYECTO PREVENIR: APLICACIÓN A UN CASO DE ESTUDIO

María Eugenia Dillon<sup>1,2</sup>, Paula Maldonado<sup>1</sup>, Juan Ruiz<sup>3,4,5</sup>, Arata Amemiya<sup>6</sup>, Federico Cutraro<sup>1</sup>, Jorge Gacitua Gutierrez<sup>3</sup>, Gimena Casaretto<sup>1,2,4</sup>, Cynthia Matsudo<sup>1</sup>, Maximiliano Sacco<sup>1</sup>, Emanuel Alfie<sup>4</sup>, Manuel Pulido<sup>7</sup>, Yanina García Skabar<sup>1</sup>, Takemasa Miyoshi<sup>6</sup>  
[mdillon@smn.gob.ar](mailto:mdillon@smn.gob.ar)

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup>Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA)

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (UBA)

<sup>5</sup>Instituto Franco-Argentino para el estudio del clima y sus impactos (UMI-IFAECI/CNRS)

<sup>6</sup>THEMS-RIKEN Center for Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences luster for Pioneering Research

<sup>7</sup>IMIT (CONICET-U. Nacional del Nordeste)

**Palabras clave:** PREVENIR, pronóstico numérico, precipitación

## 1) INTRODUCCIÓN

PREVENIR es un proyecto de cooperación entre Argentina y Japón (2022-2027) cuyo objetivo es desarrollar un sistema de alerta temprana enfocado en los impactos causados por precipitación intensa e inundaciones urbanas. En la actualidad, el Sistema de Asimilación y Pronóstico numérico del tiempo del Servicio Meteorológico Nacional (SAP.SMN) consiste de pronósticos determinísticos y probabilísticos de 4 km de resolución horizontal, inicializados 4 veces al día en una región que abarca el sur de Sudamérica (Matsudo et al., 2022; 2025). Con el fin de obtener pronósticos más precisos y con una mayor frecuencia de actualización, en el marco de PREVENIR se está desarrollando un sistema de asimilación de datos de actualización rápida con una resolución temporal y espacial mayor a la del SAP.SMN, poniendo el foco en las cuencas de Sarandí Santo Domingo (SSD) (provincia de Buenos Aires) y Suquía Villa Paez (SVP) (provincia de Córdoba).

Utilizando el método Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF; Hunt et al, 2007) y los modelos Weather Research and Forecasting (WRF) y Scalable Computing for Advanced Library and Environment (SCALE), se llevaron a cabo dos casos de estudio en los que se encontraron tanto resultados alentadores como algunas limitaciones en el diseño y la evaluación del sistema (Dillon et al, 2024).

El objetivo de este trabajo es proponer un sistema LETKF-WRF con características más ajustadas al problema y mostrar su desempeño para un nuevo caso de estudio.

## 2) CASO DE ESTUDIO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Entre el 19 y el 22 de marzo de 2024 se registraron distintos sistemas precipitantes que afectaron la cuenca de SSD, produciendo evacuaciones en algunas áreas. En particular, el día 19 por la tarde se formó una supercelda de larga duración en la provincia de Buenos Aires que fue avanzando en dirección este-noreste entre las 18 y las 23 UTC, dejando en su camino granizo, precipitación y ráfagas de hasta 100 km/h (Figura 1c). En la figura 1a se muestra la reflectividad máxima de la columna del radar RMA2 para las 23 UTC del 19, cuando el

sistema estaba llegando a la cuenca, mientras que en la figura 1b se presenta la precipitación acumulada entre las 19:30 UTC del 19 de marzo y las 00 UTC del 21 de marzo estimada por radar (RQPE), que alcanza valores de 90 mm dentro del área de SSD.

En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo diario de las simulaciones. Los pronósticos probabilísticos SAP.SMN-ENS a 48 horas se inicializan cada 6 horas a partir de análisis regionales generados con frecuencia horaria con el

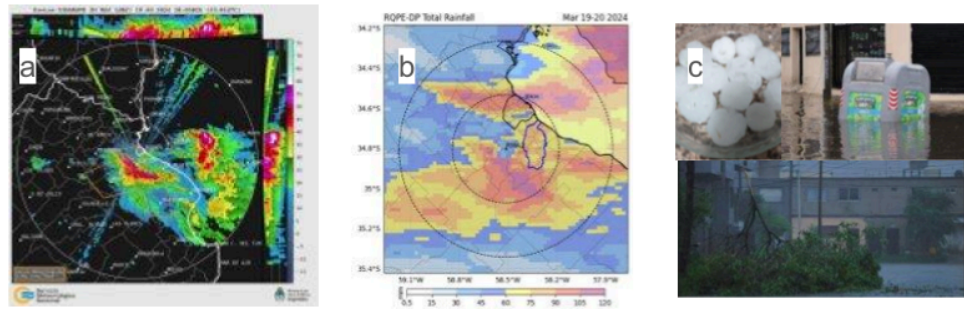


Figura 1. Reflectividad máxima de la columna [dBZ] a las 23 UTC del 19/03/24 (a) y estimación cuantitativa de precipitación por radar [mm] acumulada entre las 19:30 UTC del 19 de marzo y las 00:00 UTC del 21 de marzo de 2024 (b), del radar RMA2. Imágenes de impactos registrados en artículos periodísticos (c).

horaria con el sistema WRF-LETKF, en un esquema cíclico parcial que todos los días a las 12 UTC vuelve a tomar como condiciones iniciales los análisis globales del GFS/GEFS. Las observaciones asimiladas son las de estaciones de superficie (automáticas y convencionales), barcos y boyas, aviones, radiosondeos, estimaciones satelitales de viento (ASCAT, GOES), perfiles satelitales de temperatura y humedad (AIRS, NUCAPS, GOES), reflectividad de radares.

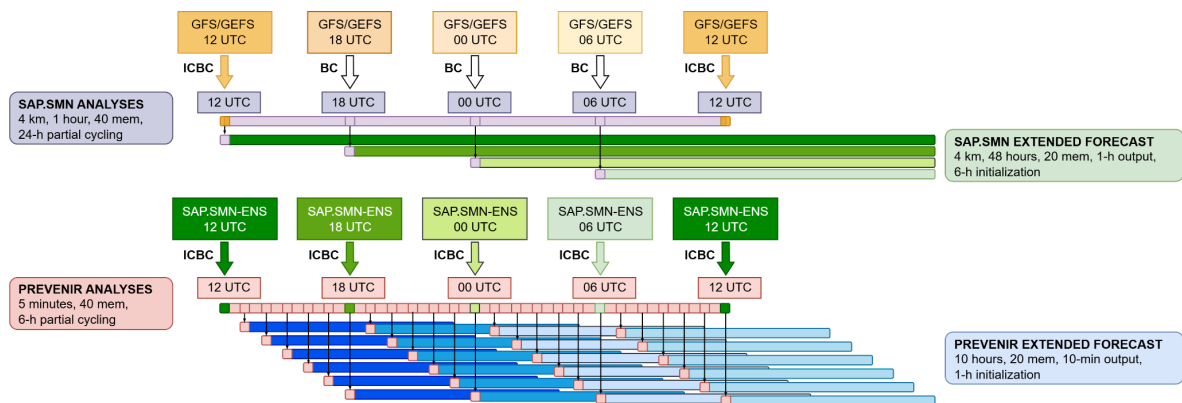


Figura 2. Esquemas de los sistemas de asimilación y pronóstico por ensemble operativo (SAP.SMN) y propuesto para PREVENIR (ver el texto para más detalles).

Para el sistema prototipo de PREVENIR se propone utilizar dichos pronósticos como condiciones de borde en un dominio que abarque las dos cuencas piloto (Figura 3). Se plantea realizar análisis cada 5 minutos asimilando datos de radar (reflectividad y velocidad Doppler) y de estaciones de superficie automáticas (temperatura, humedad, viento, presión de superficie), en un esquema cíclico parcial que cada 6 horas vuelve a tomar como condiciones iniciales los análisis del SAP.SMN. A su vez, se generarán pronósticos a 10 horas con frecuencia horaria. La resolución horizontal será de entre 2 y 3 km, dependiendo de los recursos computacionales y los tiempos operativos requeridos.

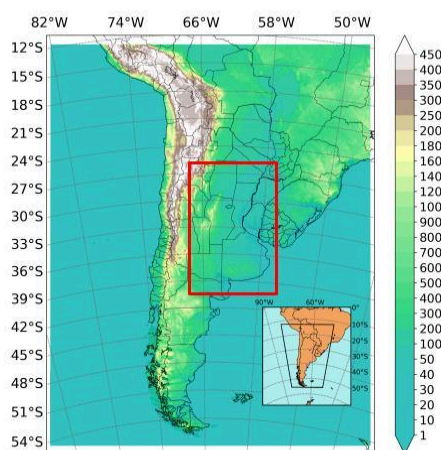


Figura 3. Dominio del SAP.SMN y del sistema PREVENIR (contorno rojo). Topografía [m] en sombreado.

### 3) RESULTADOS

En la Figura 4 se muestran resultados de experimentos preliminares en donde se compara la estructura de niveles bajos simulada por un sistema WRF-LETKF de 4 km similar al SAP.SMN, y dos sistemas WRF-LETKF con las características descritas en la sección 2 para el prototipo de PREVENIR utilizando resoluciones de 2.5 y 2 km. Se observa que con 4 km no se logra representar el sistema convectivo que ya se estaba desarrollando en la región. Mientras que al aumentar la frecuencia de asimilación (de 60 a 5 minutos) y la resolución espacial (tanto a 2 como a 2.5 km), las características del sistema convectivo son simuladas. También se vio una mejora sustancial en el pronóstico de la precipitación del prototipo de PREVENIR en comparación del SAP.SMN (no mostrado).

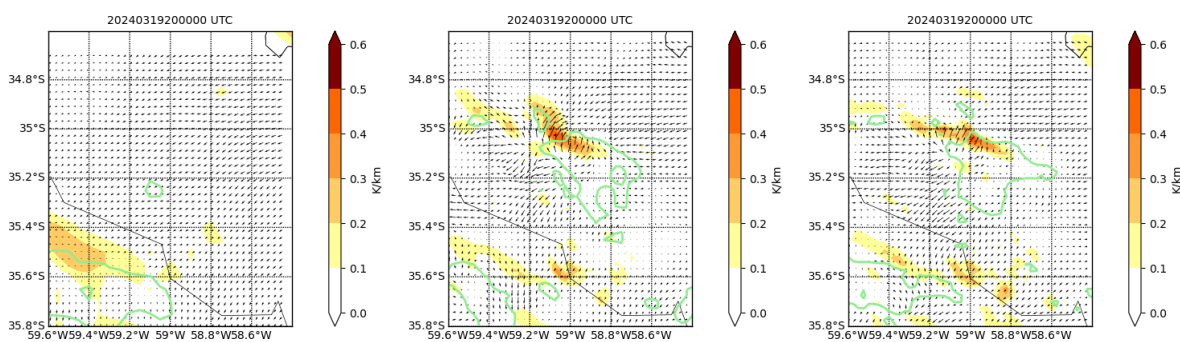


Figura 4. Análisis medio válido a las 20 UTC del 19/03/24 de sistemas WRF-LETKF con resolución horizontal de 4, 2.5 y 2 km (paneles izquierdo, central y derecho, respectivamente). Gradiente horizontal de T2m (sombreado), vectores de viento en 10m, contorno de 30 dbZ en 2000m de altura.

### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco del Proyecto PREVENIR ([prevenir.smn.gob.ar](http://prevenir.smn.gob.ar))

### REFERENCIAS

**Dillon, M.E., y coautores, 2024:** Development of a rapid-update big data assimilation and short-range numerical weather prediction system in the context of the PREVENIR Project. PREVENIR Reunión sobre sistemas de alerta temprana para inundaciones repentinas. Buenos Aires, 7 al 9 de agosto de 2024.

**Hunt, B.R., Kostelich E.J., Szunyogh I., 2007:** Efficient data assimilation for spatiotemporal chaos: a local ensemble transform Kalman filter. *Physica D.*, 230, 112-126, doi:10.1016/j.physd.2006.11.008

**Matsudo, C., García Skabar Y., Righetti S., Cutraro F., Sacco M., Dillon M.E., Alvarez Imaz M., Maldonado P., Salles A., 2022:** Sistema de Asimilación y Pronóstico numérico del Servicio Meteorológico Nacional: componente operativa. CONGREGMET XIV.

**Matsudo, C., Maldonado P., Dillon M.E., Casaretto G., Sacco M., Cutraro F., Righetti S., Alvarez Imaz M., García Skabar Y., Ruiz J., Osoreo S., 2025:** Evaluación del Sistema de Asimilación y Pronóstico numérico del Servicio Meteorológico Nacional: impacto de los análisis regionales en la inicialización del pronóstico por ensambles. Nota Técnica SMN 2025-193.