

SISTEMA DE NOWCASTING CON ASIMILACIÓN DE DATOS DE RADAR METEOROLÓGICO COMO FORZANTE DE UN MODELO DE SIMULACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA EN EL MARCO DEL PROYECTO PREVENIR

Aldana Arruti¹, Shigenori Otsuka², Marina Lagos³, Martin Rugna¹, Luciano Vidal¹, Juan José Ruiz^{4,5,6}, Yanina García Skabar¹, Sebastián Lopez⁷

aarruti@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

²iTHEMS - RIKEN Center for Interdisciplinary Theoretical and Mathematical Sciences

³Instituto Nacional del Agua (INA)

⁴Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)

⁵Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO-FCEyN-UBA)

⁶CNRS-IRD-CONICET-UBA. Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos

⁷Instituto de Estudios Avanzados en Ingeniería y Tecnología (IDIT-CONICET-UNC)

Palabras clave: Pronóstico a muy corto plazo, precipitación, radar.

1) INTRODUCCIÓN

El proyecto PREVENIR es un proyecto de cooperación internacional de 5 años de duración entre Argentina y Japón en el marco del programa de la Asociación de Investigación en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible (SATREPS). El objetivo principal de PREVENIR es desarrollar un sistema de alerta temprana de inundaciones urbanas repentinas diseñado para dos cuencas urbanas altamente vulnerables: una ubicada en la provincia de Buenos Aires y la otra en la provincia de Córdoba. Uno de los objetivos del WP2 consiste en desarrollar e implementar de manera operativa un sistema de pronóstico a muy corto plazo (*nowcasting*) de la precipitación estimada con radar que sirva como forzante de un modelo hidrológico. El objetivo de este trabajo es mostrar los avances sobre este sistema para un caso de estudio en la cuenca Sarandi-Santo Domingo (SSD) ubicada en la zona sur de la Región Metropolitana de Buenos Aires.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

El evento hidrometeorológico comenzó en las últimas horas del 19 de marzo de 2024 y se extendió por más de 2 días, provocando desbordes de arroyos y anegamientos. Los datos del radar RMA2-Ezeiza fueron sometidos a un control de calidad para luego estimar la precipitación (RQPE). La misma fue calculada utilizando la metodología descrita en Cancelada et al. (2024) donde se realiza primero un control de calidad sencillo sobre el diferencial de fase, se calcula el diferencial de fase específico (KDP) y finalmente se estima la tasa instantánea de precipitación con la relación R-KDP propuesta en Kitahara et al. (2023). Finalmente, se interpolan múltiples campos de RQPE con un minuto de resolución temporal para acumularlos en ventanas fijas de 10 minutos.

Posteriormente, se emplea un sistema de nowcasting aplicado al campo RQPE, basado en un sistema advectivo que emplea la asimilación de datos para poder utilizar información de campos de movimiento previos del sistema de precipitación (Otsuka et al., 2016). La extrapolación del campo de precipitación se basa en la estimación de los vectores de movimiento (VM) que caracterizan la dinámica del sistema precipitante a través en la técnica TREC (Tracking Radar Echoes by Correlation; Rinehart and Garvey, 1978). La asimilación de datos, basada en la asimilación del campo de movimiento mediante Local Ensemble Transform Kalman Filter (LETKF), se utiliza para mejorar los VM estimados mediante TREC. La asimilación de datos es robusta frente a VM ruidosos porque combina de manera óptima la información previa y los movimientos "observados", teniendo en cuenta las estadísticas de error. La advección del campo de precipitación se realiza a través un esquema advectivo de quinto orden WENO (weighted essentially non-oscillatory) y la advección del campo de movimiento se lleva a cabo mediante un esquema de primer orden corriente arriba para advectar

el campo de movimiento, al cual se le impone además una condición de no divergencia con el fin de garantizar la estabilidad de los VM (Otsuka et al., 2016).

Por último, estos pronósticos son utilizados como forzante del modelo hidrológico-hidráulico desarrollado con el software Storm Water Management Model (SWMM). Este es un modelo semidistribuido de alta resolución preexistente, desarrollado por el INA, y ampliamente empleado para la simulación de sistemas de drenaje urbano. El modelo sigue un enfoque 1D/1D para representar el sistema dual de drenaje, que incluye el escurrimiento superficial (calles, canales y arroyos) y el subsuperficial (conductos pluviales). Fue calibrado y validado previamente con observaciones de niveles hidrométricos en dos secciones de los principales cursos de agua de la cuenca. (Re, 2022).

3) RESULTADOS

A modo de ejemplo, la Figura 1 muestra el campo de precipitación de un miembro del ensamble correspondiente a los 90 minutos de pronóstico (22UTC), donde se puede observar abundante precipitación sobre el área de la cuenca que impacta en el incremento del nivel de agua en los 3 puntos de observación de los sensores hidrométricos (Fig. 2).

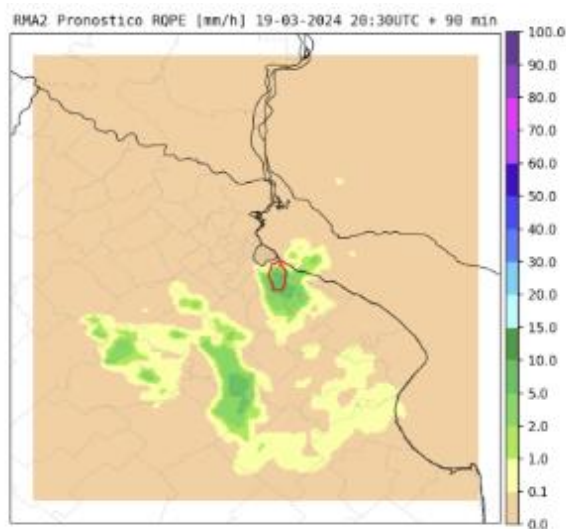


Figura 1: Campo de precipitación pronosticado para los 90 minutos de pronóstico, para la inicialización de las 20:30 UTC del 19 de marzo de 2024. En rojo se delimita el área de la cuenca SSD.

En la Figura 2 se observan los niveles hidrométricos pronosticados, asociados al nowcasting inicializado a las 20:30 UTC del día 19 de marzo de 2024, en las tres secciones correspondientes a la ubicación de los sensores activos durante el evento en estudio. Los niveles simulados, tanto para la condición antecedente utilizando campos de RQPE, como para los plazos pronosticados, se representan con línea punteada. Por su parte, los niveles registrados por los sensores se indican con línea continua. Se observa una buena concordancia entre los niveles observados y los simulados a partir de la RQPE, lo que permite establecer condiciones iniciales adecuadas para el pronóstico a 2 horas. En cuanto a los niveles pronosticados, se logró anticipar correctamente los ascensos pronunciados de nivel, aunque con desfases temporales respecto de las observaciones.

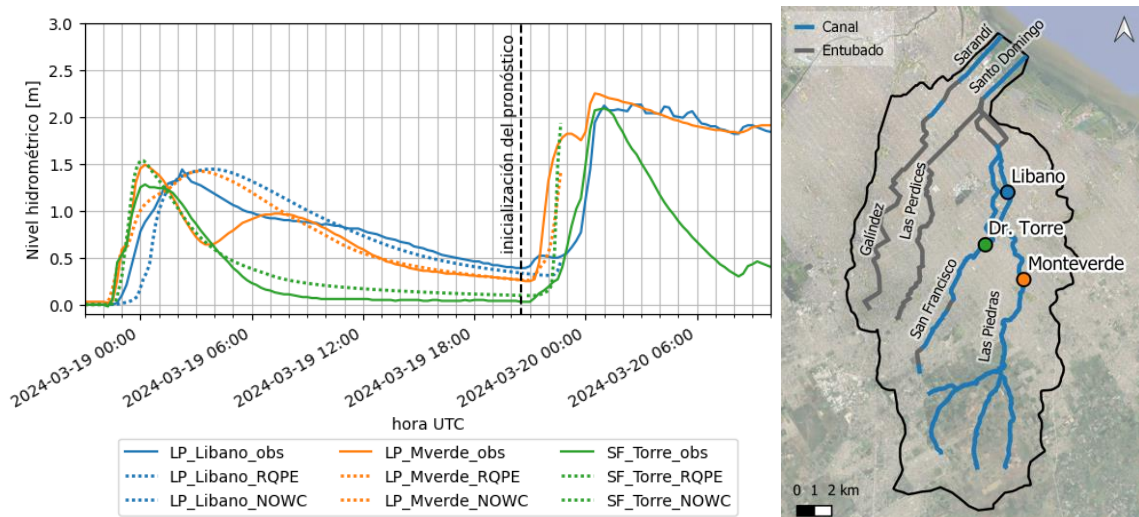


Figura 2: Comparación de niveles registrados por sensores hidrométricos, y niveles simulados a partir de la RQPE (antes de la inicialización del pronóstico [línea punteada vertical]) y del nowcasting (izq.). Ubicación de los sensores correspondientes (der.).

4) CONCLUSIONES

El estudio presentado en el marco del proyecto PREVENIR demostró la efectividad de un sistema de nowcasting con asimilación de datos de radar meteorológico para mejorar los pronósticos de precipitación y su aplicación en modelos hidrológicos e hidráulicos. En conclusión, este trabajo representa un avance significativo en la integración de tecnologías de radar, nowcasting y modelado hidrológico-hidráulico para la prevención de inundaciones urbanas. Los resultados alentadores refuerzan la importancia de continuar desarrollando y optimizando estos sistemas en el marco de proyectos colaborativos como PREVENIR, con el fin de mitigar los impactos de eventos extremos en áreas vulnerables.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha realizado en el marco del Proyecto PREVENIR (prevenir.smn.gob.ar).

REFERENCIAS

Cancelada, M., and Coauthors, 2024: Development of an operational system for quantitative precipitation estimation from C-band polarimetric radars in the framework of the PREVENIR project in Argentina. 12th European Conference on Radar in meteorology and hydrology (ERAD 2024).

Kitahara, D., and Coauthors, 2023: KDP Estimation Based on Spline Smoothing with the Self-Consistency Principle. 40th AMS Conference on Radar Meteorology.

Otsuka, S., Kotsuki, S. y Miyoshi T., 2016: Nowcasting with data assimilation: A case of global satellite mapping of precipitation. *Weather and Forecasting*, 31(5),1409-1416.

Re, M., and Coauthors, 2022: Assessment of crowdsourced social media data and numerical modelling as complementary tools for urban flood mitigation, *Hydrological Sciences Journal*, DOI: 10.1080/02626667.2022.2075266.

Rinehart, R., and E. Garvey, 1978: Three-dimensional storm motion detection by conventional weather radar. *Nature*, 273, 287–289.ana1234.