

SOBRE EL USO DE LOS SENSORES REMOTOS PARA EL MONITOREO Y NOWCASTING DE LA PRECIPITACIÓN EN EL MARCO DEL PROYECTO PREVENIR

Luciano Vidal¹, Maite Cancelada^{1,2}, Daichi Kitahara³, Martin Rugna¹, Paul Fernández Chomik⁴, Maria Paula Hobouchian¹, Gonzalo Diaz¹, Sergio González^{1,2}, Ezequiel Geslin², Aldana Arruti¹, Leandro Axel Aguirre⁴, Juan Ruiz², Pablo Negri⁴, Manuel Pulido⁵, Paola Salio², Tomoo Ushio³
lvidal@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Argentina

²Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA-CONICET), Argentina

³Osaka University/Keio University, Japón

⁴Instituto de Investigación en Ciencias de la Computación (ICC-CONICET), Argentina

⁵Universidad Nacional del Nordeste (UNNE-CONICET), Argentina

Palabras clave: precipitación, sensores remotos, PREVENIR.

1) INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la precipitación en tiempo real y la predicción a corto plazo con la mayor frecuencia temporal y resolución espacial posibles son esenciales para anticiparse a las inundaciones asociadas a episodios de precipitaciones intensas. Luego, el Proyecto PREVENIR, una iniciativa de colaboración científico-técnica entre Argentina y Japón, aborda el reto de la alerta temprana de inundaciones urbanas repentinas desde varias perspectivas complementarias. Una de ellas es mejorar las estimaciones cuantitativas de la precipitación (QPE, por sus siglas en inglés) multisensor utilizando métodos tradicionales y la potencia del aprendizaje automático, así como su pronóstico a muy corto plazo (nowcasting). A continuación, estos productos se usarán para el monitoreo y como entrada de modelos hidrológicos. El objetivo del presente trabajo es mostrar el estado actual de estos desarrollos.

2) OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS

Las mediciones *in situ* de la precipitación son necesarias para los procesos de calibración y validación de las estimaciones de precipitación mediante sensores remotos. Contar con redes densas y de calidad es clave. Para ello, el SMN lleva adelante un proyecto de integración de redes de terceros con el objetivo de ampliar su red de observación de superficie (Díaz y otros, 2021). En el marco de PREVENIR se están integrando nuevas redes pluviométricas como el INA (Córdoba y Buenos Aires) o APRHi (Córdoba).

3) RADARES METEOROLÓGICOS

3.1 CONTROL DE CALIDAD DE DATOS DE RADAR

Para poder utilizar los datos de radares meteorológicos en aplicaciones cuantitativas como la QPE, es necesario someter a los mismos a un riguroso control de calidad. Luego, se desarrolló un sistema que permite eliminar o minimizar un gran número de fuentes de error en los datos como ecos no meteorológicos (interferencias, terreno, insectos, etc) o correcciones de atenuación de las variables de interés. En la figura 1 se muestran algunos de los productos que conforman este sistema.

3.2 PRODUCTO RQPE

El producto utiliza la fase diferencial específica (KDP), robusta frente a errores de calibración, bloqueo del haz y atenuación en lluvias intensas (Kitahara et al., 2023; Cancelada et al., 2024), un problema común en radares de banda C. El KDP se estimó ajustando la fase

de propagación diferencial con una función spline monotónicamente creciente (Kitahara et al., 2023), y su relación con la tasa de precipitación se calibró usando datos de disdrómetros del experimento RELAMPAGO/CACTI (Nesbitt et al., 2021). Estas estimaciones se acumulan en ventanas temporales según necesidades (ej. modelos hidrológicos). Adicionalmente se está desarrollando un modelo basado en aprendizaje automático para la estimación de precipitación, el cual pueda ser entrenado con observaciones pluviométricas.

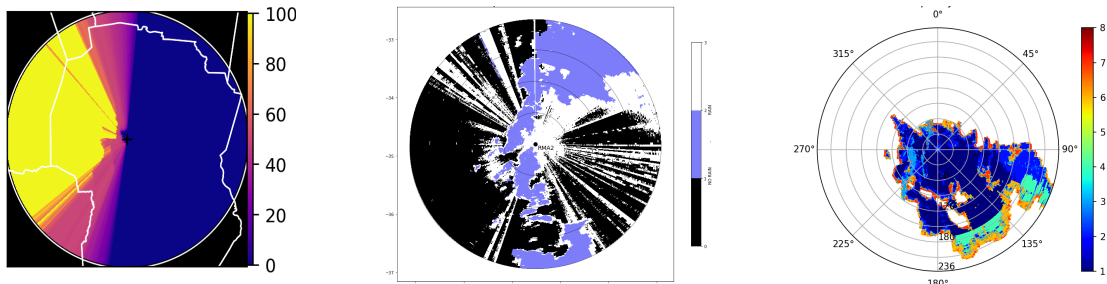


Figura 1: Izq: Mapa de bloqueo por topografía para el radar RMA1-Córdoba. Cen: Máscara de lluvia/no lluvia para el radar RMA2-Ezeiza. Der: Índice de calidad de datos.

4) SATÉLITES METEOROLÓGICOS

4.1 PRODUCTO SQPE-OBS-1h

El producto desarrollado toma de base la estimación IMERG (Huffman et al., 2020) y le aplica una corrección histórica a partir de la técnica conocida como PDF-matching que utiliza las estaciones meteorológicas de mejor calidad de la red del SMN y de países limítrofes, seguida de una corrección diaria a partir de la interpolación del Bias local que suma el valor agregado de todas las estaciones meteorológicas disponibles en escala diaria (Hobouchian y otros, 2021).

4.2 PRODUCTO GSMaP-GAUGE-AR

Con el objetivo de contar con un producto horario satelital, se tomó como estimación base el producto GSMaP-Now (Kubota et al., 2007) que se ajusta con las EMAs disponibles con un PDF-matching de los últimos 15 o 30 días. Luego se aplica una interpolación del bias con una técnica modificada de IDW que usa el sistema MRMS de la NOAA.

4.3 PRODUCTO G16-RRQPE-ML

Se desarrolló un nuevo producto que propone utilizar un modelo de redes neuronales convolucionales con una arquitectura de tipo U-Net, a partir de datos multisensor provistos por el satélite GOES-16. En particular, se combina la temperatura de brillo IR ($10.3\mu\text{m}$) del sensor ABI y la actividad eléctrica del sensor GLM. El entrenamiento del modelo se realiza utilizando datos de precipitación estimada por el radar meteorológico a bordo del satélite GPM.

5) NOWCASTING DE LA PRECIPITACIÓN

Un sistema de pronóstico a muy corto plazo (*nowcasting*) basado en la extrapolación de datos QPE resulta fundamental para estimar la evolución del campo de precipitación en las próximas dos horas. En el marco del proyecto se desarrollaron e implementaron dos sistemas modernos: uno determinístico y otro probabilístico que incluye la asimilación de los vectores de movimiento. En paralelo, se han evaluado diferentes modelos de aprendizaje automático/machine learning basados en arquitecturas LSTM, U-Net y Gru con el mismo propósito utilizando lluvia simulada numéricamente.

6) CONCLUSIONES

La diferentes herramientas para mejorar las estimaciones de precipitación en base a sensores

remotos y su pronóstico a muy corto plazo desarrolladas en el marco del Proyecto PREVENIR representan un avance sustantivo para la región y en particular para mejorar los sistemas de alerta temprana de eventos meteorológicos de alto impacto como las precipitaciones intensas en cortos periodos de tiempo.

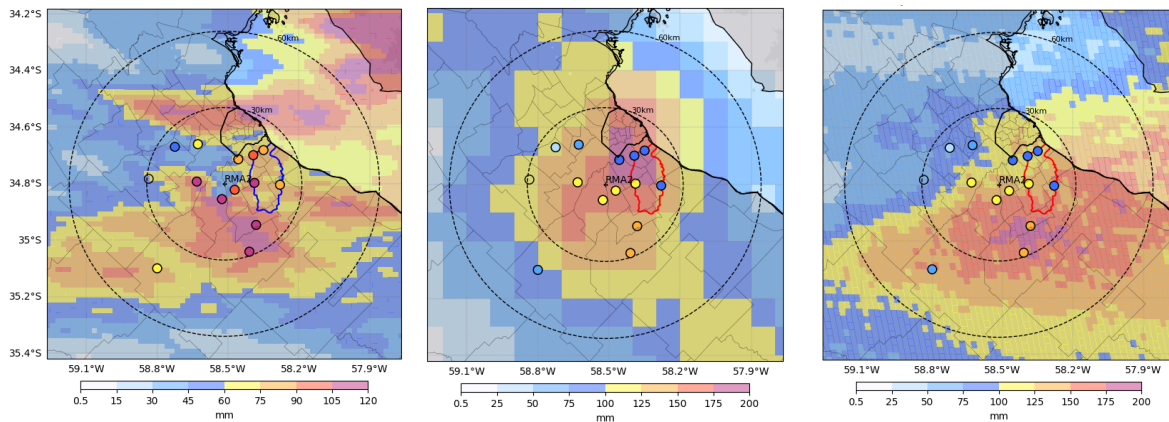


Figura 2: Izq: Precipitación acumulada mediante el radar RMA2-Ezeiza (sombreado) para el evento del 19 y 20 de marzo de 2024. Los puntos con color corresponden a pluviómetros. Cen: Idem izq. pero con la estimación satellite SQPE-OBS-1h. Der: Idem izq. pero con la estimación GOES-16 RRQPE. En contorno azul se delimita la Cuenca Sarandí - Santo Domingo.

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), 9-13 september, Roma, Italy.
- Díaz, G., and Coauthors, 2021:** Expansión de la red de referencia empleando los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas automáticas de terceros. Nota Técnica SMN 2021-90. <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1694>
- Hobouchian, M. P., and Coauthors, 2021:** Ajuste de la estimación de precipitación satelital IMERG con observaciones pluviométricas en Argentina. Nota Técnica SMN 2021-105.
- Huffman, G.J., and Coauthors, 2020:** Integrated Multi-satellite Retrievals for the Global Precipitation Measurement (GPM) Mission (IMERG). Satellite Precipitation Measurement. Advances in Global Change Research, vol. 67, Springer.
- Kitahara, D., and Coauthors, 2023:** KDP Estimation Based on Spline Smoothing with the Self-Consistency Principle. 40th Conference on Radar Meteorology, 28 August–01 September, Minneapolis, USA.
- Kubota, T., and Coauthors, 2007:** Global precipitation map using satellite-borne microwave radiometers by the GSMaP project: Production and validation. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 45, 2259–2275. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.895337>
- Nesbitt, S. W., and Coauthors, 2021:** A Storm Safari in Subtropical South America: Proyecto RELAMPAGO. Bull. Amer. Meteor. Soc., 102, E1621–E1644, <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0029.1>.