

DETECCIÓN Y MODELADO DE UNA PLUMA FLUVIAL EN EL LITORAL BONAERENSE A PARTIR DE OBSERVACIONES SATELITALES Y SIMULACIONES NUMÉRICAS

Matías Nahuel De Oto Proschle¹, Diana Marina Rodríguez²

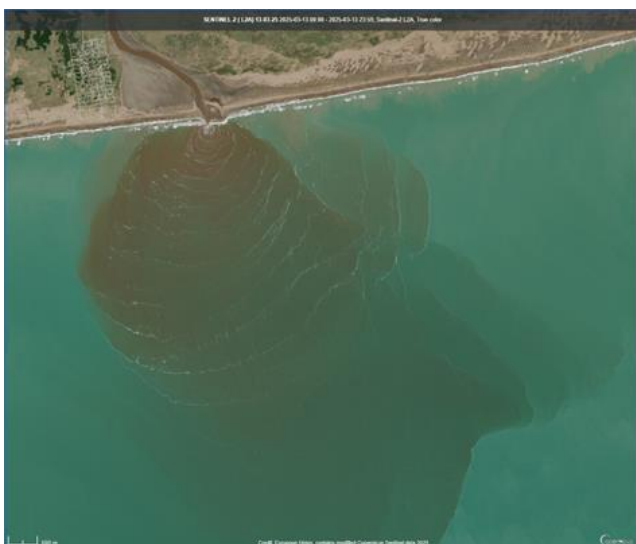
mdeoto@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Palabras clave: Pluma Fluvial Superficial, Open Drift, Geocolor

1) INTRODUCCIÓN

Durante marzo de 2025 se registró una descarga fluvial excepcional en el litoral bonaerense como consecuencia de las intensas precipitaciones que afectaron al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires¹. Posteriormente, las lluvias generaron un marcado



aumento de caudales en ríos y arroyos del área, como el río Quequén-Salado cuya pluma fluvial superficial (PFS, Fig. 1) alcanzó el Mar Argentino en las proximidades del Balneario Playa Marisol. En este trabajo se analiza la evolución de dicha PFS durante el 13 de marzo de 2025 mediante simulaciones de dispersión forzadas por viento, corrientes oceánicas y descargas artificiales, combinadas con imágenes satelitales del sensor ABI/GOES-16 para su verificación.

Figura 1: Imagen RGB (producto L2A) de la PFS asociada a la descarga del río Quequén-Salado tomada el 13 de marzo de 2025 a las 13:24 UTC por el sensor MSI/Sentinel-2 con una resolución espacial de 10 m².

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se realizaron un total de 35 simulaciones lagrangianas de la PFS mediante el software de código abierto OpenDrift (Dagestad y otros, 2018). Estas simulaciones presentan una fuente de descarga puntual generada artificialmente que es forzada por pronósticos de viento a 10 m del WRF-SMN (Matsudo y otros, 2022) y de corrientes barotrópicas del SIMMAR-PCA (Dinapoli y otros, 2020). Con el fin de reproducir distintas condiciones ambientales, las simulaciones fueron separadas en 5 experimentos de sensibilidad al forzante y de las condiciones iniciales. En la Tabla 1 se muestran las características del primer experimento. Por otra parte, para la detección de la PFS, se utilizó el producto GeoColor³ de disco completo del sensor ABI/GOES-16 (Schmit y otros, 2017) en formato TIFF, obtenido del repositorio de AWS⁴. Este producto combina información de canales

¹<https://www.smn.gob.ar/noticias/4-8-marzo-informe-de-lluvias-inundacion-bahia-blanca>

² <https://www.copernicus.eu/es>

³ https://www.star.nesdis.noaa.gov/goes/documents/QuickGuide_CIRA_Geocolor_20171019.pdf

⁴ <https://noaa-goes16-imagery.s3.amazonaws.com>

de onda corta y larga en una composición RGB con hasta 2 km de resolución espacial permitiendo identificar sedimentos y variaciones en la coloración del agua durante el periodo diurno. La elección de este producto se debió a su alta resolución temporal de 10 min., considerablemente superior a la de los sensores en órbita polar, facilitando el estudio de procesos de alta frecuencia en la plataforma continental (ver por ejemplo, De Oto Proschle y otros, 2025).

Tabla 1: Características del experimento 1.

Caso	Corrientes	Viento	Descarga fluvial	Observaciones
A	Si	Si	Si	Todos los forzantes activos
B	Si	No	Si	Sin viento
C	No	Si	Si	Sin corrientes oceánicas
D	Si	Si	No	Sin descarga fluvial
E	No	No	Si	Solo descarga fluvial
F	Si	No	No	Solo corrientes oceánicas
G	No	Si	No	Solo viento

A partir de las imágenes GeoColor se delimitaron polígonos vectoriales en QGIS⁵ con una frecuencia de 20 minutos (descartando aquellas afectadas por nubosidad), que representaron cambios espectrales asociados a la Pluma Fluvial Superficial (PFS) del río Quequén-Salado. Para sortear las limitaciones en zonas costeras debido a la generación artificial de la banda verde en este producto, se emplearon datos del sensor MSI/Sentinel-2 (ver Fig. 1), los cuales se compararon con las delimitaciones obtenidas a partir de GeoColor a fin de validar la detección de la PFS.

3) RESULTADOS

La Figura 2a muestra el pronóstico de concentración de partículas para el experimento 1b (Tabla 1) a las 20:50 UTC del 13 de marzo de 2025, evidenciando el desplazamiento hacia el oeste de la PFS desde la desembocadura del río Quequén-Salado. A partir de un umbral de 150 partículas/km² se generó, mediante AlphaShape, un polígono simulado (azul) que se encuentra mayormente contenido dentro del observado (rojo).

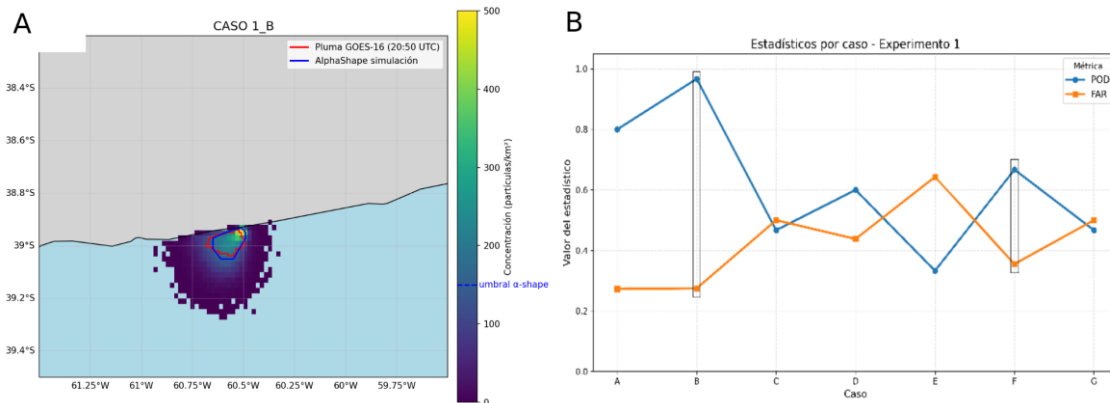


Figura 2. (a) Concentración de partículas por km² (sombreado), polígono simulado (azul) y observado (rojo) para las 20:50 UTC del 13 de marzo de 2025. (b) Estadísticos POD (azul) y FAR (naranja) para las simulaciones comprendidas en el experimento 1. Los recuadros negros indican a las corrientes marinas como el principal forzante.

⁵<https://qgis.org/>

Con base al polígono observacional, generado con la imagen GeoColor de las 20:50 UTC, se calcularon los estadísticos POD (probabilidad de detección) y FAR (falsa alarma) (Fig. 2b). El caso 1b, forzado con corrientes y una descarga fluvial sintética, mostró la mejor performance (POD: 0.96, FAR: 0.27), mientras que otros casos, como E que solo presenta la descarga de una pluma sintética o G que sólo contiene el viento a 10 m, evidencian un menor ajuste, incluso si sólo se fuerza únicamente con corrientes marinas (caso 1F) el desempeño resulta mayor.

4) CONCLUSIONES

Se realizaron 35 simulaciones de una Pluma Fluvial Superficial (PFS) asociada a la descarga del río Quequén-Salado, validadas con polígonos observacionales generados a partir de imágenes GeoColor del sensor ABI/GOES-16. Se presentaron 7 casos correspondientes al experimento 1, donde se evidenció que la inclusión de corrientes marinas (exp. 1b) mejora sustancialmente la representación de la pluma. En contraste, en algunos casos el viento aislado la deteriora, lo cual puede atribuirse a que el modelo de corrientes SIMMAR-PCA ya incorpora el viento como forzante. Se destaca que la calidad de los pronósticos depende críticamente no solo de contar con buenos campos de corriente regionales, sino también con información en tiempo real, especialmente relevante para aplicaciones operativas como búsqueda y rescate (SAR). Modificaciones en parámetros de dispersión, como errores aleatorios o cambios en la turbulencia horizontal (no mostradas), generaron una variabilidad menor en los estadísticos POD y FAR en comparación con la inducida por los forzantes externos. La comparación entre imágenes RGB de MSI/Sentinel-2 y GeoColor de ABI/GOES-16 mostró resultados consistentes en la detección de la PFS, evidenciando el potencial de este sensor para estudios regionales de alta frecuencia, como la estimación de velocidades superficiales. Finalmente, se señala que una mejor caracterización de la descarga puntual requiere datos más precisos sobre la velocidad inicial del río o emisario, dado su impacto en la forma y propagación de la pluma.

REFERENCIAS

- Dagestad, K. F., J. Röhrs, Ø. Breivik, and B. Ådlandsvik, 2018:** OpenDrift v1.0: a generic framework for trajectory modelling. *Geosci. Model Dev.*, 11, 1405–1420.
- Dinápoli, M. G., C. G. Simionato, and D. Moreira, 2020:** Development and validation of a storm surge forecasting/hindcasting modelling system for the extensive Río de la Plata Estuary and its adjacent Continental Shelf. *Nat. Hazards*.
- Matsudo, C. M., Y. García Skabar, S. A. Righetti, F. Cutraro, M. Sacco, M. E. Dillon, M. Álvarez Imaz, P. Maldonado, y M. A. Salles, 2022:** Sistema de pronóstico numérico del Servicio Meteorológico Nacional, CONGEMET XIV, Buenos Aires, Argentina.
- Proschle, M. D. O., S. Munoz, V. Valdeomillos, y J. P. Pisoni, 2025:** Characterizing the surface spatial distribution and variability of the San Matias Meridional Front from a geostationary satellite perspective. *Reg. Stud. Mar. Sci.*, 81.
- Schmit, T. J., M. M. Gunshor, W. P. Menzel, J. J. Gurka, J. Li, y A. S. Bachmeier, 2005:** Introducing the next-generation Advanced Baseline Imager on GOES-R. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 86, 1079–1096.