

PronUY_RPFM: SISTEMA DE PRONOSTICO DEL RÍO DE LA PLATA Y COSTA URUGUAYA

**Michelle Jackson¹, Lucas Sellanes¹, Daniel Balparda¹, Diego Silva², Pablo Ezzatti²,
Mónica Fossati¹**
mjackson@fing.edu.uy.

¹Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería (FING) de la Universidad de la República (UdelaR) de Uruguay.

² Instituto de Computación (INCO) de la Facultad de Ingeniería (FING) de la Universidad de la República (UdelaR) de Uruguay.

Palabras clave: pronóstico operacional, Río de la Plata, costa uruguaya, nivel de mar.

1) INTRODUCCIÓN

El Río de la Plata se encuentra ubicado sobre la costa atlántica de América del Sur entre Uruguay Argentina. Este estuario recibe el aporte de la segunda cuenca más grande de Sudamérica después de la cuenca amazónica y conforma un cuerpo de agua de dinámica compleja donde la marea meteorológica toma gran relevancia (Santoro et al, 2013).

Desde hace más de 20 años que en el Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA) de la Facultad de Ingeniería (UdelaR) de Uruguay se estudia el flujo y propiedades del agua en el Río de la Plata, tanto a través de la implementación y validación de modelos numéricos hidrodinámicos 2D (Santoro et al, 2017) como 3D (Fossati et al, 2014) así como a través del análisis de datos (Santoro et al, 2013) y de la realización de mediciones in situ (Mosquera & Pedocchi, 2019). Mayormente el desarrollo de los modelos numéricos ha sido en modalidad diagnóstico ('hindcast' en la nomenclatura internacional) la cual trabaja en situaciones pasadas mientras que el pronóstico ('forecast') se refiere a la predicción de la circulación más allá del tiempo real, en el futuro cercano (Schiller and Brassington, 2011).

En el Uruguay no se cuenta con una herramienta mínimamente desarrollada que permita prever el movimiento de las aguas del Río de la Plata o del Frente Marítimo (territoriales y compartidas con Argentina). Debido a esto, en el IMFIA se está desarrollado un sistema de pronóstico operacional en tiempo real de distintas condiciones meteoceánicas en las aguas territoriales del Río de la Plata y su Frente Marítimo denominado PronUy_RPFM. El primer producto del sistema PronUy_RPFM es el pronóstico de niveles de mar (Ballesteros, 2021) en base a un modelo numérico barotrópico bidimensional. En este trabajo se describen las principales características del sistema de pronóstico desarrollado describiendo las componentes del sistema.

2) ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE PRONÓSTICO PronUy_RPFM

El sistema de pronóstico desarrollado tiene 5 componentes: 1) acceso a datos externos, 2) base de datos, 3) modelo numérico, 4) evaluación del sistema, y 5) difusión. Estas componentes se relacionan entre si y son ejecutadas de manera secuencial. El sistema de pronóstico desarrollado está automatizado y en funcionamiento desde el año 2021, publicando resultados en tiempo real.

El pronóstico utiliza el modelo numérico TELEMASCARET, en su versión bidimensional TELEMAC-2D (Hervouet, 2007). El dominio está definido por un sistema discretizado de elementos finitos con malla no-estructurada de resolución variable desde 3km en el Frente Marítimo a 100m en la zona interior (Figura 1). El modelo numérico utiliza como forzante en el borde oceánico el pronóstico de nivel de marea emitido por el modelo global RTOFS-HYCOM de NOAA-NCEP, de 1/12° de resolución en tiempo real (<https://polar.ncep.noaa.gov/global/>), sumados a los niveles de marea astronómica del atlas FES2014. Asimismo, como forzante meteorológico en todo el dominio se utiliza el pronóstico de vientos a 10 m y presión atmosférica del GFS de NOAA de 1/4° de resolución (<https://www.nco.ncep.noaa.gov/pmb/products/gfs/>). El aporte fluvial se considera constante con valores históricos (20.547 m³/s para el Río Uruguay y Paraná-Guazú, y 5.825 m³/s para el Río Paraná Las Palmas). Los aportes fluviales corresponden a agua dulce mientras que en la frontera oceánica se considera un valor de salinidad igual a 35 kg/m³.

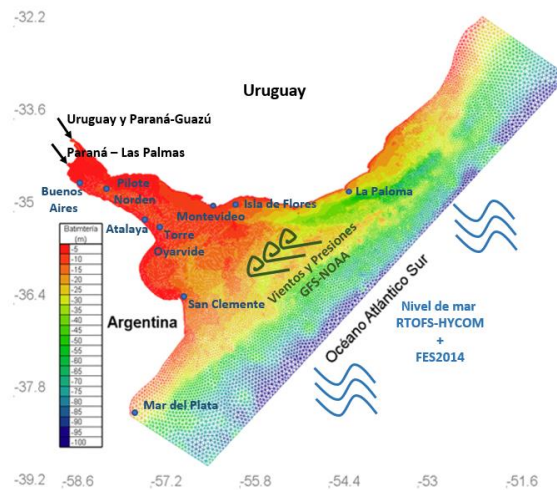


Figura 1- Malla de cálculo, batimetría, forzantes del sistema y estaciones de datos medidos.

Día a día el sistema desarrollado descarga los forzantes publicados en la web y realiza el pronóstico con un horizonte temporal de 72 horas, publicando los resultados online (<https://www.fing.edu.uy/imfia/pronostico-marea/>). El pronóstico se evalúa diariamente comparando resultados con datos de nivel de mar recolectados por mareógrafos y disponibles en tiempo real. Se realiza una evaluación de la calidad del pronóstico en el primer día pronosticado, en el segundo día de pronóstico y en el tercer día de pronóstico. Esto se realiza para cada estación de medición y utilizando los estadísticos RMSE y BIAS. A modo de ejemplo, la figura x muestra para la estación de La Paloma, el pronóstico de 72 hs realizado el día 26/06/2022 (amarillo), el del 27/06/2022 (verde), el del 28/06/2022 (azul) y el del 29/06/2022 (rojo). A su vez, muestra los datos medidos durante los días 26, 27 y 28 de junio, donde se observa que el pronóstico del día 26/06 representa correctamente las oscilaciones de nivel. La tabla muestra los estadísticos RMSE, BIAS y correlación diarios para el pronóstico realizado el día 26/06. Otros detalles específicos del pronóstico, así como la parametrización del modelo para el pronóstico se describen en Ballesteros (2021).

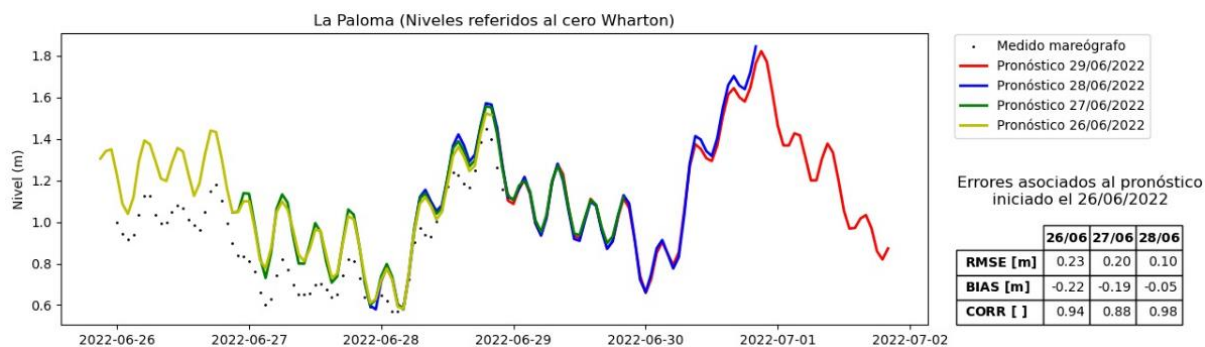


Figura 2- Ejemplo de resultados del pronóstico de nivel para los días 26,27,28 y 29 de junio de 2022 presentados en el sistema junto con los datos medidos en La Paloma.

3) PASOS FUTUROS

Una de los primeros pasos a seguir para mejorar el pronóstico de niveles es utilizar vientos locales en el dominio de estudio como forzante atmosférico. Actualmente se está trabajando en la implementación de un pronóstico local en la región con el modelo numérico de atmósfera WRF, en base a la experiencia del pronóstico para energía eólica desarrollada en el IMFIA (Gutiérrez et al, 2018). Por otra parte, actualmente se está trabajando en la implementación del modelo numérico MOHID en su versión 3D para modelar la temperatura y salinidad en el estuario. Una vez finalizada dicha implementación la misma se incluirá en el sistema de pronóstico. Este caso considera distintas condiciones de borde, obtenidas de los mismos modelos globales utilizados en el caso del pronóstico de nivel de mar (RTOFS-HYCOM y GFS de NOAA) como son temperatura, radiación solar y humedad relativa en superficie, salinidad y temperatura del agua en la frontera oceánica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Udelar de Uruguay a través del programa CSIC Grupos I+D 2018.

REFERENCIAS

- Ballesteros, M. (2021).** Tesis de Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada, Udelar. Sistema de pronóstico de los niveles de marea en tiempo real en el Río de la Plata. Tutora: Mónica Fossati. Co-tutor: Pablo Ezzati.
- Fossati, M., Santoro, P., Mosquera, R., Martínez, C., Ghiardo, F., Ezzatti, P., Pedocchi, F., Piedra-Cueva, I. (2014).** Dinámica de flujo, del campo salino y de los sedimentos finos en el Río de la Plata. RIBAGUA-Revista Iberoamericana del Agua,1, 48-63.
- Gutiérrez, A; Fovell, R, G. (2018)** A new gust parameterization for weather prediction models, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 177, Pages 45-59, ISSN 0167-6105, <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2018.04.005>.
- Hervouet, J.M. (2007).** Hydrodynamics of free surface flows: modelling with the finite element method, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.
- Mosquera, R., Pedochi, F. (2019).** Salinity estimation from Acoustic Doppler Velocimeter measurements. Continental Shelf Research, 180, 59-62.
- Santoro, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I. (2013).** Study of the meteorological tide in the Río de la Plata. Continental Shelf Research, 60, 51-63.
- Santoro, P., Fossati, M., Tassi, T., Huybrechts, N., Pham Van Bang, D., Piedra-Cueva, I., (2017).** A coupled wave–current–sediment transport model for an estuarine system: Application to the Río de la Plata and Montevideo Bay. Applied Mathematical Modelling, 52, 107-130.
- Schiller, A. and Brassington, G. B., (2011).** Operational Oceanography in the 21st Century. Springer ISBN: 9789400703315.