

SISTEMA OPERACIONAL DE PRONÓSTICO DE CORRIENTES Y MAREAS EN EL RÍO DE LA PLATA. CONDICIONES DE BORDE

María Ballesteros¹, Mónica Fossati¹, Pablo Santoro¹, Pablo Ezzatti²

(1) Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay

(2) Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería Universidad de la República, Uruguay
mballesteros@fing.edu.uy, mfossati@fing.edu.uy, psantoro@fing.edu.uy, pezzatti@fing.edu.uy

Introducción

El Río de la Plata (Figura 1) está ubicado sobre la costa este de América del Sur, aproximadamente entre los 34° y 36° latitud sur y 54°50' y 58°30' de longitud oeste, y vierte en el Océano Atlántico; se trata de la segunda cuenca de aporte más importante de Sudamérica después de la cuenca amazónica. Es un cuerpo de agua de gran importancia socio-ambiental para los dos países que comparten su jurisdicción, la República Argentina y la República Oriental del Uruguay.

La necesidad de contar con una herramienta operacional para las zonas costeras, que proporcione la predicción de corrientes y mareas en tiempo real, se vincula directamente a problemas asociados a la actividad portuaria, entre los cuales se destaca ayuda a la navegación, el apoyo a la toma de decisiones de gestión y control del tráfico marítimo, eventuales derrames producidos por embarcaciones o vertidos de sustancias contaminante, búsqueda y rescate de personas y/o materiales en accidentes marítimos, obras de ingeniería marítima en el sistema.

El desarrollo de este tipo de herramienta es una línea de trabajo del IMFIA desde el año 2006 (Piedra-Cueva et al., 2008). La primera implementación pre-operacional de modelos hidrodinámicos de pronóstico se basó en una estrategia de modelos encajados. Se partió de un primer nivel a escala regional, en 2D, que abarca gran parte del Océano Atlántico Sur, y un segundo nivel a escala local del Río de la Plata, 3D de mayor resolución. El modelo regional proporciona las condiciones de contorno al modelo local. El presente trabajo se centra en el análisis de alternativas de condiciones de borde para el forzamiento de un modelo local del Río de la Plata considerando el avance en la calidad de los pronósticos hidrodinámicos de modelos globales.



Figura 1.- Río de la Plata

Metodología

El modelo hidrodinámico tridimensional baroclínico utilizado es el MOHID (MARETEC, 2006), que ha sido calibrado mediante la realización de simulaciones retrospectivas del campo hidrodinámico del Río de la Plata y su Frente Marítimo (Santoro et al., 2013; Fossati et al., 2013; Martínez et al., 2015; Baya et al., 2016).

Tal como se mencionó anteriormente siguiendo una estrategia de

modelos encajados, se parte de un primer nivel a escala regional, en 2D, que abarca gran parte del Océano Atlántico Sur, denominado AS tide (con una resolución espacial de 0.1°), y un segundo nivel a escala local del Río de la Plata, de mayor resolución y en 3D denominado RP tide. El modelo AS tide proporciona condiciones de contorno de nivel y corrientes al modelo RP tide.

El modelo Mohid RP tide resuelve las variables de temperatura, salinidad, velocidad este y norte y altura de la superficie con una resolución horizontal de 0.033° y 10 capas tipo sigma en vertical.

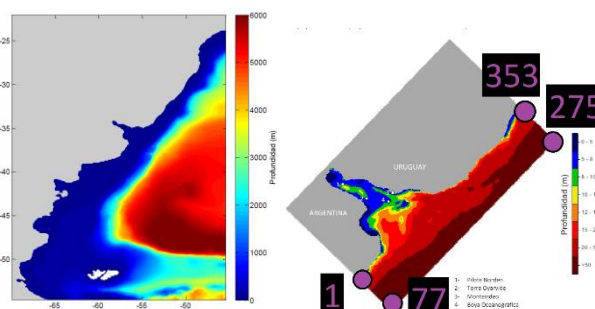


Figura 2.- Modelo Mohid AS tide y RP tide. Se numeran los vértices del contorno en el RP tide.

A los efectos de implementar dichos modelos en forma operacional para la generación de pronósticos (en tiempo real) se evalúan las diferentes alternativas de condiciones de borde oceánicas: la generación de pronósticos con el modelo regional AS tide, frente a la utilización de pronósticos de modelos hidrodinámicos de modelos globales. Los modelos globales publican, a diario, el diagnóstico y las predicciones del estado del océano con resolución de malla similar a la que genera el modelo AS tide. Los modelos globales que están siendo considerados durante el desarrollo de esta investigación son el modelo Hycom (Tabla 1) y el modelo Copernicus (Tabla 2). Se consideraron los datos que se publican con frecuencia de un dato por hora para la variable altura de la superficie del océano.

Tabla 1.- Modelo Global RTOFS Hycom

Desarrollador	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EEUU (NOAA)
Referencia	http://polar.ncep.noaa.gov/global/about/
Pronóstico con frecuencia	3 días de pronóstico
1dato/hora	GMT0 2D, resolución horizontal 1/12° (~0.0833°)
VARIABLES	Salinidad, temperatura, velocidad este y norte y altura de la superficie del océano*
Forzante atmosférico	Campos de predicción meteorológica global del NCEP
Batimetría	Mejora de los datos de NRL DBDB2
Asimilación	Perfiles de salinidad y temperatura in situ (variedad de fuentes) Datos de detección remota de temperatura, altura de la superficie del océano y concentración de hielo marino.

* Con respecto al nivel de reposo (sin tener en cuenta la marea astronómica)

Tabla 2.- Modelo Copernicus
GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024

Desarrollador	Servicio de Monitoreo del Medio Ambiente Marino de la Comisión Europea
Referencia	http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=GLOBAL_ANALYSIS_FORECAST_PHY_001_024
Pronóstico con frecuencia	10 días de pronóstico
Idato/hora	GMT0+30minutos 2D, resolución horizontal 1/12°(-0.0833°)
Variabes	Salinidad, temperatura, velocidad este y norte y altura de la superficie del océano*
Forzante atmosférico	Campos atmosféricos del Sistema de Pronóstico Integrado ECMWF
Batimetría	Combinación interpolada de las bases de datos ETOPO1 y GEBCO8
Asimilación	Datos del altímetro satelital Perfiles de temperatura y salinidad in situ Concentración de hielo marino satelital

* Con respecto al nivel de reposo (sin tener en cuenta la marea astronómica)

Se comparan los resultados de los modelos en el borde del dominio del RPtide (en los que recibe los valores del AS tide); visualización de series, desviación estandar, y correlación.

Previo a disponer de una serie suficientemente larga de datos de pronóstico se evalúan los datos de reanálisis disponibles con frecuencia de un dato por hora. Esta disponibilidad se limita a los reanálisis del modelo Copernicus que se compara con los resultados del modelo AS tide.

Se comparan los registros del mareógrafo de Mar del Plata con las simulaciones de Copernicus y AS tide. Visualización, scatter, desviación estandar, correlación de Pearson y CRMSE.

Previo a la comparación, al nivel del modelo Copernicus se añade la marea astronómica obtenida a partir del modelo FES2014 (modelo oceánico global de cálculo de marea astronómica elaborado por LEGOS, Noveltis, CNES, CLS, Francia).

De modo de disponer de una comparación en toda el área de estudio, no sólo de comparaciones puntuales, se tomó como equivalente a lo ocurrido los resultados que proporciona el modelo RPtide, que, tras su calibración en el IMFIA, genera estimaciones del campo hidrodinámico en tiempo pasado en el Río de la Plata y su Frente Marítimo que se han considerado de buena calidad. Como herramienta para la caracterización de la variabilidad de la elevación de la superficie libre en todo el dominio se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Se realizó entonces una comparación de los resultados del ACP aplicado a los resultados de los modelos RPtide y Copernicus, para el año 2015. En este caso se restó la componente astronómica al RPtide.

Resultados

En las figuras 3 y 4 se comparan los niveles en Mar del Plata; serie temporal y scatter. Las figuras 5 y 6 muestran desviación estandar y correlación Pearson para el borde del RPtide, en 2015.

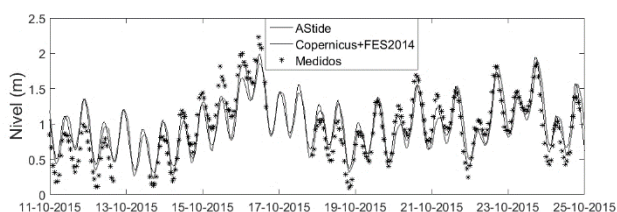


Figura 3.- Niveles Mar del Plata

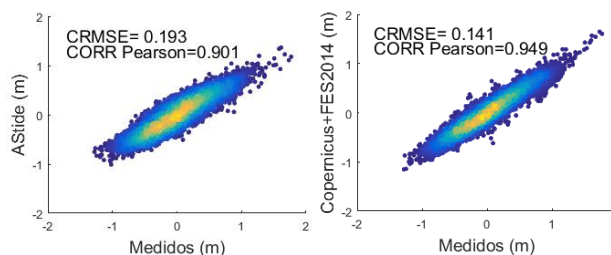


Figura 4.- Niveles Mar del Plata. Modelos vs medidas. Año 2015.

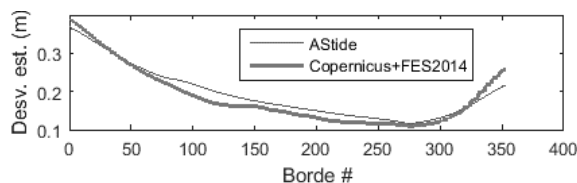


Figura 5.- Comparación en el borde del RPtide. Desviación estandar.

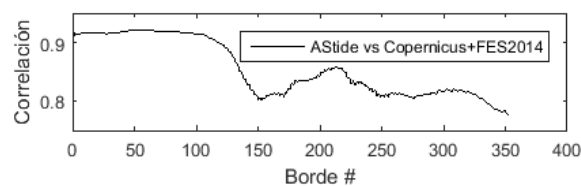


Figura 6.- Comparación en el borde del RPtide. Correlación Pearson.

De las comparaciones en el borde del RPtide, se extrae que ambos modelos proporcionan resultados similares. Al comparar frente a medidas en Mar del Plata destaca el modelo Copernicus.

En lo que respecta al ACP, se encontró que la mayor parte de la varianza se explica por un único modo con patrones similares en ambos modelos (RP tide y Copernicus). Esto se confirmó con un posterior análisis de correlación canónica.

Conclusiones

Los modelos globales como el Hycom y el Copernicus proporcionan predicciones operacionales para el estado del océano. Mediante un proceso de subescala que mejore la resolución de estas predicciones, se puede generar una herramienta operacional para las zonas costeras.

Las comparaciones realizadas hasta el momento muestran que el comportamiento de estos modelos es similar o de mejor calidad que el modelo regional AS tide. Estas conclusiones se confirmarán con comparaciones con datos de pronósticos que incluyan también a las variables velocidades.

Referencias Bibliográficas

- Baya, R.; Dufrechou, E.; Ezzatti, P.; Jackson, M.; Fossati, M. (2016) "Taking advantage of HPC techniques in the operational forecast of the Río de la Plata." C L E I, Valparaiso, Chile.
- Fossati, M.; Piedra-Cueva, I. (2013). "A 3D hydrodynamic numerical model of the Río de la Plata and Montevideo's coastal zone", Appl. Math. Modell. Vol 37 (3).
- MARETEC (2006). *MOHID Hydrodynamic Module User Guide*. 63 pp.
- Martinez, C.; Silva, J.P.; Dufrechou, E.; Santoro, P.; Fossati, M.; Ezzatti, P.; Piedra-Cueva, I. (2015). "Towards a 3D Hydrodynamic numerical modeling system for long term simulations of the Río de la Plata dynamic." E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, The Hague, the Netherlands.
- Piedra-Cueva, I.; Terra, R.; Cazes, G.; Fossati, M.; Fernández, M.; Santoro, P. (2008). "Modelo Pre-operacional del Río de la Plata. Informe Final" - Proyecto PDT S/C/OP/70/01.
- Santoro, P.; Fossati, M.; Piedra-Cueva, I. (2013) "Study of the meteorological tide in the Río de la Plata." Continental Shelf Research, v.: 60, p.: 51 - 63.