

MODELO NUMÉRICO DE ALERTA Y PRONÓSTICO PARA LAS TOMAS DE AGUA POTABLE EN EL RÍO DE LA PLATA Y DELTA DEL PARANÁ

Sebastian H. Martijena, Sebastian Santisi y Diego N. Bottelli

Agua y Saneamientos Argentinos S.A., Argentina.

E-mail: sebastian_h_martijena@aysa.com.ar, sebastian_santisi@aysa.com.ar, diego_n_bottelli@aysa.com.ar

Introducción

El estuario del Río de la Plata (RDLP) se ubica en la costa este del continente Sudamericano alrededor de la latitud 35°S. Es una planicie de aguas pocas profundas (5-15 m) con una superficie aproximada de 35000 km², y drena las aguas de la cuenca del Plata, la segunda más grandes de Sudamérica con una superficie superior a los 3 x 10⁶ km². Sus dos tributarios principales son los ríos Paraná y Uruguay, con un caudal anual medio de 16000 m³ s⁻¹ y 6000 m³ s⁻¹, respectivamente (Framiñan y otros, 1999).

El RDLP es la principal fuente de agua potable de la ciudad de Buenos Aires y su área metropolitana, con más de 11 millones de habitantes (Bottelli y otros, 2015). Las torres de toma (TT) captan un flujo diario del orden de 5 x 10⁶ m³ d⁻¹ y luego transportado a 3 grandes establecimientos potabilizadores; dos de ellos a orillas del RDLP (PSM, PMB) y un tercero ubicado sobre el brazo Paraná de las Palmas (PJM), en el delta del Paraná que precede al estuario.

La costa del RDLP es la zona más densamente poblada de la Argentina, un hecho que está relacionado con las descargas urbanas contaminadas que fluyen hacia el estuario a través de ríos menores, arroyos y el sistema de alcantarillado pluvial. Por otro lado, el RDLP también sirve como cuerpo receptor principal de las aguas residuales, con un flujo aproximado de 2 x 10⁶ m³ d⁻¹ a través de un emisario que descarga a 2400 m de la costa. Adicionalmente, el RDLP provee acceso a puertos aguas arriba a través de los ríos Paraná y Uruguay. Estas condiciones ponen en riesgo o afectan la calidad de agua para potabilización que captan las TT.

En el presente se describe la implementación de un modelo bidimensional (integrado en la vertical) hidrodinámico y de transporte de sustancias, con el objeto de predecir el comportamiento de las plumas y concentraciones de contaminantes en las zonas donde se ubican las TT, ya sean estas producidas por las descargas urbanas o por vertidos accidentales.

El modelo corre a diario con un horizonte de pronóstico a 4 días. Si bien actualmente el modelo no se encuentra en proceso de producción, los resultados preliminares son prometedores y podría ser utilizado como herramienta de soporte para la toma de decisiones y planes de emergencia.

Materiales y Métodos

Debido a que la columna de agua en el río se encuentra bien mezclada, es decir, verticalmente homogénea; es suficiente con utilizar un enfoque bidimensional (2D) en el plano horizontal.

La implementación se llevó a cabo mediante la Suite *Delft3D Flexible Mesh* desarrollada por Deltares. Se compone de varios módulos, agrupados en torno a una interfaz mutua que permite la interacción entre estos. *D-Flow Flexible Mesh* es el módulo hidrodinámico que calcula los fenómenos de flujo y transporte.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = Q \quad [1]$$

El dominio del modelo cubre desde la cabecera del Río de la Plata (desembocadura del río Uruguay y Frente del Delta del río Paraná) hasta la línea imaginaria Punta Indio-Kiyú, sobre una

extensión longitudinal del orden de los 180 km, y lateralmente entre ambas costas (argentina y uruguay), con un ancho variable del orden de los 50 a 80 km (Figura 1). Adicionalmente se incorporó el brazo Paraná Palmas, con aproximadamente 140 km, y los principales cursos de la red del delta del Paraná: Canal Arias, Luján, Capitán, Sarmiento, Canal Honda, Urión, Canal Vinculación, San Antonio, Canal del Este; sumando estos alrededor de 80 km (Figura 2).

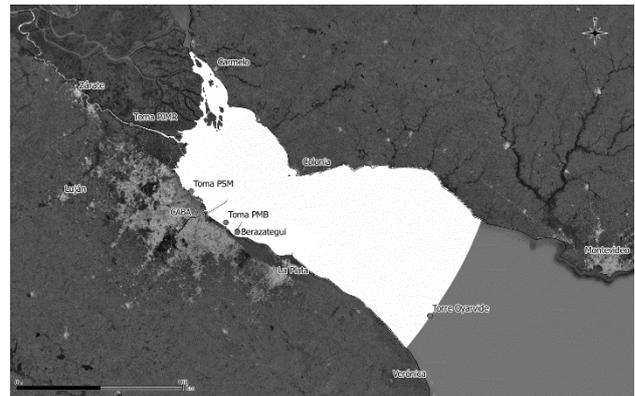


Figura 1.- Dominio del modelo

La discretización del dominio se realiza mediante una grilla no estructurada, la cual permite una resolución espacial variable, disminuyendo localmente el tamaño de malla solo donde se requiera mayor detalle, y evitando así no incrementar los tiempos de cálculo.

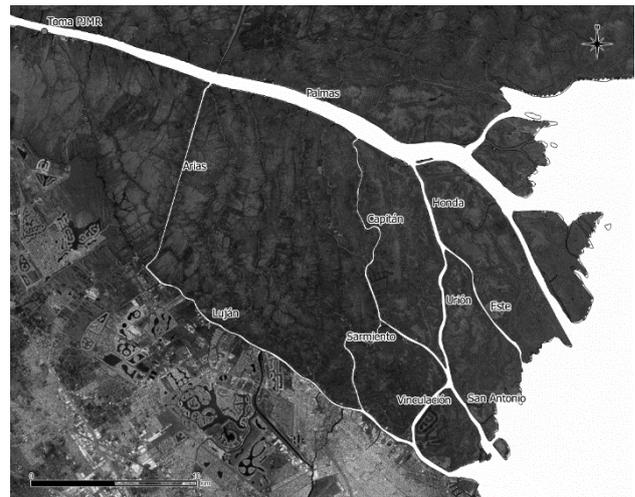


Figura 2.- Cursos del delta del Paraná incluidos en el modelo

Se utilizó una grilla curvilínea, mayormente compuesta de rectángulos, y para minimizar la difusión numérica se la orientó con el flujo principal del río (producido por las mareas). El tamaño de celda varía desde un promedio de 20 m en la franja costera (zona de interés), hasta 400 m en áreas más alejadas (Figuras 3 y 4).

El modelo digital de elevaciones del fondo fue construido en base a cartas náuticas del Servicio de Hidrografía Naval de Argentina, así como a varias campañas de relevamiento batimétrico realizadas por AySA.



Figura 3.- Grilla del modelo, zona TT PSM y puerto de Buenos Aires

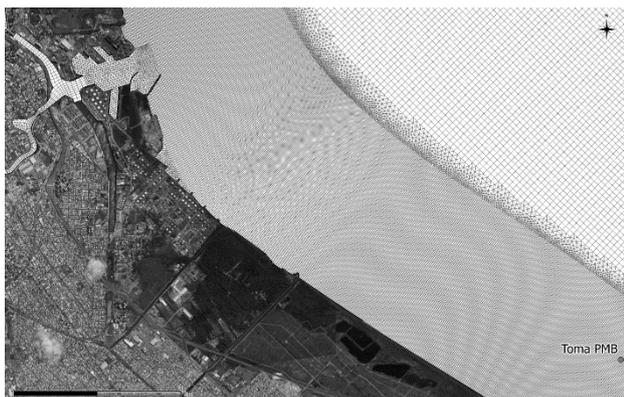


Figura 4.- Grilla del modelo, zona TT PMB y Riachuelo

La dinámica del RDLP y Delta del Paraná, está forzada por diferentes mecanismos:

- La descarga de los tributarios principales (Uruguay y Paraná a través de sus dos brazos Palmas y Guazú) y las descargas “urbanas” (a través de arroyos, el sistema pluvial y emisario).
- La onda de marea que penetra a través de la desembocadura. Para representarla se impone como condición en esa línea, la marea astronómica obtenida del modelo empírico SEAT (D’Onofrio y otros, 2011), más la contribución meteorológica del Modelo Numérico de Onda de Tormenta (Etala, 2009). Este último se publica a diario *online* y brinda un pronóstico a 96 horas con paso de 1 hora.
- Los vientos que actúan sobre la superficie del río, produciendo un esfuerzo cortante sobre ella que ocasiona un ascenso o descenso del nivel. Para el presente se utiliza el pronóstico de vientos a 5 días brindado por el Servicio Meteorológico Nacional de Argentina, con paso de 6 horas.

Resultados

En una primera etapa se realizó una calibración hidrodinámica adoptando como forzante de marea la serie de nivel de agua medida en Torre Oyarvide (que coincide con la condición de borde de aguas abajo). Para esta ventana de tiempo se cuenta con mediciones de ADCP’s fondeados próximos a las TT. La comparativa de valores medidos y simulados se muestra en las Figuras 6 a 8.

Actualmente se está trabajando en la calibración de la zona del delta, en donde se tienen fondeados ADCP’s. Al mismo tiempo se intentan conseguir las contribuciones meteorológicas del Modelo Numérico de Onda de Tormenta para el periodo en el cual se dispone de mediciones ADCP.

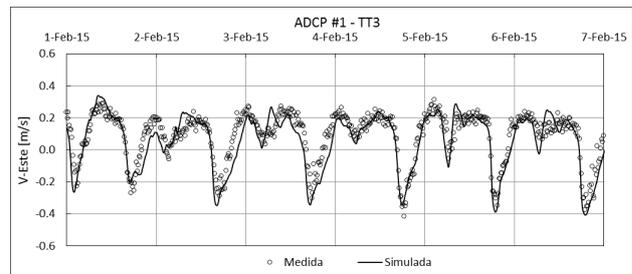


Figura 5.- Componente Este de la velocidad, TT Palermo

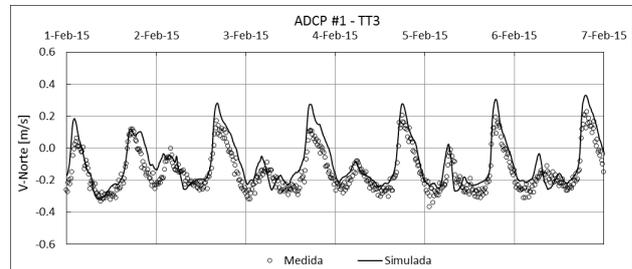


Figura 6.- Componente Norte de la velocidad, TT Palermo

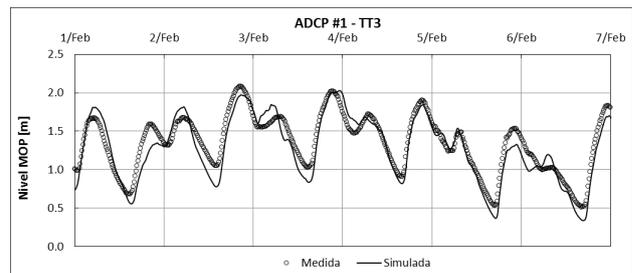


Figura 7.- Nivel de río, TT Palermo

Conclusiones

El modelo corre a diario con un horizonte de pronóstico a 4 días. Si bien actualmente el modelo no se encuentra en proceso de producción (se estima lo estará en abril/mayo), los resultados preliminares son prometedores y podría ser utilizado como herramienta de soporte para la toma de decisiones y planes de emergencia.

Referencias

- Bottelli, D.N., Santisi, S. and Martijena, S.H.** (2015). “A System of Hydrodynamic, Water Quality and Neural Network Models for Predicting Water Quality in the Rio de la Plata Estuary”. *Proceedings of the 36th IAHR World Congress*, The Hague, the Netherlands.
- Deltares** (2016). *D-Flow Flexible Mesh – User Manual*. Version: 1.2.1. Deltares, the Netherlands.
- D’Onofrio, E., Oreiro, F. and Fiore, M.** (2011). “Simplified empirical astronomical tide model-An application for the Rio de la Plata estuary”. *Computers & Geosciences*, Elsevier, Vol. 44, July 2012, pp. 196-202.
- Etala, M.P.** (2009). *Modelo de Mareas y Onda de tormenta para el Mar Epi-continental Argentino-Documentación básica*. Servicio de Hidrografía Naval.
- Fischer, H.B., List, E.G., Koh, R.C.Y., Imberger, J. and Brooks, N.H.** (1979). *Mixing in Inland and Coastal Waters*. Academic Press.
- Frañan M.B., Etala M.P., Acha E.M., Guerrero R.A., Lasta C.A., Brown O.B.** (1999). *Physical Characteristics and Processes of the Río de la Plata Estuary*. In: Perillo G.M.E., Piccolo M.C., Pino-Quivira M. (eds) *Estuaries of South America*. Environmental Science. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jaime, P.R. y Menéndez A.N.** (1999). *Modelo Hidrodinámico Río de la Plata 2000*. Informe LHA-INA 01-183-99, Instituto Nacional del Agua.
- Menéndez, A.N., Badano, N.D, Lopolito, M.F. and Re, M.** (2013). “Water quality assessment for a coastal zone through numerical modeling”. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, IAHR-WCCE, Vol. 1, No. 1, August 2013, pp. 8-16.