

ESTUDIO DE LOS PATRONES HIDRODINÁMICOS DEL ESTUARIO DE VIRRILÁ – PERÚ

Y. Ponte¹, C. Frias², E. Guzmán³, L. Guerrero⁴, C. Carbonel⁵ y J. D. Abad⁶

¹Centro de Investigaciones Tecnológicas, Biomédicas y Medioambientales - CITBM, Lima, Perú.

²Barr Engineering Co., Minnesota, USA.

^{3,5}Universidad Nacional Mayor de San Marcos - UNMSM, Lima, Perú.

^{4,6}Universidad de Ingeniería y Tecnología - UTEC, Lima, Perú.

E-mail: 10130056@unmsm.edu.pe, cfrias@barr.com, eguzmanz@unmsm.edu.pe, ccarbonelh@unmsm.edu.pe, lguerrero@utec.edu.pe, jabadc@utec.edu.pe

Resumen

El estuario de Virrilá se encuentra en el norte de Perú y está conectado con la Bahía de Sechura, Piura. Actualmente se ve afectado por un problema de contaminación de sus aguas. Con el fin de arrojar luz sobre la dinámica de circulación, se llevaron a cabo simulaciones numéricas para analizar los patrones recurrentes de su hidrodinámica. Mediciones de datos en campo fueron utilizados como entrada al modelo (datos de mareas, velocidad y dirección del viento, descargas fluvial y batimetría). Los resultados muestran que los patrones de flujo en el estuario están impulsados principalmente por la variación en los niveles de agua y que la interacción con aguas oceánicas ocurre solo en las cercanías de la desembocadura del estuario de Virrilá.

Introducción

Las interacciones entre un estuario y su costa adyacente tienen efectos importantes sobre la evolución de la geomorfología del estuario en sí. La marea y las olas pueden llevar sedimentos al estuario, como el estuario de Mersey, en el noroeste de Inglaterra (McDowell y O'Connor, 1977; Thomas et al., 2002; Blott et al., 2006). Además, el sedimento puede quedar atrapado en la desembocadura de un estuario y, en consecuencia, influir en el transporte de sedimentos en la costa (Boothroyd, 1978). Las corrientes del estuario pueden cambiar la forma de la línea costera, como lo indica Carter (1988), quien estudió los procesos de transporte debido a la entrada de marea. Es bien sabido que los procesos físicos influyen en el transporte de sedimentos hacia la tierra y hacia el mar en la desembocadura de un estuario; sin embargo, la mayoría de los modelos anteriores estudian sólo al estuario o al sistema costero pero no su interacción. Existe una información limitada sobre la zona de transición entre el estuario y las zonas costeras abiertas, donde tanto las mareas como las olas pueden tener un papel importante, en particular para la topografía y sus condiciones a largo plazo.

Virrilá es un estuario de gran importancia económica para el Perú. Sus aguas frías y el alto contenido de nutrientes hacen posible la producción de Conchas de Abanico "*Argopecten purpuratus*" principalmente para la exportación a gran escala. Hasta la fecha, la información disponible y la documentación técnica compilada en esta área es limitada. El presente trabajo estudia el comportamiento del estuario de Virrilá y su conexión con la bahía de Sechura para comprender las interacciones dinámicas básicas de las corrientes.

Área de estudio y mediciones de campo

El estuario de Virrilá se encuentra en Piura, en la región norte de Perú (5°50' S - 80°51' W). Es uno de los dos estuarios formados por el río Piura. La bahía de Sechura se encuentra en su costa con un área aproximada de 2000 km². La desembocadura del río Piura a través de Virrilá forma un estuario que recorre aproximadamente 30 km tierra adentro hacia el este. Las corrientes de agua predominantes circulan de sur a norte, mientras que las mareas son casi perpendiculares a

la orilla. La descarga del río Piura está regulada por el sistema de lagos Ñapique, San Ramón y La Niña; que se recargan durante los meses de enero a marzo. El área de influencia del estuario cubre aproximadamente 30 km².

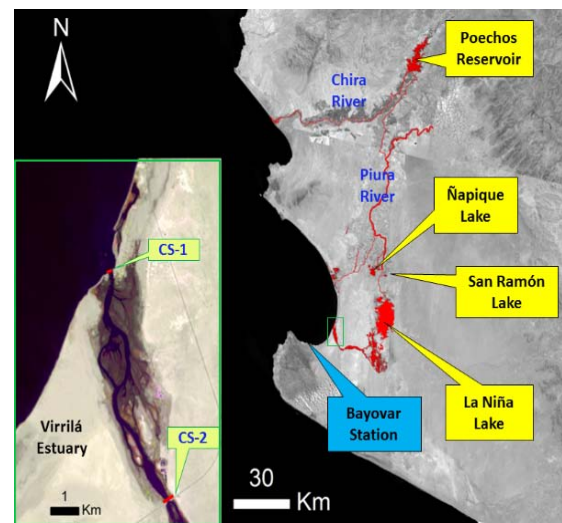


Figura 1.- Mapa de ubicación del estuario de Virrilá. Las imágenes de fondo se obtuvieron utilizando cálculos de NDWI de Landsat 8.

La recolección de datos de campo se realizó durante el mes de agosto del 2017. La batimetría del estuario se recolectó con una ecosonda Bathy-500MF desde CS-2 hasta una distancia de 200 m mar adentro de la desembocadura en CS-1 (ver Figura 1). La batimetría del lecho marino fue inspeccionada por la Marina de Guerra del Perú durante su campaña realizada en 2015. Las mediciones de velocidad de flujo y caudales se llevaron a cabo el 16 y 17 de agosto de 2017 en los transectos CS-1 y CS-2 (ver Figura 1) usando un perfilador de corrientes acústico Doppler (ADCP). Para los datos de la marea se procesaron 10 series de mareas, cada una con 12 componentes extraídos del modelo TPOX con una resolución espacial de 0.07°.

Los datos de oleaje se extrajeron de los modelos de componentes de circulación general de océanos desarrollados por el Centro Europeo de Predicciones Meteorológicas de Medio Alcance (ECMWF) que se extendió para este estudio. Los niveles de agua observados se recopilieron de la estación mareográfica de Bayovar (ver Figura 1) que es operada por la Marina de Guerra del Perú. La información del viento (velocidad y dirección) fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Perú - Piura (SENAMHI).

Modelo numérico, calibración y resultados

La malla computacional está conformada en dos mallas acopladas. La primera malla consistió en una grilla estructurada con 28,696 celdas de 256x256 m. para la región costera de la bahía de Sechura y la segunda malla con 7,324 celdas de 64x64 m. para el área del estuario.

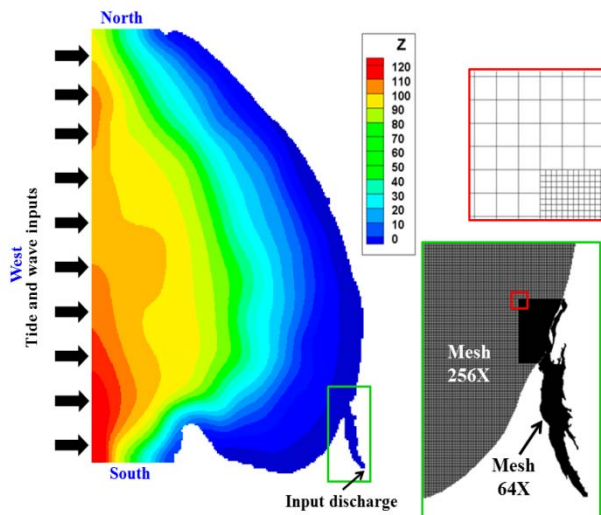


Figura 2.- Dominio computacional del modelo, los contornos se colorean por la elevación de la batimetría. A la derecha se muestra el detalle del aplomamiento de las mallas utilizadas.

La batimetría y los datos del viento son los mismos para todos los casos simulados. El límite occidental (ver Figura 2) se dividió en 10 secciones, en cada una de ellas se ingresaron valores de marea en series de cuatro datos por día durante todo el mes de agosto, así como la entrada de 12 componentes de mareas para cada sección. Las fronteras norte y sur usan una condición de tipo gradiente cero. La descarga del río Piura no se incluyó en el modelo de propagación de las olas debido al escaso efecto que tiene en los resultados generales. El modelo de propagación se ejecutó durante todo el mes de agosto de 2017. El modelo fue calibrado utilizando los valores de nivel de agua registrados en la estación de Bayovar para los días 16 y 17 de agosto (en los que se llevó a cabo la campaña de medición).

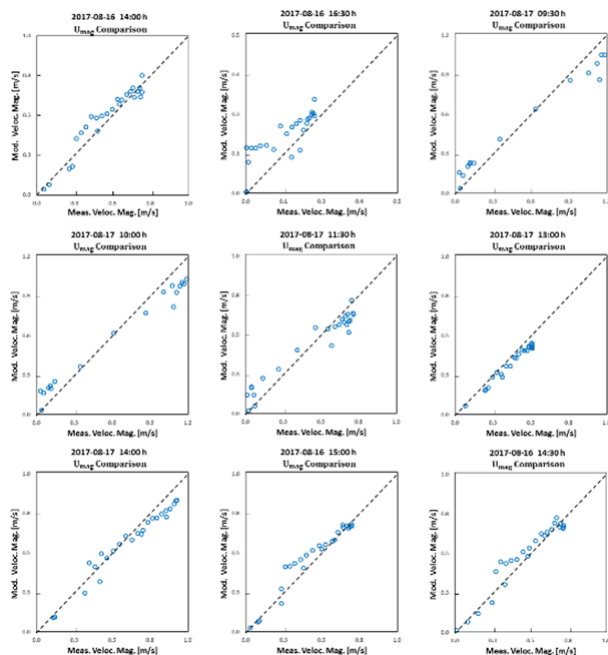


Figura 3.- Resultados de calibración del modelo hidrodinámico en el transecto CS-1.

La hidrodinámica de la malla pequeña se resolvió utilizando el módulo FLOW de DELFT3D. La malla de este modelo consistió en una grilla estructurada con 320,000 celdas de 10x10 m para el estuario. En la condición límite occidental, se usaron

cinco conjuntos de datos de niveles de agua en series de tiempo de cada 30 minutos para los días 16 y 17 de agosto. Esa información se extrajo del modelo de propagación de onda anterior (WAVE). La descarga del río Piura utilizada en este modelo varió entre 95 y 125 m³/s. Las condiciones de contorno empleadas para las fronteras sur y norte fueron las velocidades de la corriente de agua en dirección sur a norte siguiendo los resultados de la propagación de la onda precursora. Este modelo fue calibrado usando datos de velocidad observados en CS-1 (Ver Figura 1).

Discusión

El modelo de propagación de olas muestra que los niveles de agua en la desembocadura del estuario varían en un rango de ± 0.82 m. Por otro lado, las corrientes pronosticadas mostraron una tendencia en dirección sur a norte, debido a lo cual una gran parte de la descarga está en la dirección norte. Sin embargo, muy cerca del margen izquierdo de la boca, las líneas actuales generan una recirculación hacia el sur. La boca del estuario de Virrilá es una zona altamente dinámica, ya que funciona como una estructura de transición natural que en su punto más estrecho alcanza una longitud aproximada de 250 m. y se expande rápidamente en el estuario hasta los 2 km. Esto hace posible que pueda transportar caudales elevados a una gran velocidad en bajamar y hace además que el efecto del océano sobre el estuario sea influenciado predominantemente sólo por las mareas y las olas.

Conclusiones

Los resultados muestran que los patrones de recirculación están influenciados principalmente por la propagación de las olas (oleaje y marea). Este último aspecto se debe al estrechamiento del canal en la desembocadura del estuario que actúa como una estructura de protección natural que impide el tránsito de corrientes oceánicas al estuario. El sistema de corrientes oceánicas en la bahía de Sechura tiene una dirección sur-norte y no afecta la dinámica de transporte escalar del interior del estuario. El modelo presentado en este trabajo mostró que el balance de masa es negativo, lo que significa que cuando el nivel del agua baja, grandes cantidades de agua son expulsadas hacia el océano, en dirección opuesta a las corrientes oceánicas que se muestran en el modelo de propagación de ondas y la hidrodinámica del modelo.

Referencias

- Carter, R.** (1988). Coastal Environments. Academic Press, London (671 pp.).
- Blott, S., Pye, K., van der War, D., Near, A.** (2006). Long term morphological change and its causes in the Mersey Estuary, NW England. *Geomorphology* 81 (1–2), 185–206.
- Boothroyd, J.** (1978). Mesotidal inlets and estuaries. In: Davies, R. (Ed.), Coastal Sediment Environments. Springer, New York, pp. 287–360.
- McDowell, D.M., O'Connor, B.A.,** (1977). Hydraulic Behaviour of Estuaries. Macmillan Press, Ltd., London, England.
- Thomas, C., Spearman, J., Turnbull, M.** (2002). Historical morphological change in the Mersey Estuary. *Continental Shelf Research* 22 (11–13), 1775–1794.
- Deltares 1,** (2014). Delft3D-FLOW User Manual. The Netherlands, 3.5 ed.
- Deltares 2,** (2014). Delft3D-WAVE User Manual. The Netherlands, 3.5 ed.