

ANÁLISIS DE CIRCULACIÓN EN ESTUARIOS

José Antonio González Vázquez, Erika Hernández Vivar y Marco Antonio Jacobo Villa

Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco no.186, Col. Vicentina. C.P.09340, CDMX, México.
E-mail: jgonzalezv@xanum.uam.mx; vivarerika25@gmail.com; majv@xanum.uam.mx

Introducción

A continuación, se describe el análisis que se realiza a un estuario para mitigar su deterioro, debido a los efectos antropogénicos. El sistema hidráulico Estero-Laguna Grande-Mandinga está localizado entre las coordenadas $18^{\circ} 58'$ y $19^{\circ} 06'$ de latitud norte y $96^{\circ}01'$ y $96^{\circ}08'$ longitud oeste, en Boca del río, en el Estado de Veracruz, México. Es un sistema compuesto por dos lagunas costeras, bastante someras, intercomunicadas entre ellas con orientación norte-sur y están asociadas al Río Jamapa, arroyo Moreno y al mar, hacia el noroeste las lagunas se separan del mar por una barrera de médanos. Este sistema tiene dentro de sus problemáticas la falta de circulación en la laguna Grande-Mandinga, azolve y problemas de calidad de agua por falta de circulación de sistema. (Figura 1)

Caracterización de la zona

En términos generales, la laguna Grande-Mandinga es salobre ya que recibe agua proveniente del río y del mar por medio de la marea. Por sus características hidrológicas y ecológicas, son áreas con hábitats ricos en nutrientes, que además manifiestan variaciones estacionales significativas. La dinámica del sistema, que gradualmente cambia, cuando es de forma natural es fundamental para la producción ostrícola y pesquera primaria, así como para mantener la salud del sistema.

En el litoral del estado de Veracruz, el tipo de mareas es diurno o mixto, su amplitud fluctúa entre 0.5 y 0.7 m y se debe principalmente a la interacción entre la onda mareal y la topografía dominante, los meses en que se registran las pleamares máximas son de octubre y noviembre (de 0.71 a 0.75 m), y las bajamares mínimas en junio a julio (de 0.56 a 0.63 m), para Veracruz, Veracruz.

El sistema está formado por dos lagunas, laguna grande y laguna chica de Mandinga, respectivamente. El comportamiento de la profundidad en el sistema, muestra gran variabilidad debido a las malas políticas de dragado, en algunos lugares se ha acumulado sedimento, formando estratos con velocidad y contenido de salinidad variada, poca circulación y deterioro del ecosistema.

La laguna Chica Mandinga es una laguna de 1.72 km^2 y un perímetro de 5.13 km, en la entrada de la laguna existe una profundidad de hasta 2.2 m, mientras que en su interior la profundidad máxima es de 0.9 m.

La laguna Grande Mandinga es una laguna de 16.24 km^2 y un perímetro de 17.13 km, su profundidad promedio es de 0.8 m, cuenta con tres barras generadas por la acumulación de sedimento, en donde la profundidad es solo de 0.1m.

El río Jamapa es el cauce principal del sistema, en época de estiaje tiene un gasto medio de $17.2 \text{ m}^3/\text{s}$ y en época de lluvias de $135.7 \text{ m}^3/\text{s}$, este río ha alcanzado valores de hasta $1072 \text{ m}^3/\text{s}$ debido a fenómenos extremos con el huracán Karl en 2010.

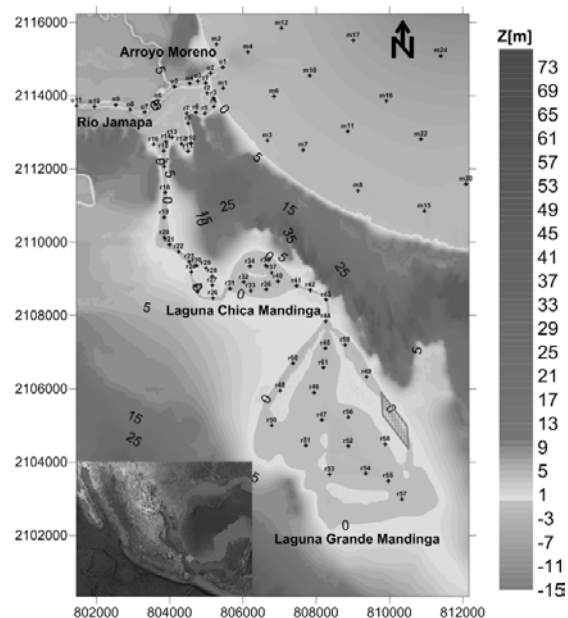


Figura 1.- Sitio de estudio (+, indican puntos de registro en el modelo).

Problemática

Los cambios antropogénicos han generado un desequilibrio en el sistema, afectando la vida acuática, la circulación interior y un riesgo preocupante para la producción pesquera y ostrícola. Este sistema se ha afectado por el cambio de uso de suelo, el reparto agrario, dragados incorrectos, las mejoras en las vías de acceso, el incremento a la actividad turística y desarrollos habitacionales.

Los principales peligros para la existencia de las lagunas es la modificación de su circulación interior por el dragado incorrecto o el desvío de cauces naturales de los ríos. Una parte esencial es la tendencia del transporte de sedimento y como afecta la condición dinámica del sistema con una disminución de la circulación del agua, concentración salina, circulación de contaminantes antrópicos y en general un cambio desfavorable hacia el ecosistema.

De la importancia de estas zonas es necesaria su investigación y estudio. Parte del conocimiento para caracterizar y comprender entonces un sistema de este tipo consiste en mediciones en campo para registrar condiciones de salinidad, marea, velocidades de flujo, gastos, batimetrías, como lo desarrollado por: Carlin et al. (2016); Xu et al. (2017). Para caracterizar por completo el fenómeno y su funcionamiento es necesario realizar una modelación numérica, tal que pueda considerar las variables más importantes del sistema como: salinidad, descarga del río, marea, cambios de densidad. Por lo cual deberá integrarse algún modelo que cumpla con estas condiciones. Ejemplos de estos trabajos son los desarrollados por: Maio et al. (2016); Shope et al. (2017).

El objetivo principal entonces consiste en establecer el comportamiento hidrodinámico y el transporte de sedimentos de la laguna, para generar medidas de recuperación y prevención, tal que favorezca a la población y prolongue la vida útil del sistema.

Análisis hidrodinámico

Recientemente se han generado diferentes modelos numéricos, que pretenden reproducir el comportamiento hidrodinámico. Para el análisis de ríos, transporte de sedimentos, modelaciones de ondas largas, los modelos numéricos que más se han desarrollado y empleado son los que resuelven las ecuaciones de aguas someras. La condición de aguas someras, considera que la relación de longitud de onda que se propaga entre la profundidad es mucho mayor la longitud de onda, esto implica que puede considerarse una velocidad constante sobre la vertical sin afectar el resultado. Estos modelos pueden ser extendidos al transporte de sedimentos y por lo tanto caracterizar el sistema de una forma adecuada. Así, las lagunas pueden ser consideradas elementos con poca profundidad en relación a las ondas de marea, a las fuerzas generadas por el oleaje y a las velocidades del flujo; y con esto que la aplicación de las ecuaciones de aguas someras es adecuada, como ya se han realizado en casos de análisis como en: Song et al. (2011), Cea & Vázquez-Cendón (2010), Bladé et al. (2014). Sin embargo, parte del estudio deberá considerar la intrusión salina en la entrada a la laguna y la interacción entre la descarga del río y el mar, por lo que el cambio de densidad será fundamental para establecer los perfiles de velocidad sobre la vertical y esto no es posible si consideramos un modelo promediado en la vertical. De tal forma esta condición será esencial para el comportamiento del sedimentos y las condiciones de salinidad y circulación. Se propone usar para este estudio un modelo numérico que considere la intrusión salina y que varíe en la vertical, es decir, un modelo 3D, considerando el uso de software reciente, se propone implementar el modelo DELFT3D (Deltares, 2012).

Alcances

Los primeros casos de simulación numérica del sistema, corresponden a una condición de análisis de mareas.

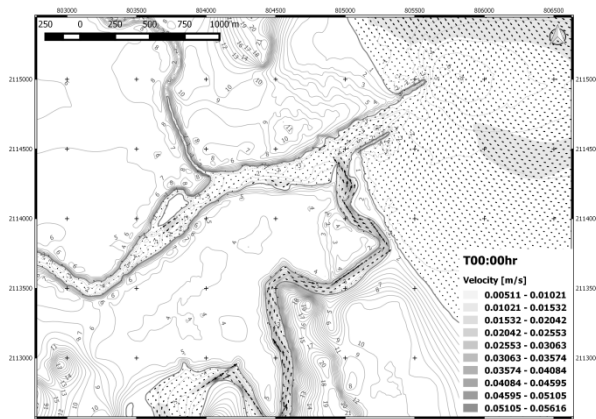


Figura 2.- Componentes del velocidad a 20% del fondo para las 00:00 hr.

Las condiciones de análisis de marea establece las mayores longitudes de intrusión salina dentro de la laguna, así como sus velocidades. En los primeros resultados ha demostrado un comportamiento de poca circulación salina dentro del sistema, debido a los bajos valores de velocidad (Figura 2). Así también la variación al interior de la laguna grande Mandiga, muestra una variación pequeña como resultado de

los movimientos de la marea.

La figura 3, indica la variación de la superficie libre en diferentes puntos de control, a través del tiempo, teniendo como único forzante, los efectos de marea. Los resultados indican la poca variación en el sistema de lagunas con elevaciones apenas mayores a los 15cm.

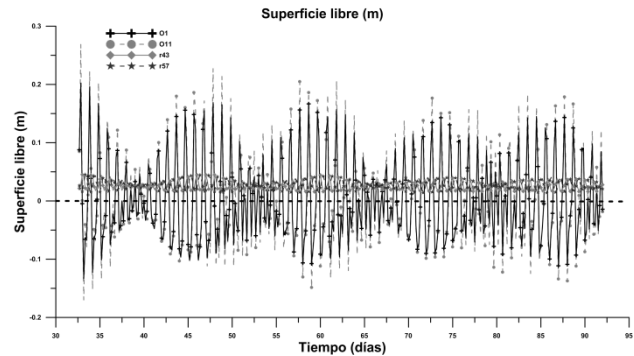


Figura 3.- Evolución de la superficie libre para tres puntos de control.

Referencias

- Bladé, E., Cea, L., Corestein, G., Escolano, E., Puertas, J., Vázquez-Cendón, E., Dolz, J. & Coll, A. (2014). "Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos". *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería* 30(1), 1–10.
- Carlin, J. A., Lee, G.-h., Dellapenna, T. M. & Lavery, P. (2016). "Sediment resuspension by wind, waves, and currents during meteorological frontal passages in a micro-tidal lagoon". *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 172, 24–33.
- Cea, L. & Vázquez-Cendón, M. E. (2010). "Unstructured finite volume discretization of two-dimensional depth-averaged shallow water equations with porosity". *International journal for numerical methods in fluids* 63(8), 903–930.
- Deltares, 2012. "User manual Delft3D-FLOW", *Deltares, Delft*: 676 pp.
- Maio, C. V., Donnelly, J. P., Sullivan, R., Madsen, S. M., Weidman, C. R., Gontz, A. M. & Sheremet, V. A. (2016). "Sediment dynamics and hydrographic conditions during storm passage, waquoit bay, Massachusetts". *Marine Geology* 381, 67–86.
- Shope, J. B., Storlazzi, C. D. & Hoeke, R. K. (2017). "Projected atoll shoreline and run-up changes in response to sea-level rise and varying large wave conditions at wake and midway atolls, northwestern Hawaii an islands". *Geomorphology* 295, 537–550.
- Song, L., Zhou, J., Guo, J., Zou, Q. & Liu, Y. (2011). "A robust well-balanced finite volume model for shallow water flows with wetting and drying over irregular terrain". *Advances in Water Resources* 34(7), 915–932.
- Xu, F., Coco, G., Zhou, Z., Tao, J. & Zhang, C. (2017). "A numerical study of equilibrium states in tidal network morphodynamics". *Ocean Dynamics*, 1–15.