

Modelado de Ecosistemas

Eduardo Pardo Martínez, Javier Gilabert

Departamento de Ingeniería Química y Ambiental,
Universidad Politécnica de Cartagena, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena (Murcia)
Grupo de Investigación "Ecosistemas"

Resumen. *A partir de los ecosistemas estudiados por esta área, se pretende validar como los modelos numéricos pueden servir como herramienta para la elaboración de estudios de predicción. El Delta del Ebro y la laguna del Mar Menor son dos ecosistemas muy importantes desde puntos de vista económico y ambiental. Desarrollando modelos hidrodinámicos y calibrándolo con datos reales de campañas y de históricos, se pueden plantear diferentes escenarios para el estudio de la cuña salina del Delta del Ebro y la tasa de renovación de agua del Mar Menor.*

1 Introducción

Los ecosistemas de transición entre la tierra y el mar tienen una gran importancia ecológica y socio-económica. Son altamente dinámicos con significantes gradientes de salinidad, en los cuales se producen importantes procesos, físicos y biológicos ([1] Morris *et al.*, 1995). Su particular estructura en forma de gradiente físicos y químicos producen un alto dinamismo en la distribución de parámetros, como materia disuelta, dispersión de contaminantes, nutrientes, fitoplancton, zooplancton y larvas de otros organismos ([2] Jouanneau and Latouche, 1982). Un uso sostenible de estos ecosistemas proporcionará a largo plazo un saludable sistema ecológico que repercutirá en la economía local, sin embargo estos criterios de sostenibilidad muchas veces no se aplican, o no son claramente comprendidos ([3] Gönenc and Wolflin, 2005).

En el Mediterráneo español dos ecosistemas emblemáticos son el Delta del Ebro y el Mar Menor. En el delta del Ebro se configura una cuña salina caracterizada por un alto grado de estratificación de la columna de agua formado entre las continuas descargas de agua dulce del río, y el agua salada del mar. El Mar Menor es una laguna costera hipersalina con una dinámica muy diferente donde también se aglutinan un elevado número de intereses naturales y socio-económicos como la agricultura, el turismo, la industria pesquera y actividades de recreo.

Como ejemplo del potencial que presentan las herramientas de modelado de ecosistemas se han elegido estos dos ecosistemas como lugares de estudio piloto para el desarrollo de técnicas de predicción basadas en modelos hidrodinámicos, herramienta indispensable para este objetivo. En el caso del delta del Ebro, se ha elegido como ejemplo en este estudio, el comportamiento de la pluma salina, mientras que en el Mar Menor, la tasa de renovación de agua con el Mediterráneo adyacente.

2. Áreas de Estudio

El Ebro tiene 928 km de longitud. La media de descarga anual ha decrecido desde $592 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ al comienzo del siglo pasado a $424 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ en los últimos 30 años, como resultado del intensivo uso del agua en su cuenca. Es el río mediterráneo más importante de España, formando un delta con un área de 320 km^2 , el 77% del área total es dedicado a la agricultura, mientras que el resto es ocupado por espacios naturales. El delta lo forma unos 35 km de río con una media de profundidad de 6,8 m y una media de anchura de 237 m. ([4] Ibáñez *et al.* 1996).

El Mar Menor es una laguna costera hipersalina, con una superficie de 135 km^2 y un perímetro de 59,51 km. Tiene una profundidad media de 3,6 m y una máxima de 6,0 m. La Manga es una barrera de arena de 22 km de longitud y entre 100 y 900 m de ancho, que hace de separación entre la laguna y el Mar Mediterráneo. Es atravesado por tres canales principales de comunicación con el mar abierto, Marchamalo, El Estacio y Las Encañizadas ([5] Pérez-Ruzafa *et al.* 2005).

El rango de mareas en ambos casos, Ebro y Mar Menor, es muy bajo, con valores de $\sim 20 \text{ cm}$.

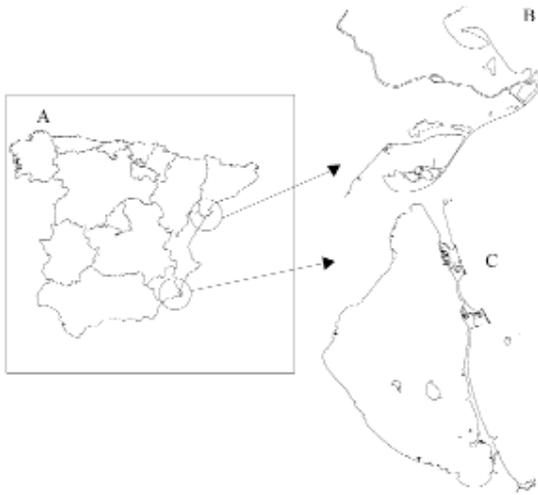


Fig. 1. A. Mapa de España mostrando la situación del delta del Ebro y la laguna del Mar Menor. B Mapa general del delta del Ebro. C Mapa general del Mar Menor.

3. Materiales y Métodos

Para el estudio de la pluma del Ebro se llevó a cabo una campaña en el delta durante el verano de 2008. En dicha campaña se obtuvieron datos de concentración salina y temperatura, ver Fig. 2. En cada muestreo fueron identificadas dos capas bien estratificadas, de agua dulce y agua salina, así como en la profundidad que se encontraba la interfase. Otros parámetros, como concentración de oxígeno disuelto, clorofila y turbidez, fueron también medidos para futuros estudios. Los datos de marea fueron tomados del histórico comprendido en esas fechas.

En el Mar Menor para estimar la tasa de renovación entre la laguna y el mar Mediterráneo se obtuvieron datos históricos de velocidad de viento y nivel de marea de la zona de estudio, entre dos años consecutivos. También se obtuvieron los valores de velocidad del agua en el canal del Estacio, por los datos suministrados por un correntómetro durante la toma de datos.

Para el estudio de ambas zonas se utilizó un programa de modelado hidrodinámico. Mohid es un programa baroclino de elementos finitos, diseñado para modelar costas y estuarios ([6] Martins *et al.* 2001), permitiendo aplicaciones al delta del Ebro donde la estratificación y mezcla de agua, y una compleja topografía son condiciones importantes. Al igual que para el caso del Mar Menor, donde las áreas de inundación ó secado y la integración de parámetros de velocidad del viento y mareas, son factores que definen el sistema.

El modelo

Delta del Ebro: El modelo pretende simular el comportamiento dinámico de la pluma de agua salina entrando en el delta. Para ello se parte de una malla de 100×100 m con una discretización espacial de cuatro capas de coordenadas cartesianas y una capa de coordenadas sigma, siendo un modelo en 3-D. El cauce del río es impuesto como límite del contorno y se le aplican los aportes de descarga de caudal de agua dulce. En los límites del mar abierto, el nivel del mar es impuesto por el armónico de mareas.

Mar Menor: Se modela los flujos de entrada y salida de agua, entre el Mediterráneo y la laguna, para poder estimar una tasa de renovación de agua en su interior. Estos flujos se producen en los canales de Marchamalo, Estacio y Las Encañizadas. Para ello se parte de una malla de resolución 100×100 m con una discretización vertical de coordenadas sigma de una sola capa, siendo una simulación en 2-D. El nivel del mar es impuesto desde el análisis del armónico de mareas, efecto de la presión atmosférica y el del viento sobre el mar.

En ambos casos Mohid resuelve las siguientes ecuaciones: Ecuaciones de continuidad, ecuaciones de Navier-Stokes, ecuaciones de transporte y ecuaciones de estado, que dan la dependencia que hay entre la densidad, la temperatura y la salinidad ([7] Leendertsee 1978).

4. Resultados

En la Fig.2 se muestra un perfil longitudinal del estuario del Ebro, el eje de coordenadas x, mide la distancia desde la desembocadura a tierra adentro. La figura representa la posición de la pluma en el delta, medido durante la campaña, donde en función del caudal de descarga del río, la posición de la pluma salina varía. Se observan dos capas de agua bien diferenciadas, una menos densa, la formada por el agua del río, que se desplaza por encima y en la misma dirección, pero en sentido contrario que la pluma de agua marina, que es más densa y que entra en las capas profundas del río en forma de cuña.

Una secuencia de la simulación de la tasa de renovación del Mar Menor, calculada por el modelo, se muestra en la Fig.3. Donde los flujos de entrada y salida de intercambio de agua en los canales, se ve influenciado por las mareas y los vientos. A través de una escala de grises, se ve la mezcla entre las dos masas de agua, Mediterráneo-Mar Menor, pudiendo estimar el tiempo, de la simulación, suficiente para renovar todo el volumen de agua de la laguna con agua del Mediterráneo, es decir, cuando la mezcla ya es de un 100%.

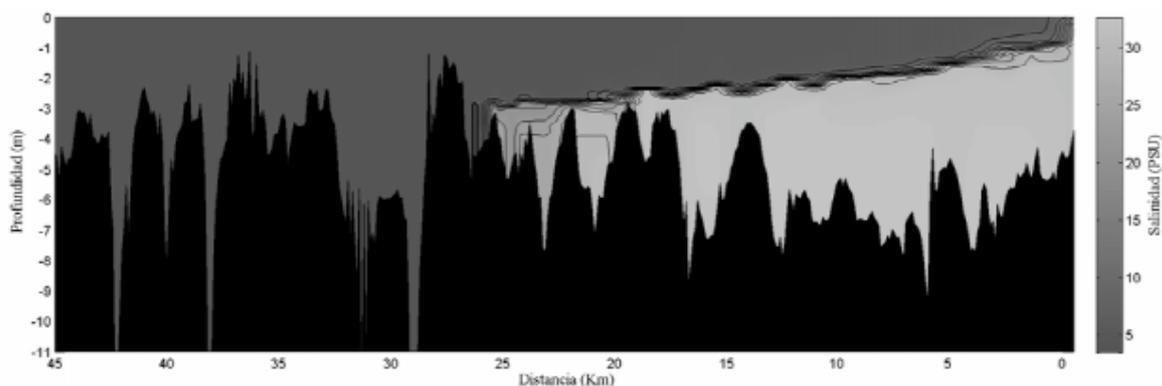


Fig. 2. Gráfica del contorno de la salinidad en el Delta del Ebro, obtenida en el muestreo del día 15/Mayo/2008.

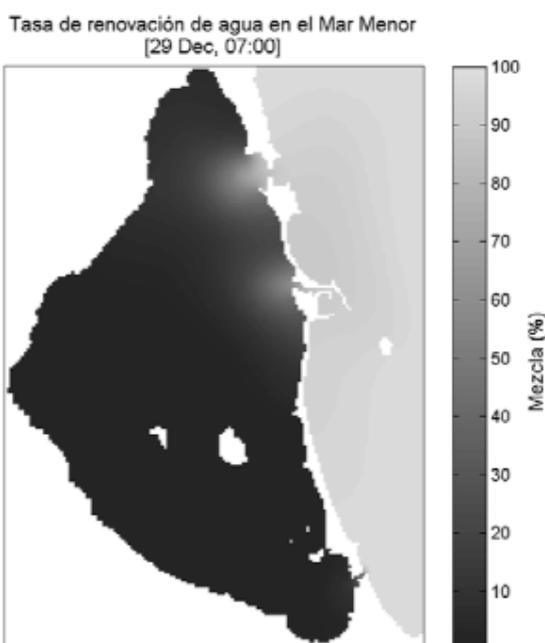


Fig. 3. Imagen de una secuencia de la simulación, realizada por el programa Mohid, de la tasa de renovación de agua entre el Mar Menor y el Mediterráneo.

Referencias

- [1] A. W. Morris, J.I. Allen, R. J. Howland and R. G. Wood. "The estuary plume zone: source or sink of land-derived nutrient discharges?". *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 40: 387-402 (1995).
- [2] J. M Jouanneau, and C. Latouche. "Estimation of fluxes to the ocean from mega-tidal estuaries under moderate climates and the problems they present". *Hydrobiologia*, 91: 23-29 (1982).
- [3] I. Ethem and J. P. Wolflin. "Coastal Lagoons". ISBN: 1-56670-686-6 (2005).
- [4] C. Ibañez, N. Prat, and A. Canicio. "Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro River and its estuary". *Regul.Rivers* 12: 51-62 (1996).
- [5] A. Pérez-Ruzafa, C. Marcos Diego, and J. Gilabert. "Coastal Lagoons". Chapter 9.3. en Ethem, I. and J. P. Wolflin (Eds.). "Coastal Lagoons". ISBN: 1-56670-686-6 (2005).
- [6] F. Martins, P. Leitao, A. Silva, and R. Neves. "3D modelling in the Sado estuary using a new generic vertical discretisation approach". *Oceanologica Acta.* 24: 1-12 (2001).
- [7] J. J. Leendeertse, and S. K. Liu. "A three-dimensional turbulent energy model for non-homogeneous estuaries and coastal sea systems". In *Hydrodynamics of Estuaries and Fjords* (Nihoul, J.C.J. Ed.). Elsevier Publ. Co., Amsterdam 387 405 (1978).