

Introducción

Los Lombos del Ulla son una formación natural de bancos de arena situada en la desembocadura del Río Ulla, en la Ría de Arousa.

La extracción de arena está prohibida, por motivos ecológicos, desde hace décadas. A finales del siglo XX se observó un descenso de la productividad marisquera que se atribuía al posible estancamiento de agua dulce, originado por la acumulación de acarreos fluviales.

En 2002 la Consellería de Pesca de la Xunta de Galicia se propuso definir un plan de protección especial. En este marco, se contempló inicialmente la posibilidad de realizar un dragado general. Como efecto colateral (y beneficioso) el dragado general permitiría mejorar las condiciones de navegación, aunque para alcanzar este objetivo bastaría con dragar un canal preexistente, con un coste muy inferior.



Este proyecto de investigación se realizó con el fin de evaluar las posibles consecuencias del dragado antes de llevarlo a cabo.

Modelo Numérico

Para modelar los fenómenos físicos involucrados se plantea un sistema acoplado de ecuaciones diferenciales integrado por:

- las **ECUACIONES HIDRODINÁMICAS** (que describen la evolución del calado y del campo de velocidades) y
- la **ECUACIÓN DEL TRANSPORTE POR CONVECCIÓN-DIFUSIÓN** (que describe la evolución del nivel de salinidad).

Estas ecuaciones, particularizadas para aguas poco profundas, se pueden escribir en forma conservativa como:

$$\mathbf{u} = \begin{Bmatrix} h \\ hv_x \\ hv_y \\ hc \end{Bmatrix}, \quad \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \frac{\partial \mathbf{F}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{F}_y}{\partial y} = \mathbf{R}^S + \frac{\partial \mathbf{R}_x^D}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{R}_y^D}{\partial y}$$

$$\mathbf{F}_x = \begin{Bmatrix} hv_x^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - H^2) \\ hv_x v_y \\ hc v_x \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{F}_y = \begin{Bmatrix} hv_y^2 + \frac{1}{2}g(h^2 - H^2) \\ hv_x v_y \\ hc v_y \end{Bmatrix},$$

$$\mathbf{R}^S = \begin{Bmatrix} 0 \\ fhv_y + g(h-H)\frac{\partial H}{\partial x} + \tau_x \rho^{-1} - n^2 g h^{-1/3} |\mathbf{v}| v_x \\ -fhv_x + g(h-H)\frac{\partial H}{\partial y} + \tau_y \rho^{-1} - n^2 g h^{-1/3} |\mathbf{v}| v_y \\ 0 \end{Bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_x^D = \begin{Bmatrix} 0 \\ 2h\mu\rho^{-1}\frac{\partial}{\partial x}v_x \\ h\mu\rho^{-1}\left(\frac{\partial}{\partial x}v_y + \frac{\partial}{\partial y}v_x\right) \\ h\gamma\frac{\partial}{\partial x}c \end{Bmatrix}, \quad \mathbf{R}_y^D = \begin{Bmatrix} 0 \\ h\mu\rho^{-1}\left(\frac{\partial}{\partial x}v_y + \frac{\partial}{\partial y}v_x\right) \\ 2h\mu\rho^{-1}\frac{\partial}{\partial y}v_y \\ h\gamma\frac{\partial}{\partial y}c \end{Bmatrix}.$$

El modelo se completa con las **CONDICIONES DE CONTORNO** siguientes:

- En el Río Ulla (flujo supercrítico): $h \mathbf{v} = -\mathbf{q}_R; \quad c = 0.$
- En el Océano (flujo subcrítico): $z = z_M(t) + \Delta z_M; \quad c = c_M.$
- En las orillas: $h \mathbf{v}^T \mathbf{n} = 0; \quad h \text{grad}^T(c) \mathbf{n} = 0.$

Autores

F. Navarrina (UDC) I. Colominas (UDC)
M. Casteleiro (UDC) L. Cueto-Felgueroso(UDC-MIT)
H. Gómez (UDC) J. Fe (UDC)
A. Soage(UDC)

De esta forma se tienen en cuenta la subida y bajada de la marea, el caudal de agua dulce aportado por los ríos y la acción de los vientos, entre otros fenómenos importantes.

EL PROBLEMA SE RESUELVE MEDIANTE EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS CON LA FORMULACIÓN DE TAYLOR-GALERKIN DE 2.º ORDEN.

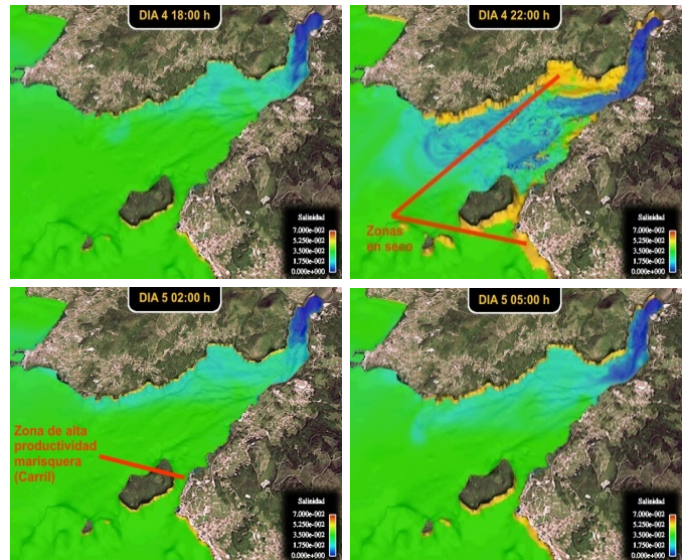
La implementación contempla la posibilidad de que el fondo marino (en las zonas intermareales) quede al descubierto al bajar la marea.

Se simuló el comportamiento de la Ría de Arousa en su totalidad con el doble fin de imponer las condiciones de contorno correspondientes al mar abierto a suficiente distancia de la zona de interés, y considerar la influencia de todo el estuario sobre los Lombos.



Resultados

Las simulaciones correspondientes al estado actual muestran que la salinidad decrece durante las mareas muertas (debido a la aportación continua de agua dulce del río) y se recupera durante las mareas vivas (debido a la aportación periódica de agua salada del mar).



En concordancia con lo anterior, las simulaciones correspondientes al dragado general, pronostican un drástico descenso de la salinidad.

Se concluye que el vaciado periódico (y casi completo) de los Lombos durante las mareas vivas constituye un proceso esencial para mantener un nivel de salinidad medio adecuado en la zona, por lo que un dragado general podría haber producido un desastre medioambiental y económico sin precedentes.

Los resultados de las simulaciones también se han mostrado útiles para predecir la migración de las colonias de bivalvos (en búsqueda de mejores niveles de salinidad) y otros propósitos prácticos.