

## ESTUDIO DEL ESTUARIO Y PLUMA DEL RIO MIÑO UTILIZANDO IMAGENES LANDSAT-TM Y ERS-1

J.M. Torres, I.M. Bravo, J. Martín, L. Fernandes

Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. Dep. de Física  
Aplicada. U. de Vigo.

**Resumen:** En el estuario del río Miño se han producido en los últimos años cambios en su caudal y sedimentación, debido a la construcción de embalses en su cauce, al desarrollo turístico de la zona, y al incremento de población y actividad industrial en los márgenes del río. En este trabajo se estudian estos cambios utilizando imágenes LANDSAT-TM y ERS-1 así como mapas batimétricos de la zona.

### INTRODUCCION

El estuario del río Miño se encuentra ubicado en la costa atlántica de la península Ibérica a 41 52' latitud Norte y 8 52' longitud O, separando las regiones de la zona norte de Portugal, de la región española de Galicia. La construcción de embalses en el cauce del río ha provocado la disminución paulatina del caudal, lo que repercute en una mayor sedimentación en el interior del estuario. En 1994 se inaugura una línea de ferry entre ambas orillas dentro del estuario, como consecuencia del interés turístico de la zona. Es por ello que surge la necesidad de drenar la zona cada cierto tiempo debido al aumento de las deposiciones sedimentarias.

Los sensores espaciales aportan valiosa información para la comprensión de los fenómenos de circulación y sedimentación estuárica [2]. En el estudio realizado, utilizando imágenes del sensor Thematic Mapper de Landsat, se observan los cambios en las zonas de sedimentación entre los años 1991 y 1995, en los que se aprecia el citado canal de dragado. La banda 6 del Landsat muestra una pluma térmica del río que se referencia junto con la batimetría de la zona. La imagen radar del ERS-1 da idea de la circulación del estuario, las zonas de remanso y las corrientes en la desembocadura.

### METODOLOGIA

Se han utilizado las bandas número 1, 2, 3 y 6 del sensor Thematic Mapper de Landsat para la imagen de 1991 y las bandas 1, 2 y 3 de la imagen de 1995. Los rangos espectrales son respectivamente 1: 0.45-0.52  $\mu\text{m}$ , 2: 0.52-0.60  $\mu\text{m}$ , 3: 0.63-0.69  $\mu\text{m}$  y 6: 10.4-12.5  $\mu\text{m}$ . Se

asume que la radiación recibida por el sensor en la longitud de onda  $\lambda$ ,  $L_T(\lambda)$ , viene dada por:

$$L_T(\lambda) = L_A(\lambda) + L_w(\lambda) \quad (1)$$

donde  $L_A(\lambda)$  es la radiancia debida a los efectos atmosféricos y  $L_w(\lambda)$  es la radiación procedente de la superficie.

La corrección atmosférica se realizó mediante la técnica de la corrección del histograma por sus valores mínimos [1], para cada una de las bandas. A continuación se calculó la componente principal de las tres primeras bandas y se enmascaró la cubierta terrestre de la imagen obtenida.

La imagen térmica fue obtenida a partir de la banda 6 del TM-Landsat, tras la aplicación de la máscara terrestre y la ampliación de contraste. La imagen SAR del ERS del año 1995 ha sido georreferenciada, y se le ha aplicado una máscara de cubierta terrestre.

La batimetría ha sido obtenida a partir de isobatas y puntos intermedios por el método de *minimum curvature* y los levantamientos 3D han sido realizados con la técnica de *ray tracing*, aplicada a superficies generadas con *B-splines* con herramientas generadas para tal fin [3]. La escala del relieve submarino está exagerada con respecto a la terrestre.

### RESULTADOS

Se ha dividido el estudio en dos partes. En primer lugar se ha estudiado la sedimentación de el estuario utilizando las tres primeras bandas de las imágenes procedentes del sensor TM-Landsat de los años 1991 y 1995.

La segunda parte del trabajo aquí presentado es el estudio de la pluma térmica y la circulación en la boca del estuario utilizando para ello, la batimetría y la imagen SAR del-ERS-1.

### Estudio de sedimentación:

En la Fig-1 se observa el estuario del Miño en los años 1991 (Fig.1a) y 1995 (Fig.1b ). En ambas imágenes se ha invertido el histograma, por lo que las zonas de sedimentación aparecen en tonalidades oscuras.

Del estudio comparativo se puede apreciar la existencia de un canal drenado en la segunda imagen entre los puntos A y B correspondientes a las localidades de A Guarda (puerto de A Pasaxe) y Camiña respectivamente.



Fig.1a

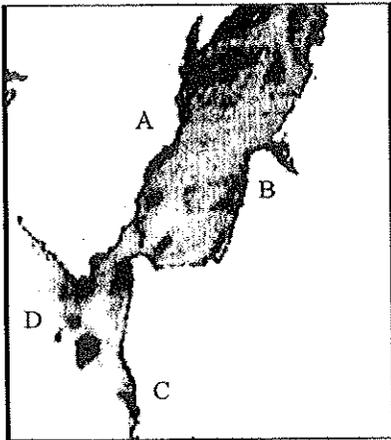


Fig.1b

Se puede ver el aumento de material sedimentario en la boca del estuario, produciendo un estrechamiento en la salida de las aguas del río. En la zona C de la Fig.1b también aumenta la sedimentación.

En la Fig.2 se aprecian los cambios en las zonas de acumulación correspondientes a las imágenes de 1991 y 1995. El canal fue drenado entre estos años, entrando en funcionamiento el citado ferry en 1996. La acumulación de sedimentos en la boca del estuario produce cambios en la circulación de entrada y salida de la marea. La barrera existente en D (Fig.1b) obliga a las aguas procedentes del río a buscar salida hacia el mar, formando varias plumas como se verá en la segunda parte de este trabajo.

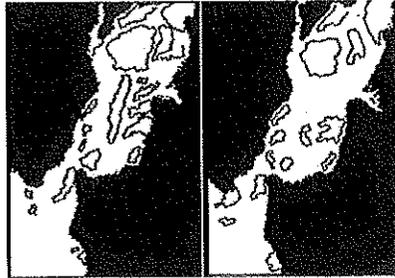


Fig.2

### Estudio de la Pluma del río Miño

La pluma térmica del río Miño puede apreciarse en la Fig.3 donde, debido a la acumulación de materiales por sedimentación en la boca del estuario, se forman dos plumas, una de dirección oeste y otra suroeste.

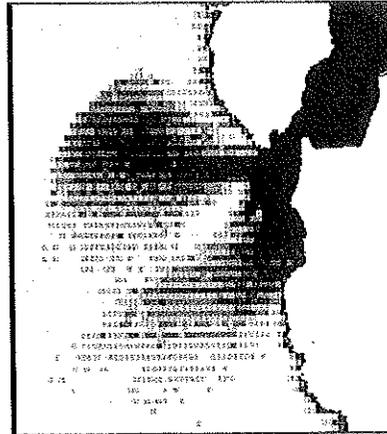


Fig.3

La imagen térmica (Fig.3), procede de la banda 6 del TM-Landsat. Se le aplicó una máscara terres-

tre y tras una ampliación de contraste, se ha invertido el histograma, de ahí que las tonalidades oscuras correspondan a aguas más cálidas procedentes del río.

Se ha superpuesto la pluma térmica de la banda 6, con tonalidades claras, sobre la imagen obtenida a partir de las tres primeras bandas del sensor TM (Fig.4). A continuación se estudia la batimetría de la boca del estuario (Fig.5), lo que aportó valiosa información sobre el patrón de circulación existente.

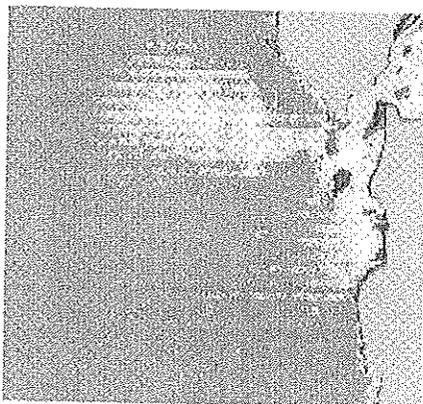


Fig.4

En la imagen anterior se pueden apreciar las islas *Insua Vella* e *Insua Nova* en tonos gris oscuro, en la boca de el estuario, al igual que la flecha arenosa que aparece en el estrechamiento de la costa sur de la desembocadura. Estas zonas de sedimentación, junto con el canal principal que aparece en la imagen del levantamiento batimétrico de las Fig.5 y 6, dan idea de la circulación existente en la zona.

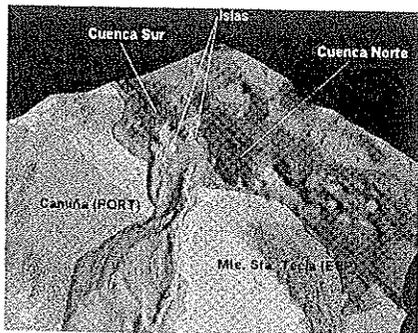


Fig.5

Las dos plumas térmicas de las Fig.3 y 4 se corresponden con el relieve submarino de la

Fig.5, donde se aprecian dos cuencas batimétricas situadas al norte y sur de las citadas islas. También se observa un canal de salida hacia la cuenca sur situado frente a las costas portuguesas.

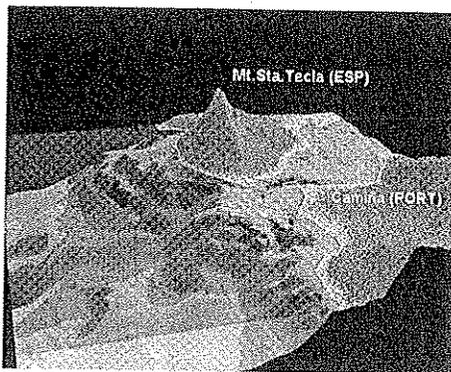


Fig.6

En la Fig.5 aparecen los canales de circulación dentro del estuario que se corresponden con los existentes en la imagen TM-Landsat de la Fig.1.

La imagen radar procedente del sensor SAR del ERS-1 es de gran interés para el estudio de circulación (Fig.7). En ella se distinguen los canales mencionados anteriormente. Entre las islas y el estuario aparece una zona de menor tonalidad. Esta puede corresponderse con la existencia de un vórtice horario que explicaría la pluma hacia el oeste (Fig.3 y 4).

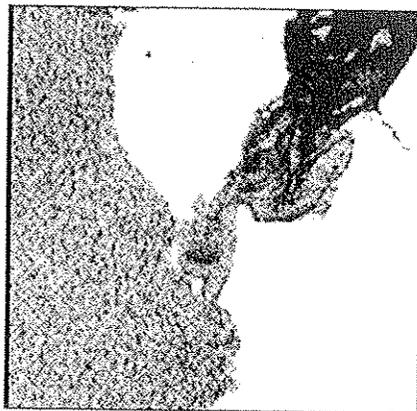


Fig.7

Esto está en concordancia con el canal batimétrico frente a las costas portuguesas, tal y como se aprecia en la Fig.5.

## CONCLUSIONES

Las imágenes obtenidas del sensor TM-Landsat son de gran utilidad para estudiar la distribución del material sedimentario [4][5] y los cambios producidos por el drenaje del canal del ferry, entre las localidades de Camiña (Portugal) y A Guarda (Galicia).

La banda térmica del TM-Landsat aporta valiosa información sobre la circulación existente en la boca del estuario, con la presencia de dos plumas que se corresponden con la batimetría de la zona.

La imagen radar revela la existencia de un vórtice horario a la salida del estuario que explica la existencia de la pluma oeste y el canal batimétrico portugués.

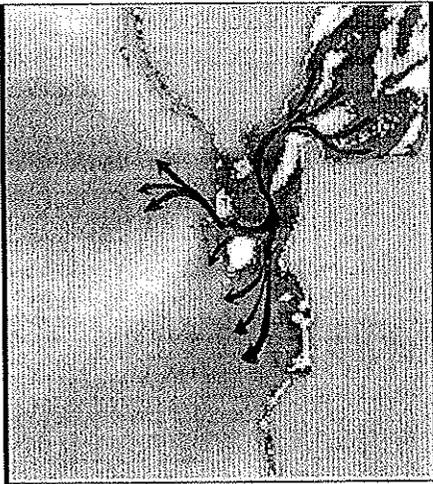


Fig.8

La Fig.8 es una superposición de la imagen térmica y la obtenida con las tres primeras bandas del TM. Las zonas con tonalidades claras se corresponden con las islas y áreas de sedimentación, mientras que las zonas con tonos oscuros corresponden a la pluma térmica del estuario. Las flechas negras indican la circulación existente, tal y como se deduce de la batimetría (Fig. 5 y 6), las áreas de sedimentación (Fig. 1), la pluma térmica (Fig.3 y 4) y la imagen radar del sensor SAR / ERS-1 (Fig. 7).

## BIBLIOGRAFIA

- [1] J.B. Campbell, "Introduction to remote sensing", ed. The Guilford Press, New York, 1987.
- [2] A.P. Cracknell, N. MacFarlane, K. McMillan, J.A. Charlton, J. McManus, K.A. Ulbricht, "Remote sensing in Scotland using data received from satellites. A study of the Tay Estuary region using Landsat multispectral scanning imagery", Int. J. Remote Sensing, vol. 3, n° 2, pp. 113-137, 1982.
- [3] Foley, Van Dam, Feiner, Hughes, "Computer graphics: principles and practice", ed. Addison-Wesley, 1996.
- [4] J.C. Ritchie, C.M. Cooper, F.R. Schiebe, "The relationship of MSS and TM digital data with suspended sediments, chlorophyll, and temperature in Moon Lake, Mississippi", Remote Sens. Environ., 33, pp.137-148, 1990.
- [5] B.G. Wagle, "Cover. Distribution and dispersion of turbid waters on the western continental shelf of India. An interpretation of LANDSAT images", Int. J. Remote Sensing, vol. 6, n° 11, pp. 1681-1684, 1985.