

COMPARACIÓN DE TÉCNICAS BASADAS EN EL TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES DE SATÉLITE PARA LA OBTENCIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA DEL DELTA DEL EBRO

I. RODRÍGUEZ

i.rodiguez@escet.urjc.es

CC. Ambientales, Universidad Rey Juan Carlos. C/ Tulipán s/n. Móstoles (Madrid).

RESUMEN: Uno de los mayores problemas que afrontan los investigadores de las áreas costeras a la hora de abordar estudios de evolución de la franja litoral es la delimitación exacta de la posición de la línea de orilla. En este trabajo se examinan cinco métodos basados en el tratamiento digital de imágenes del satélite SPOT de la zona correspondiente al Delta del Ebro, al objeto de determinar cual de ellos proporciona los mejores resultados para su uso posterior en estudios de cambio costero.

Palabras clave: Delta del Ebro, línea de costa, tratamiento digital, imágenes SPOT.

ABSTRACT: One of the biggest problems that investigators of the coastal areas confront when embrace evolution of the coast fringe studies is the exact delimitation of the shoreline position. In this work five methods based on the digital treatment of SPOT satellite images of the Ebro Delta are examined to determine which one provides better results for its later application in coastal change studies.

Key words: Ebro Delta, shoreline, digital treatment, SPOT images.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de evolución costera al implicar el análisis de zonas altamente modificables y en continuo cambio, requieren una actualización sucesiva de los cambios sufridos para evaluar de forma adecuada las tasas o tendencias evolutivas de la costa en cuestión y obtener de la forma más precisa posible una «foto» de su estado para poder plantear políticas de gestión y/o actuación. Las imágenes de satélite proporcionan una visión global y periódica de la superficie terrestre, permitiendo detectar rasgos ocultos al ojo humano, que con otras técnicas pasarían desapercibidos. Hasta hace poco tiempo, su uso no era recomendable para algunos proyectos de estudios de evoluciones históricas de líneas de costa, principalmente por la escala que presentan estas imágenes que, a veces, resulta muy baja para zonas de poca extensión. Actualmente existen imágenes multiespectrales tomadas desde plataformas aéreas que presentan una resolución espacial y temporal bastante buena para abordar estudios de evolución costera.

El principal objetivo de este trabajo es determinar una metodología que permita obtener los límites de la costa de una forma fiable, con el fin de utilizarlos en los estudios de evolución costera y de gestión del litoral.

El equipo de tratamiento de imágenes que se ha utilizado ha sido *ER-Mapper* versión 5.5 para Windows 95. Los resultados fueron integrados en el SIG Arc/Info para realizar el estudio de evolución costera.

ZONA DE ESTUDIO

El Delta del Ebro se ubica en la costa noreste española, entre las coordenadas UTM 4523000, 288000 y 4486000, 322000. Es el principal delta costero de la Península Ibérica y el tercero más importante del Mediterráneo, detrás del Nilo y del Ródano. Presenta unas características morfológicas y dinámicas que hacen que sea objeto de numerosos estudios centrados en obtener un conocimiento de los procesos que en él actúan y que condicionan su evolución.

El delta Holoceno del Río Ebro es un edificio que en su parte emergida ha progradado 26 km en dirección al mar y presenta una longitud de costa aproximada de 50 km. Es básicamente una llanura que no sobrepasa los 4 o 5 metros de altitud sobre el nivel del mar, cuya superficie emergida representa una extensión aproximada de 320 km², mientras que la superficie sumergida (prodelta) tiene una extensión aproximada de 2.172 km². El espesor máximo de sedimentos alcanza los 60 m en

cias en la repuesta espectral ofrecen un resultado que muestra el contraste entre las dos reflectividades (Campbell, 1996).

Una vez obtenida la imagen NDVI, se determinó el valor del ND del agua en cada una de las imágenes para proceder a su binarización. Para ello se tomaron varios puntos, los mismos para todas las imágenes, y especialmente en las zonas de aguas someras, donde el fondo tiene una gran influencia en el valor del ND.

Clasificación de imágenes

En el caso del Delta del Ebro se realizó una clasificación supervisada de la imagen. Para ello se delimitaron los campos de entrenamiento de forma que definirían perfectamente la clase a la que representan y en cada una de las bandas. El método utilizado posteriormente en la fase de asignación fue el de máxima probabilidad, por ser el más robusto de todos, a pesar de que es el que conlleva mayor tiempo de cálculo.

Para obtener la línea de costa se binarizaron las clasificaciones utilizando un algoritmo en el que se especificaba que si la clase pertenecía a la definida como agua somera o agua profunda adquiriera el valor 1, y el resto 0. Posteriormente se procedió a su vectorización.

Análisis de Componentes Principales

El objetivo de esta aplicación era elegir una componente que nos permitiera diferenciar las zonas cubiertas por agua de la tierra, de una forma sencilla. El análisis del resultado de las tres componentes permitió elegir la CP 2 para tal fin, debido a que presenta valores negativos en las bandas 1 y 2, mientras que en la 3 son positivos. Por este motivo, la imagen obtenida permite distinguir bien el agua de la tierra. Posteriormente se procedió a su binarización y vectorización.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación de los resultados obtenidos por los cinco métodos ofreció la pauta para elegir las imágenes vectorizadas que posteriormente se integrarían en el Sistema de Información Geográfica Arc/Info. En cada uno de los métodos la línea de costa queda perfectamente delimitada, pero a la vez, cada uno de ellos presenta una serie de inconvenientes que se han de tener en cuenta a la hora de decidirse por una técnica determinada.

Los principales problemas se encontraron en las zonas incluidas entre ambas bahías: la costa interna del delta en la bahía del Fangar (Figura 2), y la flecha que cierra la bahía de los Alfaques (Figura 3).

En el caso del Fangar el problema se presenta al ser un área donde desembocan los canales de desagüe procedente de los campos cultivados en la planicie deltaica,

provocando aguas turbias, que ofrecen una reflectividad más cercana a la de la tierra que a la del agua.



Figura 2. Comparación de las líneas obtenidas en cada método, en la bahía interna del Fangar.

La otra zona conflictiva se sitúa en la flecha que cierra la bahía de los Alfaques (Figura 3), justo en la línea señalada con una flecha naranja, que delimita la zona de las salinas, normalmente encharcadas, motivo por el cual el sistema lo asocia con agua.



Figura 3. Superposición sobre la imagen corregida del año 86 de las vectorizaciones en Los Alfaques.

De los cinco métodos utilizados, la clasificación supervisada se presentó como la técnica que ofrecía los resultados más satisfactorios, pues permitía discriminar mejor cubiertas ambiguas desde el punto de vista espectral. El mayor inconveniente que se observó fue el gran tiempo de proceso que requirió.

El análisis de la banda del infrarrojo presenta también buenos resultados. Tiene la ventaja de requerir poco

tiempo, pero en zonas de aguas someras, influenciadas en gran medida por el fondo, o en zonas de aguas turbias, el límite no queda bien definido, incluso en alguna imagen el río llega a desaparecer en la vectorización.

Las mismas consideraciones pueden hacerse al cociente propuesto por Philipson y Hafker (1981). Es un método rápido y sencillo, pero en zonas de aguas turbias la identificación tiende a ser hacia cubiertas terrestres, más que de agua.

El cálculo del NDVI también resultó ser un buen método para discriminar el agua de la tierra, pero mostró el mismo inconveniente de no ser muy efectivo en áreas de aguas someras. Además, como puede verse en la imagen del 94 el río desaparece debido a que es una imagen de verano y con bajo caudal de agua, por lo que el fondo del cauce presenta una gran influencia, estando los valores del NDVI más próximos a los de tierra que a los de agua.

El método que dio los resultados menos satisfactorios correspondió al cálculo de componentes principales, debido a que además de establecer el límite tierra-agua, también queda definido el entramado de carreteras y caminos del interior de la planicie deltaica como ocurre en la imagen del 86. Esto presenta el inconveniente de tener que invertir un tiempo adicional de filtrado de la imagen para dejar únicamente la línea de costa. Por este motivo, no se eligieron las vectorizaciones procedentes de éste método.

Las líneas que finalmente se seleccionaron para realizar los análisis de evolución fueron las obtenidas de la clasificación supervisada, debido a que existe la posibilidad de "forzar" (gracias al conocimiento previo de la zona) al sistema a que haga una buena discriminación de las distintas cubiertas. Esto se consigue a base de tomar más campos de entrenamiento en las áreas que pueden presentar solapamientos con otras categorías.

No obstante, el hecho de que en este caso la clasificación supervisada diera los resultados más satisfactorios no invalida los otros métodos a la hora de aplicarlos en otras zonas costeras. El conocimiento de la geomorfología y de los ambientes presentes ayuda a elegir el método más adecuado a aplicar, por ejemplo si el borde costero está limitado por playa exclusivamente, o presenta una escollera longitudinal, se puede optar por utilizar un método simple y rápido, como el análisis de la banda infrarroja o la relación de Philipson y Hafker (1981); pero si existen salinas, humedales, marjales o es una zona con vertidos (emisarios submarinos), es necesario un detallado estudio de la respuesta espectral del píxel para elegir el método más adecuado a cada caso.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos podemos señalar que las técnicas de tratamiento digital de imágenes se presentan como una herramienta muy útil para delimitar el borde costero de una forma objetiva, al tener en cuenta, únicamente, las características espectrales de las cubiertas y no depender de la experiencia y pericia del operador encargado de la restitución fotogramétrica, técnica que se ha venido usando tradicionalmente para tal fin. Por otra parte se hace necesario el conocimiento del comportamiento espectral de las cubiertas, así como el conocimiento previo por parte del investigador de las técnicas de tratamiento digital de imágenes.

Como conclusión final cabe destacar el interés de esta metodología como un paso adelante en investigaciones de la franja litoral, dado que permite el estudio de las variaciones y evolución de los ambientes costeros, de una forma objetiva, obteniéndose unos resultados fiables y que se ajustan en un amplio grado a la realidad de lo ocurrido en el transcurso del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMPBELL, J. B. 1996. *Introduction to Remote Sensing*. Ed. Taylor & Francis; 622 pp.
- CHUVIECO, E. 1996. *Fundamentos de Teledetección Espacial*. (Tercera edición). Ed. Rialp; 568 pp.
- JIMÉNEZ, J. A. 1996. Evolución costera en el Delta del Ebro. Un proceso a diferentes escalas de tiempo y espacio. *Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. Universidad Politécnica de Cataluña*; 274 pp.
- JOHNSON, R. D. & KASISCHKE, E. S. 1998. Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring of land cover and condition. *Int. J. Remote Sensing*, 19(3):411 - 426.
- MINO, N., SAITO, G. & OGAWA, S. 1998. Satellite monitoring of changes in improved grassland management. *Int. J. Remote Sensing*, 19(3):439-452.
- RICKETTS, P. J., McIVER, A. R. & BUTLER, M. J. A. 1989. Integrated Information Systems. The key to coastal zone management: The Fundy/Gulf of Maine/Georges bank (FMG) project, a Canadian Case Study. *Coastal Zone '89*:4138-4150.
- RIDD, M. K. & LIU, J. 1998. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment. *Remote Sens. Environ.*, 63 (2):95 - 100.
- STAFFORD, D. B. & LANGFELDER, J. 1971. Air photo survey of coastal erosion. *Phot. Eng.*, 37:565-575.