

Los SIG en estudios de evolución costera: ejemplo el Delta del Ebro

INMACULADA RODRÍGUEZ SANTALLA (*)

RESUMEN El objeto de este artículo es presentar la metodología seguida en el estudio de los cambios geomorfológicos sufridos por la desembocadura del río Ebro, utilizando como técnica base los Sistemas de Información Geográfica.

GIS IN COASTAL EVOLUTION STUDIES

ABSTRACT In this paper a methodology to study the morphology changes in the Ebro River mouth is showed, using Geographic Information Systems.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica; Evolución; Delta del Ebro.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de evolución costera al implicar el análisis de zonas altamente modificables, en continuo cambio, que soportan una gran cantidad de actividades humanas y sirven como sustrato para el desarrollo o implantación de ecosistemas varios, requieren una continua actualización de los cambios sufridos para definir de forma adecuada las tasas o tendencias evolutivas de la costa en cuestión y obtener de la forma más precisa posible una "fotografía" de su estado para poder plantear políticas de gestión y/o actuación. Por ello, es necesario disponer de una herramienta capaz de manejar una gran cantidad de información proveniente de diferentes fuentes de forma eficiente y que permita obtener de forma flexible los parámetros que determinen dicha evolución. Con respecto a este punto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aparecen como la herramienta disponible más potente y versátil, que además de facilitar el análisis clásico de zonas costeras, presenta la ventaja adicional de poder trabajar con información alfanumérica procedente de otras fuentes.

Los SIG surgen en un principio como un sistema capaz de almacenar y organizar información espacial. A partir de entonces se han ido desarrollando hasta llegar a convertirse en una herramienta muy útil y casi indispensable para muchos profesionales de distintas disciplinas. A pesar de ser una técnica que se viene aplicando desde hace ya bastantes años en diferentes ámbitos, resulta relativamente nueva en su utilización para el estudio y gestión de las áreas costeras. Los problemas relacionados con su aplicabilidad a este tipo de proyectos proceden de una combinación de distintos factores pero, quizá, la principal limitación surge de la falta, que en numerosas ocasiones existe, de suministro y disponibilidad de los datos adecuados para el proceso.

La integración de todos los diferentes datos en el sistema permite generar el elemento principal de un SIG: la Base de

Datos Digital, la cual está formada esencialmente por dos tipos de información: espacial (vectorial y/o ráster) y descriptiva (tablas, textos, otros gráficos, etc.). Los SIG permiten relacionar estos dos tipos para actualizar las relaciones espaciales entre los elementos cartográficos. Los datos de partida se han de elegir con la mayor exactitud y consistencia, pues de ellos depende la precisión y calidad de la información que se obtenga a partir de su manipulación y análisis. El origen de los datos costeros viene derivado de diversas fuentes, las cuales se pueden agrupar en cuatro:

1. Fotografías aéreas y/o datos de satélite
2. Medidas de campo (perfiles, reconocimientos con GPS, etc.)
3. Distintos tipos de cartografías (mapas topográficos, cartas náuticas, mapas históricos)
4. Otros datos (caracterización de sedimentos, vientos, corrientes, oleaje, etc.)

Todos ellos se almacenan de forma coherente en el sistema, de manera que la gestión de estos datos se realiza de un modo sencillo y rápido, dando una idea global de los factores que afectan y modifican los ambientes costeros.

EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL DELTA DEL EBRO: DEBRO

El Delta del Ebro se sitúa en la costa noreste española, (figura 1) y es el segundo delta fluvial más importante del Mediterráneo noroccidental, siendo el primero el del Ródano. Presenta una longitud de costa aproximada de 50 km y un área total de 640 km² de los cuales, 320 km² corresponden al delta subterráneo. Son muchas las actividades que le afectan de forma directa y que amenazan su preservación al desequilibrar los procesos naturales que en él se producen.

La evolución constante del Delta del Ebro y los permanentes trabajos y estudios que se realizan en esta zona, requieren que se utilice una metodología que permita la integración de datos, mapas, imágenes, fotografías, etc., de una

(*) Licenciada en Ciencias Geológicas. Becaria del Centro de Estudios de Puertos y Costas del CEDEX, Ministerio de Fomento.

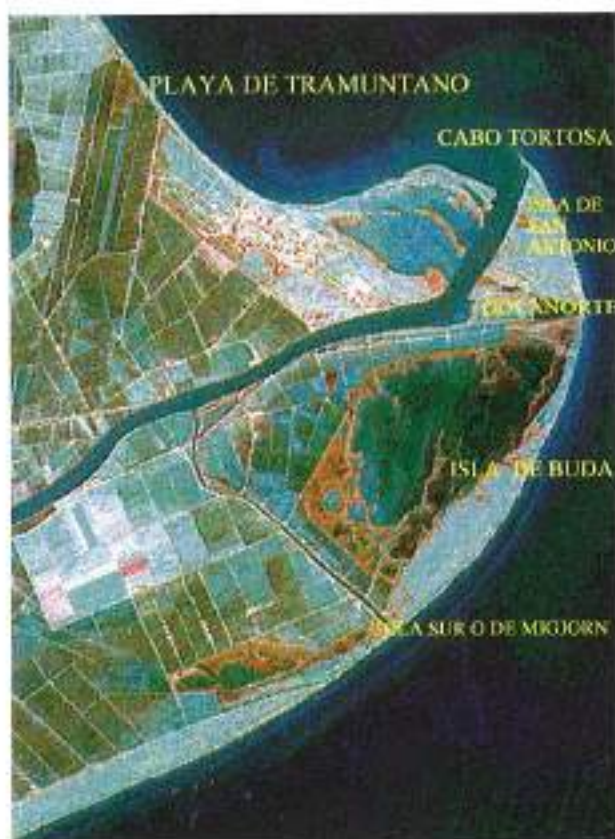


FIGURA 1. Situación de la zona de estudio.

forma eficaz y que permita su rápida actualización. Por este motivo se hace necesario el uso de los SIG, puesto que presentan potentes herramientas para el manejo y gestión de la información gráfica y numérica, así como de su interrelación.

Para mostrar las posibilidades que ofrecen los SIG en el estudio de ambientes costeros, se ha tomado como zona piloto la correspondiente a la desembocadura del río Ebro, donde los efectos generados por los procesos dinámicos actuantes quedan claramente reflejados. A continuación se van a describir las distintas etapas que se han seguido para integrar la Base de Datos Digital, así como las distintas fuentes de información que la integran.

METODOLOGÍA

Son varios los investigadores que han propuesto las líneas a seguir para la elaboración de estudios de erosión costera. Entre ellos podemos destacar a Byrnes *et al.*, (1991) y Crowell *et al.*, (1991), los cuales presentan una relación de procesos para la normalización de medidas y precisión para la representación de posicionamientos históricos de la línea de costa. En el caso del estudio de los cambios sufridos por la desembocadura del Río Ebro, los pasos seguidos son los siguientes:

1. RECONOCIMIENTO PREVIO DE LA ZONA DE ESTUDIO POR MEDIO DE FOTOINTERPRETACIÓN

Dado que es una zona relativamente pequeña, se han usado para su estudio fotografías aéreas de distintas fechas. Los principales vuelos utilizados son los siguientes:

FECHA	ESCALA
DICIEMBRE 1972	1:18.000
JUNIO 1986	1:18.000
SEPTIEMBRE 1993	1:10.000
MARZO 1995	1:12.000

El reconocimiento previo de la zona de estudio se realizó con ayuda de un estereógrafo de mesa, con el fin de aproximarnos a la morfología del área y elegir las fotografías de mayor utilidad para nuestro fin.

2. INTEGRACIÓN DE CADA FOTOGRAFÍA AÉREA EN EL SISTEMA A TRAVÉS DE UN SCANNER

Este proceso se realizó con un scanner de mesa modelo Scanlet IIc. Puesto que la escala de los vuelos considerados es distinta, el número de fotografías integradas en el sistema, pertenecientes a cada uno de ellos, también ha sido variable. El SIG seleccionado, sobre el que se han realizado todos los procesos que a continuación se describen, es Arc/Info para estación de trabajo, que a pesar de ser un sistema principalmente vectorial, presenta un conjunto de módulos y herramientas que nos permiten trabajar con información ráster.

3. GEORREFERENCIACIÓN DE CADA FOTOGRAFÍA ESCANEADA

Este es, probablemente, el proceso más importante y a la vez más tedioso de todos ellos pues, una mala georreferen-

ciación produce un considerable aumento del error. Para realizar la corrección de los fotogramas integrados en el sistema, se utilizó cartografía auxiliar procedente del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000. El proceso de georreferenciación pasa por dos etapas. La primera corresponde a la elección de los puntos (*puntos de control*) comunes entre la fotografía a corregir y el mapa de base. Puesto que la escala del mapa y de la foto son distintas y, si tenemos en cuenta la constante transformación de la zona en los últimos años, encontrar puntos homólogos entre las fotografías aéreas y el mapa resulta a veces muy difícil. Por este motivo se georreferenciaron primero las fotografías del año 72, puesto que la última actualización del mapa auxiliar corresponde al 73. Estas, una vez corregidas, se utilizaron como base para la toma de puntos de control en el resto de las fotografías de los demás vuelos. Esto permite que exista una correlación entre todos ellos y que la superposición sea adecuada, minimizando los errores que puedan surgir en este proceso. La segunda etapa se refiere a la corrección de las fotografías a partir de las coordenadas de los puntos de control introducidos. El método de interpolación usado fue el del *vecino más próximo*, que calcula el valor para un píxel de salida asignándole el valor del píxel más cercano en la imagen de entrada.

Puesto que no disponíamos del vuelo correspondiente al año 57, la integración de la posición de la línea de costa se hizo de forma distinta, vectorizándose a partir del mapa 33-20 (523) del Servicio Geográfico del Ejército del año 1982 a escala 1:50.000. Este también sufrió el proceso de georreferenciación y se integró en la base de datos.

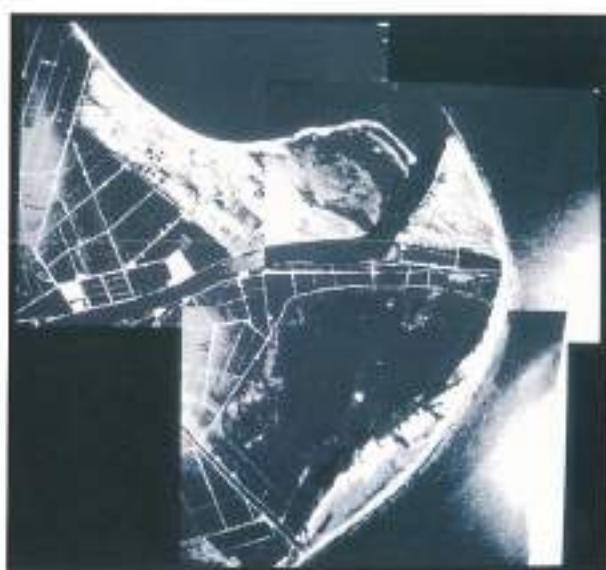
El RMS (Error Medio Cuadrático) para el total de las imágenes introducidas osciló entre 0,829 y 1,861, siendo la media de todos ellos 1,195. Dado que la proyección del mapa tomado como referencia es UTM, todas las medidas que hagamos sobre las imágenes corregidas estarán en metros.

4. CREACIÓN DE UNA SOLA IMAGEN CORRESPONDIENTE A CADA VUELO UTILIZADO

Una vez corregidas todas las fotografías y estimando el resultado como bueno, la superposición de cada imagen integrante de los vuelos no supuso mayor problema, dando lugar a lo que, en la terminología utilizada por el sistema Arc/Info, se denomina *catálogo de imágenes*, que no es más que una colección de imágenes espacialmente georreferenciadas que se superponen, considerándose como una imagen única. Así obtuvimos una sola imagen para cada uno de los vuelos elegidos, que nos reducía considerablemente el tiempo de acceso y de proceso. En la Fotografía 1 se muestra como ejemplo el catálogo de imágenes del año 86. En él se puede observar la calidad del ajuste entre los tres fotogramas seleccionados.

5. VECTORIZACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA EN CADA UNO DE LOS AÑOS CONSIDERADOS

Este representa el principal aspecto de todo el proceso, pues de él se derivan otros cálculos posteriores. Primeramente hay que definir los criterios a seguir para posicionar la línea de orilla. En nuestro caso optamos por tomar como límite entre el medio acuático y el terrestre, la línea presente en el momento de la toma de las fotografías. No se tuvo en cuenta el efecto sobre la costa de las variaciones del nivel del agua ya que el rango de marea es de 0,25 m y la zona de "swash" presenta una pendiente entre 0,03 y 0,23 (Jiménez *et al.*, 1995). Este proceso se realizó para cada catálogo de imágenes. La Figura 2 muestra las líneas de costa vectorizadas a partir de los datos de partida.



FOTOGRAFÍA 1. Catálogo de imágenes del año 1986.

6. SUPERPOSICIÓN DE TODAS LAS LÍNEAS Y CREACIÓN DE POLÍGONOS

Una vez que se tuvieron las líneas vectorizadas cada una por separado, se fueron comparando dos a dos y, posterior-

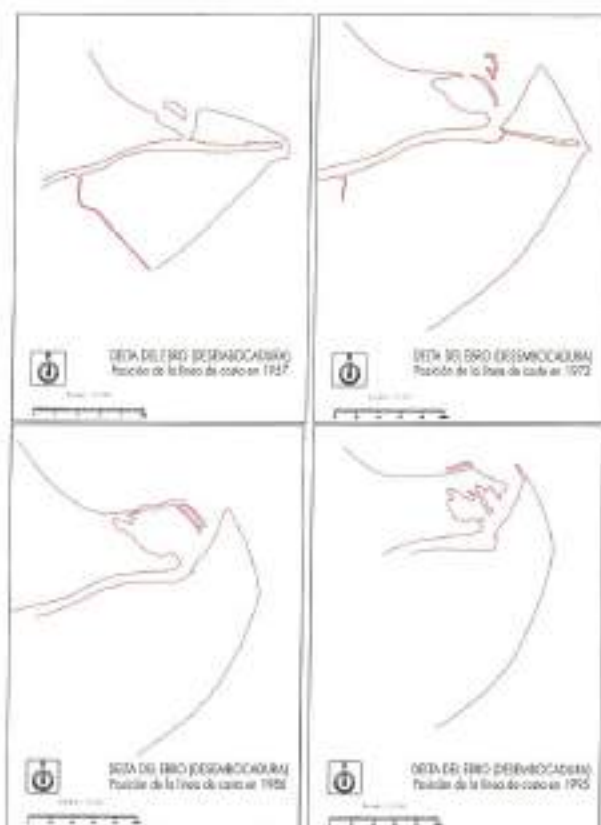


FIGURA 2. Posición de la línea de costa de la desembocadura del Río Ebro en las distintas fechas consideradas.



FOTOGRAFIA 2. Áreas calculadas por el sistema de cada uno de los polígonos presentes.

mente, se integraron todas en una sola cobertura, para obtener de forma gráfica la evolución de este tramo del delta. Este proceso se observa en la Figura 3.

El sistema nos calcula directamente el valor del área comprendida entre las líneas que forman los polígonos (Fotografía 2). Así mismo calcula el perímetro y la longitud de las líneas.

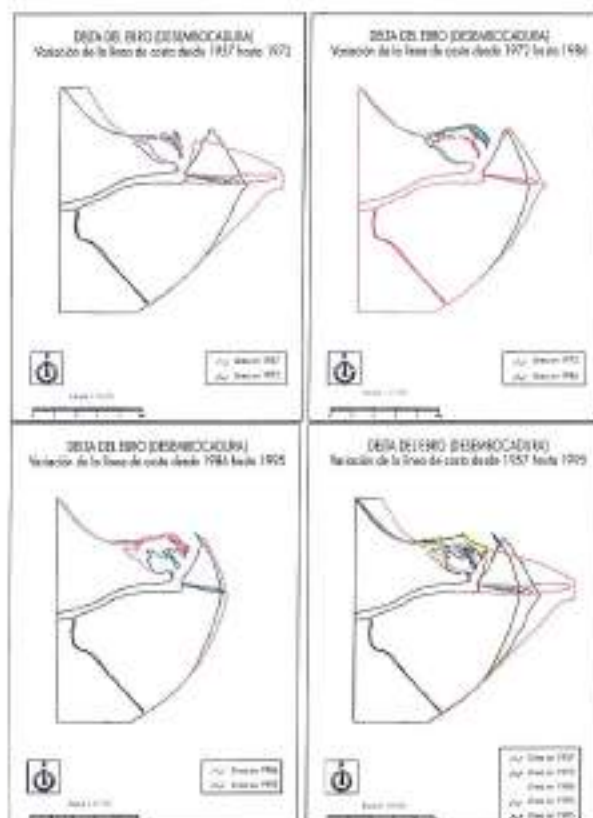


FIGURA 3. Comparación de las líneas de costa de la desembocadura del río Ebro obtenidas en las distintas fechas.



FOTOGRAFIA 3. Visualización de las áreas donde se ha producido erosión.

7. ANÁLISIS DE LAS SUPERFICIES QUE HAN VARIADO EN LAS DISTINTAS FECHAS

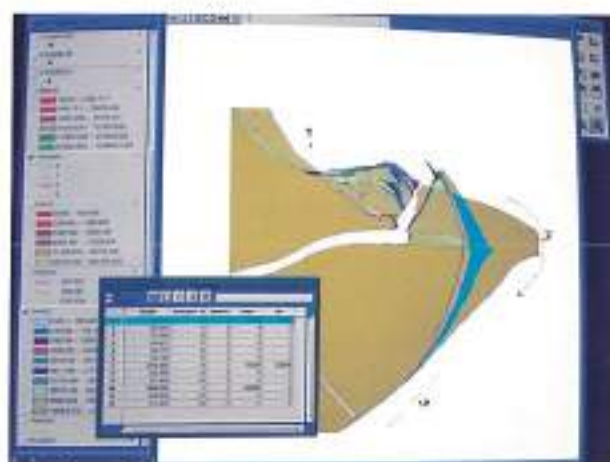
Basándonos en lo anterior, diferenciamos dos áreas principales, una en la que ha habido erosión continuada (Fotografía 3) y otra en la que se ha producido el efecto contrario (Fotografía 4). En el apartado siguiente se comentarán brevemente los resultados obtenidos del análisis de las cartografías evolutivas obtenidas.

8. INTEGRACIÓN DE OTROS DATOS

Como ya se ha explicado, los Sistemas de Información Geográfica permiten relacionar la información espacial con otros datos procedentes de otras fuentes. De esta forma podemos integrar información auxiliar de diversa índole, por ejemplo ficheros que contengan información vectorial digitalizada por medio de otros métodos distintos al de nuestro sistema, aquella que nos indique la situación de determinados puntos de interés en forma de textos u otras características presentadas en forma de tablas de datos, como se muestra en la Fotografía 5, donde aparece la dirección del transporte sólido y los valores de éste calculados por distintos organismos.



FOTOGRAFIA 4. Visualización de las áreas donde se ha producido acreción.



FOTOGRAFIA 5. Ejemplo de integración de otros datos asociados a la base de datos cartográfica.

9. CÁLCULO DE ERRORES INTRODUCIDOS EN EL PROCESO

Los errores del análisis con un SIG pueden ser minimizados por reconocimiento de los errores inherentes a los productos de partida y el error operacional creado a través de funciones de manipulación de datos. Las especificaciones diseñadas seguidas en la generación de ficheros temáticos necesita ser muy bien evaluada por el usuario para definir la fiabilidad de los productos para posteriores aplicaciones.

Los errores inherentes y operacionales contribuyen a la reducción de la precisión de los datos contenidos en el SIG. Los errores inherentes son los presentes en los documentos de partida, e incluyen el diseño de especificaciones usadas para generar el material de partida. El error operacional se produce a través de la captura y manipulación de los datos con las funciones propias del SIG.

La identificación de los errores se ha de realizar durante el proceso de entrada de datos y durante la manipulación y modelizado espacial de éstos. Los errores reducen la precisión del análisis SIG y de los productos de salida.

Durante la ejecución de los procesos anteriormente citados, se han detectado los siguientes errores que, lógicamente, afectan a las cartografías generadas:

- Errores procedentes de la cartografía original de la que se extraen los puntos de control: 0,2 mm que equivalen a 5 m a escala 1:25.000.
- Errores procedentes de la cartografía del S.G.E. (escala 1:50.000): se estima el error en 0,2 mm que equivale a 10 m sobre el terreno.

Ambos son los admitidos por las Normas de Edición Cartográfica.

- Errores procedentes de las diferencias de escala entre el mapa y el fotograma: se puede estimar que es despreciable puesto que se realizó la corrección de la línea procedente del mapa del S.G.E. a partir de la restituida en el catálogo del año 72.
- Errores procedentes del operario que sitúa los puntos de control con el equipo informático (Precisión en la toma de puntos de control): RMS = 1,195.
- Definición por el usuario de la línea de orilla en las fotografías aéreas: dada la metodología utilizada para la res-

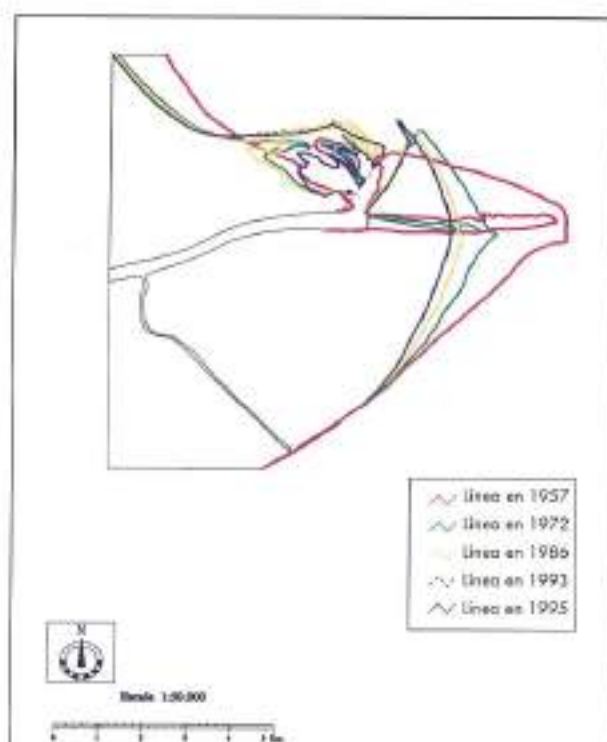


FIGURA 4. Variación de la línea de costa desde 1957 hasta 1995 incluido el error calculado de 11 m para las líneas de los años 1972 a 1995 y de 16 m para la de 1957.

titución, en la que el operario puede controlar a distintas escalas la imagen sobre la que se vectoriza la línea de costa, se puede considerar mínimo el error introducido en esta fase aunque vamos a admitir un error igual al tamaño del píxel (4 m).

- Definición de la línea de orilla en los mapas del S.G.E.: no es fácil saber cual es el error real que presenta esta definición puesto que esta línea resulta de una estimación de la línea media entre la pleamar y la bajamar en el momento del vuelo. Por ello, se va a considerar que el posible error que exista, está incluido en el admitido por las normas de edición cartográfica del S.G.E. (0,2 mm).

Así, el error estimado para la línea de 1957 (la procedente del mapa del S.G.E.) es de 16 m, mientras que el estimado para el resto (las líneas de costa procedentes de la restitución de fotografías aéreas) es de 11 m. Estos errores se tendrán en cuenta en los cálculos posteriores y en las cartografías realizadas a partir de esos datos.

A causa de la incertidumbre en los errores, las líneas de costa restituidas y las cartografías de ellas derivadas sólo dan tendencias evolutivas y no evoluciones de la costa, por lo que no es posible cuantificar de forma absoluta el cambio, pero sí estimar sus tasas de evolución.

RESULTADOS

Como ya se ha mencionado, el estudio de los resultados obtenidos a través de las salidas gráficas y numéricas derivadas a partir del análisis y manipulación de los datos nos permite diferenciar dos áreas con dos comportamientos dis-

tintos: unas en las que se ha producido un retroceso de la línea de orilla y otras en las que se ha producido el proceso contrario.

La Tabla I muestra el retroceso sufrido por la desembocadura en los polígonos numerados en la Fotografía 3 y siguiendo los perfiles marcados en ella (A y B).

Se observa la disminución en el tiempo de la tasa de erosión así calculada, pasando de varias decenas de metros entre 1957 a 1972 a prácticamente una entre 1986 a 1995. El tramo A de la desembocadura ha sufrido un retroceso medio de 46 m/año en 38 años y el B de 14 m/año.

En la Tabla II se muestra el área comprendida entre los polígonos anteriormente señalados.

Además de estas áreas, existen otras dos más pequeñas que también han sufrido procesos de erosión entre los años 57 y 95. Ambas se sitúan justo en la salida del río y corresponden a los polígonos señalados en tono oscuro. Presentan un área de 129.527 m² (la de la derecha) y 11.928 m² (la de la izquierda).

Todos los valores así calculados quedan ligeramente modificados si se incluye el error estimado para el proceso. La Figura 4 muestra el resultado de aplicar un *buffer* de 11 m para la línea del año 1957 y de 16 para el resto, quedando representados dichos valores en el grosor de las líneas. Se puede destacar la escasa influencia que el error calculado en el procedimiento ofrece sobre los resultados de la tasa de cambio.

Los resultados obtenidos por el SIG sobre la cobertura mostrada en la Fotografía 4, indican que la flecha de la desembocadura presenta una longitud aproximada de 300 m y un área total de 14.737 m² para el año 1995. La parte iz-

quierda de la desembocadura presenta una longitud de 1.229 m para el año 85, aunque esta longitud se aumentó en algo más de 100 m en el año 86. El área total de esa zona para el año 95 es de 1.638.827 m².

CONCLUSIONES

Cabe realizar dos tipos de conclusiones, unas referidas al método utilizado y otras a los resultados obtenidos al aplicar éste al estudio de los cambios morfológicos sufridos por la desembocadura del Río Ebro.

Atendiendo a la metodología se concluye que:

1. La aplicabilidad de los SIG en estudios de entornos altamente cambiantes, como pueden ser los medios litorales, queda demostrada al disponer de herramientas que ayudan y facilitan en gran medida los procesos de análisis, dando una idea global de los factores que afectan y modifican los ambientes costeros.
2. Los SIG ofrecen considerables ventajas frente a otros sistemas que sólo se limitan a representar de una forma más o menos sencilla los datos gráficos, al disponer de herramientas que permiten no sólo crear información gráfica, sino acompañarla de otros datos y relacionarlos entre sí.
3. De los tipos de datos históricos disponibles sólo las fotografías aéreas ofrecen un registro con detalle espacial y temporal suficiente. Si bien no se recomienda el uso exclusivo de esta fuente de datos en el análisis cuantitativo de cambio debido a los errores encontrados en la ejecución de los procesos.

TABLA I. Valores de retroceso calculados siguiendo los perfiles marcados en la Fotografía 3.

POLIGONO	FECHA	RETROCESO (m)	RETROCESO MEDIO
1 (perfil 1)	1957 - 1972	1.236	82 m/año
2 (perfil 1)	1972 - 1986	395	28 m/año
3 (perfil 1)	1986 - 1995	118	13 m/año
TOTAL (perfil 1)	1957 - 1995	1.749	46 m/año
4 (perfil 2)	1957 - 1972	437	29 m/año
5 (perfil 2)	1972 - 1986	50	3.5 m/año
6 (perfil 2)	1986 - 1995	48	5 m/año
TOTAL (perfil 2)	1957 - 1995	535	14 m/año

POLIGONO	FECHA	AREA (m ²)	D ÁREA MEDIA
1 (perfil 1)	1957 - 1972	2.113.023	140.868
2 (perfil 1)	1972 - 1986	851.279	60.806
3 (perfil 1)	1986 - 1995	434.492	48.277
TOTAL (perfil 1)	1957 - 1995	3.398.794	89.442
4 (perfil 2)	1957 - 1972	748.655	49.910
5 (perfil 2)	1972 - 1986	67.298	4.807
6 (perfil 2)	1986 - 1995	80.729	8.970
TOTAL (perfil 2)	1957 - 1995	896.682	3.597

TABLA II. Superficie de los polígonos numerados en la Fotografía 3.

Atendiendo al caso de estudio:

- El uso de esta herramienta ofrece la posibilidad de actualizar los datos que constantemente se van obteniendo a través de los continuos estudios de que es objeto por medio de investigadores de distintas entidades. Además permite disponer de elementos altamente fiables que ayudan a la toma de decisiones al quedar todos registrados bajo un *datum* común, y poder pronosticar la evolución futura.
- En la actualidad, los procesos que actúan sobre la zona están prácticamente dominados por el oleaje, ya que el río está muy condicionado por los embalses que se encuentran a lo largo de su cauce.
- La desembocadura ha sufrido procesos inicialmente erosivos durante los años 1957 a 1972. A medida que éstos se hacían efectivos, se iba produciendo una acumulación de arena en la desembocadura en forma de barras o flechas, configurando una morfología distinta a la anterior.
- En la zona más expuesta al mar, Isla de Buda, se ha ido produciendo una erosión continuada resultando un retroceso del delta que se ha estimado en 1.749 m en 38 años, dando una media de 46 m/año. La Playa de Trumuntano ha sufrido un retroceso de 535 m para el mismo intervalo de tiempo, que supone una media de 14 m/año.
- Gran parte del material que ha sido removido en la costa Este ha provocado la formación de barras, que se han ido adosando al continente, justo en la desembocadura del Río Ebro, siguiendo las direcciones de transporte sólido. Así tenemos que la Isla de San Antonio ha ido modificando su morfología a medida que el proceso erosivo avanzaba hasta llegar a configurar la flecha actual.
- El transporte se realiza desde un punto singular situado en el Cabo Tortosa, donde se produce su divergencia, distribuyéndose hacia el Norte y hacia el Sur, llevando el sedimento hacia ambas direcciones. Actualmente la zona de la desembocadura del Río Ebro está encontrando su propio equilibrio al disminuir paulatinamente las tasas de erosión en el tiempo considerado.
- Las formas evolutivas existentes pueden ser invadidas por el agua con pequeñas fluctuaciones del nivel del mar.

Como resumen final puede decirse que los SIG son una herramienta muy útil para caracterizar la evolución costera de una zona tan dinámica como es la de la desembocadura del Río Ebro. Su utilidad radica en la capacidad de manipular una base de datos georreferenciados, en continua actualización.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, J. R.; SHAW, B.; LANGE, A. F. (1995): *Modeling shoreline dynamics at Sandy Hook, New Jersey, USA using GIS/GPS*. CoastGIS'95, International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management. pp. 193-206. International Geographical Union, International Cartographic Association. Cork, Ireland.
- ANDERS, F. J.; BYRNES, M. R. (1991): *Accuracy of shoreline change rates as determined from maps and aerial photographs*. Shore and Beach, January 1991, pp. 17-26.
- BYRNES, M. R.; MCBRIDE, R. A.; HILAND, M. W. (1991): *Accuracy standards and development of a national shoreline*

- change data base*. Coastal Sediments'91. New York, pp. 1027-1042.
- BYRNES, M. R.; MCBRIDE, R. A.; PENLAND, S.; HILAND, M. W.; WESTPHAL, K. A. (1991): *Historical changes in shoreline position along the Mississippi sound barrier islands*. GCSSEPM Foundation Twelfth Annual Research Conference, December 5, 1991; pp. 44-55.
- CROWELL, M.; LEATHERMAN, S. P.; BUCKLEY, M. K. (1991): *Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy*. Journal of Coastal Research, 7-3, pp. 839-852.
- CROWELL, M.; BUCKLEY, M. K. (1993): *Calculating erosion rates: Using long-term data to increase data confidence*. Coastal Zone'93, ASCE, New York.
- CROWELL, M. (1994): *Monitoring shoreline change*. Abstract in the Second Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments: Needs, Solutions and Applications, ERIM, Ann Arbor.
- DOLAN, R.; HAYDEN, B.; HEYWOOD, J. (1978): *A new photogrammetric method for determining shoreline erosion*. Coastal Engineering, 2, pp. 21-39.
- DOLAN, R.; FENSTER, M. S.; HOLME, S. J. (1991): *Temporal analysis of shoreline recession and accretion*. Journal of Coastal Research, 7-3, pp. 723-744.
- FORD, G. E.; ZANELLI, C. I. (1985): *Analysis and quantification of errors in the geometric correction of satellite images*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 51, No 11, pp. 1725-1734.
- HEUVEL, T. V. (1995): *Shifting sands: coastline management with GIS in the Netherlands*. GIS Europe, pp. xiv-xvi.
- HILAND, M. W.; BYRNES, M. R.; MCBRIDE, R. A.; JONES, F. W. (1993): *Change analysis and spatial information management for coastal environments*. MicroStation Manager, pp. 58-61.
- JL, W.; JOHNSTON, J. B.; MCNIFF, M. E.; MITCHELL, L. C. (1992): *Knowledge-based GIS: An expert system approach for managing wetlands*. Geo Info Systems, 2 (10), pp. 60-64.
- JIMÉNEZ, J. A.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (1993): *Medium-term coastal response at the Ebro delta, Spain*. Marine Geology, 114, pp. 105-118.
- JIMÉNEZ, J. A.; BOU, J.; ORTIZ, M. A.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A. (1995): *Reliability of the use of aerial photographs to analyse short-term shoreline changes*. CoastGIS'95, International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management. International Geographical Union, International Cartographic Association. Cork, Ireland.
- JIMÉNEZ, J. A.; SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; VALDEMORO, H. I.; GRACIA, V.; NIETO, F. (1996): *Forcing agents controlling reduction processes in the Ebro Delta*. Marine Geology, July, 1996.
- LÓPEZ, J. S.; LECHUGA, A. (1995): *Estudio de la dinámica litoral del Delta del Ebro y prognosis de su evolución: Revisión y análisis de los trabajos sobre el Delta del Ebro*. Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX. (Informe técnico realizado para la Dirección General de Costas - MOPTMA). 176 pp.
- MALDONADO, A.; RIBA, O. (1971): *The recent delta of the Ebro River, surrounding description and evolution*. Acta Geol. Hispánica, VI (3) pp. 131-138.
- MALDONADO, A. (1972): *El delta del Ebro: estudio sedimentológico y estratigráfico*. Boletín de Estratigrafía, 1, vol. extra. Universidad de Barcelona.
- MALDONADO, A. (1986): *Dinámica Sedimentaria y Evolución Litoral Reciente del Delta del Ebro*. Actas del seminario SISTEMA INTEGRADO DEL DELTA DEL EBRO: ESTUDIO INTERDISCIPLINAR. pp. 33-60.

McBETH, F. H. (1956): *A method of shore line delineation*. Photogram. Engr., 22(2): 400-405.

MCBRIDE, R. A.; HILAND, M. W.; PENLAND S.; WILLIAMS, S. J.; BYRNES, M. R.; WESTPHAL, K. A.; JAFFE, B. E.; SALLENGER JR., A. H. (1991): *Mapping barrier island changes in Louisiana: Techniques, accuracy and results*. Coastal Sediments'91. ASCE, New York; pp. 1011-1026.

MORALES, J.; TEJADA, M. (1995): *Nuevas tecnologías y dinámica costera: Teledetección y SIG*. Curso de Geología Costera organizado por la Universidad Internacional de Andalucía, sede Iberoamericana Santa María de la Rábida. Palos de la Frontera, Huelva; 25 pp.

PEÑA, J. M.; DE LA; LÓPEZ, J. S. (1996): *Estudio de la dinámica litoral del Delta del Ebro y pronóstico de su evolución*. Dinámica litoral del Delta del Ebro. Centro de estudios de Puertos y Costas, CEDEX. (Informe técnico realizado para la Dirección General de Costas - MOPTMA). 155 pp.

PEÑA OLIVAS, J. M. DE LA; SÁNCHEZ PALOMAR, F. J.; RODRÍGUEZ BERZOSA, P. (1992): *Metodología para el estudio de la evolución histórica de la línea de costa*. Ingeniería Civil, 87, pp. 105-126.

RODRÍGUEZ, I.; LECHUGA A. (1995): *Estudio de la dinámica litoral del Delta del Ebro y pronóstico de su evolución*. Propuesta metodológica: Aplicación de nuevas tecnologías. Centro de Estudios de Puertos y Costas, CEDEX. (Informe técnico realizado para la Dirección General de Costas - MOPTMA), 44 pp.

STAFFORD, D. B. (1968): *Development and evaluation of procedure for using aerial photographs to conduct a survey of coastal erosion*. Report prepared for the State of North Carolina, Dept. of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

STAFFORD, D. B.; LANGFELDER, J. (1971): *Air photo survey of coastal erosion*. Photogrammetric Engineering 37, pp. 565-575.

TOWNEND, I. H.; LEGGETT, D. (1992): *Gis for shoreline management*. International Coastal Congress, Kiel, Germany, pp. 505-518.

WIBOWO, A.; HASTUTI, W.; POPULUS, J.; KARDISI, A. (1993): *The application of RS and GIS technology for monitoring and site selection of aquaculture ponds on coastal areas*. National Conference on ERS-1/Landsat/Spot Applications, Jakarta, Indonesia, Noviembre, 1993, 8 pp.

El Comité Organizador de TRAFIC '97 reúne a todas las asociaciones sectoriales

El director general de Tráfico, Carlos Muñoz-Repiso (Ministerio de Interior) y el director general de Carreteras, Juan Francisco Lazcano (Ministerio de Fomento) presidirán el Comité Organizador del Salón Internacional de la Seguridad Vial y el Equipamiento para Carreteras, TRAFIC '97, que se celebrará del 21 al 24 de octubre próximos, en el madrileño Parque Ferial Juan Carlos I.

En el Comité Organizador, participan como vicepresidentes, el presidente de la Comisión de Circulación y Transportes de la Federación Española de Municipios y Provincias, FEMP, Odón Elorza; el director de Tráfico y Parque Móvil del Gobierno Vasco, Juan María Lersundi; el director general de Carreteras de la Comunidad Autónoma de Madrid, Francisco Javier de Agueda; el subdirector general de Seguridad Vial (Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior), Fernando Ortega, y el subdirector de Tecnología (Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento), José Luis Elvira.

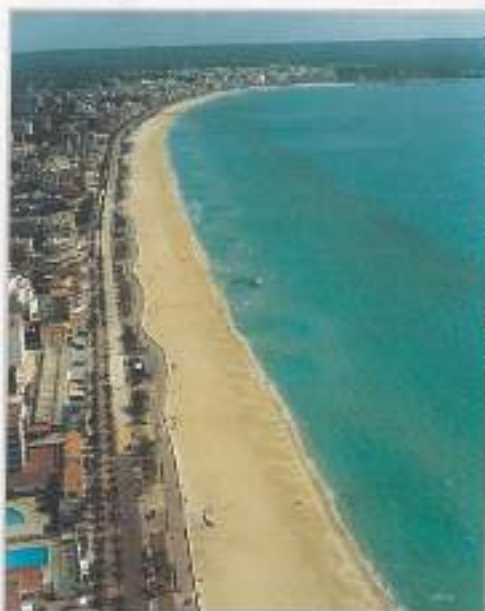
El Comité representa, a través de sus vocales, a las principales entidades del sector: la Asociación de Fabricantes de Señales Metálicas de Tráfico, AFASEMETRA; la Asociación Española de la Carretera; el Instituto Catalán de la Seguridad Vial; la Asociación de Sociedades Concesionarias de Autopistas, Túneles, Puentes y Vías de Peaje, ASETA; la Asociación de Fabricantes de Sistemas de Peaje, ASETA; la Asociación de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial, SIMEPROVI; la

Asociación Española de Alumbrado, AEA; la Asociación Española de Empresas Consultoras de Ingeniería Civil, TECNIBERIA-CIVIL; la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras, ACEX; la Asociación Española de Empresas Aplicadoras de Señalización Horizontal, EASHO; la Patronal de Empresas de Tráfico, PEMTRA; la Asociación Española de Empresas de Tráfico, AETRAF; y la Asociación de Ingenieros Municipales y Provinciales de España, AIMPE.

En esta edición, TRAFIC amplía su ya completo contenido, con el equipamiento para carreteras, mostrando así al profesional la última oferta del mercado internacional en estas materias: barreras de seguridad; señalización horizontal; señalización vertical y variable; regulación del tráfico; alumbrado público; pantallas antirruido; pantallas antideslumbrantes y teléfonos S.O.S.; señalización provisional de obras; equipamiento para aparcamientos y peajes, y seguridad pasiva para estructuras de tráfico.

La prevista coincidencia del Salón Internacional de la Seguridad Vial y el Equipamiento para Carreteras, TRAFIC, con la Feria de la Maquinaria para la Construcción, Obras Públicas, Minería y Manutención, no tendrá lugar, al trasladar FICOP la celebración de su cuarta edición, a noviembre de 1998, haciéndola coincidir con la Semana Internacional del Urbanismo y del Medio Ambiente.

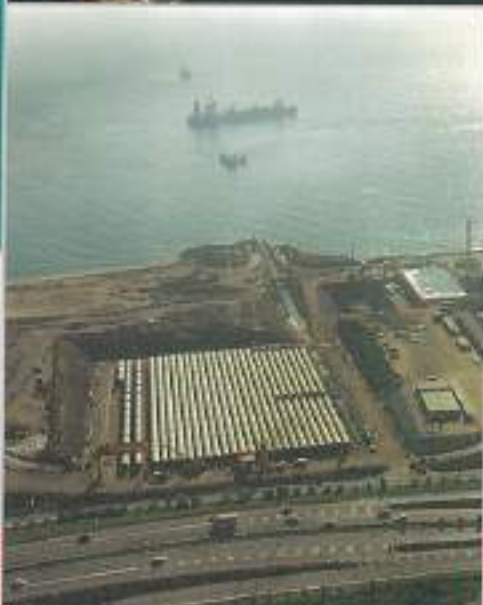
De cara al mar



1. Urbanización del paseo y frente marítimo de la playa de Palma.



2



3

2. Nueva dársena de Oza. La Coruña.
3. Emisario submarino. San Adrián del Besós. Barcelona.



CUBIERTAS INTERNACIONAL



CUBIERTAS
Y MZOV, S.A. CIA. GRAL. DE CONSTRUCCIONES

Drayfil®



PORT AVENTURA (TARRAGONA) 1994. 82.000 m² impermeabilizados con DRAYFIL.

Marca la diferencia para culminar cualquier obra bien hecha.

Drayfil® EDIFICIOS

Drayfil® EMBALSES

Drayfil® AGUA POTABLE

Drayfil® TÚNELES

Drayfil® PISCINAS

AISCONDEL LAMINADOS, S.A. es pionera en España en la investigación y desarrollo de las láminas impermeabilizantes de PVC para todo tipo de instalaciones, en la construcción, obras públicas, embalses y agricultura. Esta larga experiencia, unida a los constantes avances tecnológicos, la sitúa en la primera línea del sector.

Todas las láminas impermeabilizantes de PVC-P fabricadas por AISCONDEL LAMINADOS, S.A. bajo la marca DRAYFIL, poseen la certificación AENOR.



AISCONDEL
LAMINADOS, S.A.

