

Delta del Ebro: papel del sistema dunar frente a la regresión deltaica (actuaciones y medidas paliativas)

Jordi SERRA, Inmaculada RODRÍGUEZ, María José SÁNCHEZ e Isabel MONTOYA

Serra, J., Rodríguez, I., Sánchez, M. J. y Montoya, I. 2012. Delta del Ebro: papel del sistema dunar frente a la regresión deltaica (actuaciones y medidas paliativas). En: Rodríguez-Perea, A., Pons, G.X., Roig-Munar, F.X., Martín-Prieto, J.A., Mir-Gual, M. y Cabrera, J.A. (eds.). *La gestión integrada de playas y dunas: experiencias en Latinoamérica y Europa*: Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 19: 365-373. ISBN: 978-84-616-2240-5. Palma de Mallorca.

SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA
NATURAL DE LES BALEARS

La gestión
integrada de
playas y
dunas:
experiencias
en
Latinoamérica
y Europa

Las actuaciones antrópicas llevadas a cabo en el Río Ebro en forma de presas y de extracción de agua para riego, en conjunción con otros factores de tipo natural, han llevado al retroceso generalizado actual del Delta del Ebro. La zona más afectada es el frente deltaico que ha sufrido una regresión de hasta 1950 m en poco más de 50 años (1957-2010) en su ápex. Los sedimentos erosionados en esta zona se dirigen hacia las flechas del Fangar y los Alfaques, ubicadas al N y al S respectivamente, y representan las zonas donde se produce acreción. En los últimos años se han planificado y ejecutado algunas obras de protección del litoral deltaico, incluida la creación de dunas, pero los resultados han sido insatisfactorios. El objetivo principal de este artículo es exponer la situación de los campos dunares del Delta del Ebro frente a una gestión poco adecuada hasta el momento, ante el dinamismo de la zona. Conocido el papel regulador y protector de los sistemas dunares en las zonas costeras deltaicas, y en particular el sistema dunar del Ebro, las propuestas de medidas paliativas frente a la regresión por déficit sedimentario, conjuntamente con la debida al cambio de nivel, deben tener en cuenta el papel regulador que ejerce el sistema dunar costero. Aprovechar la sinergia que ofrece el transporte eólico en las actuaciones y gestión del retroceso controlado es, en el caso del delta del Ebro una de las tareas recomendadas y actualmente programadas por el Ministerio de Medio Ambiente. Favorecer la entrada en el sistema eólico de parte de los sedimentos que circulan por deriva hacia el NO en el hemidelta norte, podría fortalecer este tipo de actuación y a la vez disminuir el proceso progresivo de cierre de la bahía del Fangar.

Palabras clave: Ebro Delta, Gestión Integrada de la Zona Costera, transporte eólico, dunas.

EBRO DELTA: THE ROLE OF THE DUNE SYSTEM IN

FRONT OF THE DELTA REGRESSION (ACTIONS AND MITIGATION MEASURES). Human works along the Ebro River as dams, irrigation and diversion channels coupled with other natural factors result on a present general regression on the Ebro Delta. The retreat on the delta apex was up to 1950 meters for the last 50 years (1957–2010). Sediment eroded from frontal area is transported to N and S, Fangar and Alfacques prograding spits respectively. Some coastal protection works have been done recently as artificial dunes, among others, with unsatisfactory results. The main goal of this study is to show the present situation of Ebro Delta dune fields and its role in front of the dynamic forces and the unsuitable management policy accomplished. The protective role of a coastal dune system is largely known and specifically in the Ebro Delta. The palliative proposals to fight against erosion due to sediment deficit and sea level rise they should take into account the regulatory role that exercises the coastal dune system. Make a good use of aeolian transport synergy is presently recommended by the coastal authority to manage and control erosion and coastal realignment. Helping to sand carried by drift to be incorporated to the dune field could force the result of those proposals and at the same time avoid the closure of Fangar Spit.

Key words: *Ebro Delta, Integrated Coastal Zone Management, aeolian transport, dunes*

Jordi SERRA RAVENTÓS, Universidad de Barcelona, Facultad de Geología. Martí i Franquès, s/n; 08028, Barcelona, I. RODRÍGUEZ, M. J. SÁNCHEZ y I. MONTOYA, Universidad Rey Juan Carlos, ESCET. C/Tulipán s/n; 28933 Móstoles, Madrid

Introducción

La tendencia evolutiva actual y la distribución de los sedimentos a lo largo la costa del sistema deltaico del Río Ebro muestran una progresiva pérdida en volumen, debido principalmente a la disminución drástica del caudal del río y de su transporte sedimentario. Los factores más destacados que afectan a la mayoría de los deltas mediterráneos están asociados a la pérdida de competencia de los ríos debido a los planes de regadío, a la regulación por embalses y generación de energía hidroeléctrica (Serra, 1998).

Los estudios que se han realizado sobre el Delta del Ebro y su evolución reciente son numerosos. Los cambios morfológicos han sido analizados y

evaluados desde varios puntos de vista y en diferentes escalas de tiempo (Maldonado, 1972; Guillén, 1992; Serra y Riera, 1993; CEDEX-CEPYC, 1996; I.T.G.E., 1996; Jiménez, 1996; Rodríguez, 1999), así como los aspectos relacionados con el clima marítimo y las condiciones hidrodinámicas que dominan en el delta (Mariñas y Tejedor, 1986; Sánchez-Arcilla *et al.*, 1998; Rodríguez, 1997). Todos ellos concluyen que el volumen de agua y sedimento que descarga el río son actualmente insuficientes para continuar el proceso de construcción deltaica, previo a la existencia de las presas y para mantener la sostenibilidad física y ecológica del sistema (Picó *et al.*, 2005). El volumen de sedimentos que transporta el río es ahora inferior al 5 % de los 2 millones de

toneladas que llevaba en los años 50 (Guillén, 1992), e incluso inferior en el momento actual. Se ha estimado que la cantidad de sedimento (arena) que se necesita sólo para mantener el equilibrio de las playas externas es del orden de 200.000 m³/año (Serra, 1999). Así, el balance sedimentario ha pasado de positivo (delta progradante) a ser progresivamente negativo desde 1970, pocos años después de la construcción de las presas. Esto nos lleva a que elementos singulares de la geomorfología costera como son las dunas, hayan ido desapareciendo a un ritmo alto, permitiendo a su vez y de forma cada vez más frecuente, las inundaciones de la llanura deltaica y el rebase o rotura de las barras durante las tormentas (Serra *et al.*, 1997, Rodríguez *et al.*, 2003; Sánchez, 2008; Mendoza, 2008).

Ante tales efectos, en los últimos 20 años se han realizado algunas tímidas intervenciones a lo largo de la costa exterior del delta orientadas a la defensa costera, tales como la realimentación de playas (Serra y Riera, 1993), la construcción de dunas artificiales de protección, u otras técnicas blandas en modo experimental como el drenaje de playas (Montori, 2002). Una revisión de estas obras se muestra en Rodríguez (2005). Sin embargo, los resultados han mostrado que estas intervenciones no han sido satisfactorias, o que han sido indebidamente diseñadas o aplicadas (Serra *et al.*, 1998).

La situación actual del borde costero, y la amenaza de los posibles efectos que el ascenso del nivel del mar, como consecuencia del calentamiento global, puede causar en el delta, han propiciado que se generen nuevas políticas de protección desde la perspectiva de Gestión Integral de la Zona Costera. Expertos en ecosistemas costeros han hecho varias propuestas sobre cómo restaurar la dinámica natural del Delta del Ebro, tales

como el dragado de los sedimentos de las presas, pro-vocar avenidas periódicas del río, o adoptar medidas de reordenación del litoral al objeto de aumentar la capacidad de recuperación del sistema del Ebro (Picó *et al.*, 2005). La tendencia actual de la administración competente, tanto a nivel nacional como por recomendación de la Dirección General de Medio Ambiente de la Unión Europea, es la de gestión y control del inevitable retroceso costero, facilitando el espacio y el sedimento para que los procesos costeros puedan seguir actuando y favorecer, por ejemplo, la regeneración de los sistemas dunares como elementos propios y naturales del litoral y de la defensa costera (EUROSION, 2005).

Delta del Ebro

El delta holoceno de Río Ebro, situado en la costa nordeste del Mediterráneo español (Fig. 1), constituye una llanura que alcanza entre los 4 y 5 m de altura sobre el nivel del mar, con una longitud de costa de unos 50 km.

El Río Ebro lo cruza de oeste a este, dividiéndolo en dos hemideltas. Además, está surcado por una red de canales que riegan o drenan los numerosos campos de cultivo, principalmente de arroz, que ocupan gran parte de su superficie. El delta emergido alcanza unos 325 km² (Rodríguez, 1999), mientras que el área prodeltaica sumergida se extiende 2.172 km² (Serra *et al.*, 1997). La subsidencia media de la zona ha sido estimada en 2 mm/año (ITGE, 1996).

La configuración morfológica de la costa del Delta del Ebro muestra tres elementos singulares (Fig. 1): dos flechas que cierran parcialmente dos lagunas costeras, la laguna de El Fangar en el N, y la laguna de Los Alfaques al S, unida esta última al cuerpo deltaico por la estrecha barra del Trabucador de 4 km de longitud y



Fig. 1. Situación del Delta del Ebro y configuración morfológica.
Fig. 1. *Ebro Delta: location and morphology.*

unos 200 m de anchura. Los principales sistemas dunares que existen en la costa deltaica se encuentran precisamente en estas tres zonas (además de las existentes en la playa de Riudar, próxima a la desembocadura, en el hemidelta norte) quedando activo únicamente el sistema del Fangar.

El entorno es micromareal, con un rango de marea astronómica de 25 cm. Destaca la presencia de mareas meteorológicas, especialmente en los meses de septiembre a noviembre en los que alcanza su mayor magnitud. La altura de ola media

es de unos 0,7 m, con un periodo del orden de 4 s (Sánchez-Arcilla *et al.*, 1998). Los oleajes procedentes del Este, que presentan olas más grandes y energéticas, dan lugar a que el escaso material sólido que descarga el río se distribuya de forma divergente desde su apex (Fig. 2) con un transporte longitudinal neto de sedimentos hacia el norte y hacia el sur desde aquel punto (Jiménez, 1996; Rodríguez, 1999). Por otra parte, el régimen eólico es dominado por los vientos del NNO (Mestral), factor que a su vez tiene una importante contribución



Fig. 2. Descarga actual y distribución de sedimentos.
Fig. 2. Present river mouth system and sediment drift.

sobre las dunas costeras de la Flecha del Fangar y playa de la Marquesa (Serra *et al.*, 1997), no así en el hemidelta sur donde la dirección dominante provoca un transporte hacia mar. Estos vientos son los que presentan mayor intensidad y frecuencia, y soplan desde octubre a febrero, siendo en parte los responsables de la distinta configuración y comportamiento evolutivo de los dos hemideltas. De febrero a octubre dominan los vientos más moderados del SO, que modelan principalmente las dunas poco desarrolladas del hemidelta sur.

Los campos dunares del delta del Ebro: estado actual y papel en la gestión costera

Desde que en 1889 Mallada describiera los campos dunares del frente litoral deltaico como “un cordón dunar continuo, cuya extensión presenta anchos variables entre 500 y 3000 metros, y de altura variable entre 50 y 80 centímetros dependiendo del viento reinante” la situación de éstos ha cambiado drásticamente. En la mayor parte del litoral, el cordón dunar paralelo a la línea de costa ha desaparecido por completo, hecho que facilita la inundación durante los temporales del backshore.

Los sistemas dunares costeros constituyen la defensa natural de una costa ante los temporales, protegen la parte interna de la playa y sirven de reservorio de sedimentos para compensar las pérdidas periódicas producidas por el oleaje. Una gestión adecuada de estos sistemas en el Delta del Ebro es imprescindible debido a la situación erosiva en la cual se encuentra su litoral.

Los campos dunares del Delta del Ebro se ubican en ambos hemideltas, localizándose principalmente en la Flecha del Fangar, en la Playa de Riumar, en la desembocadura del río y en la Flecha de los Alfaques (Fig. 3), y en menor amplitud debido a su orientación, en la Barra del Trabucador (Fig. 4). Aún perteneciendo a un mismo sistema deltaico, estos campos dunares presentan diferencias significativas en función del sector y orientación de la costa en la que se desarrollan. Mientras que las dunas de la Punta de la Banya y las de la desembocadura están fijadas en su mayor parte por vegetación, las dunas de la costa externa de la Flecha del Fangar son dunas sin vegetación, con un índice de actividad alto. Las dunas de la Barra del Trabucador apenas son el residuo de las actuaciones de construcción de una primera duna artificial, junto con un plan urbanístico de la zona que la administración hizo a principios de los

años 90, con resultados poco satisfactorios y contro-vertidos. Esta actuación fue corregida a partir de 2004 con una nueva aportación de arena en la parte interna de la barra, con la finalidad de que el transporte eólico dominante (Mestral) la distribuyera hacia el frente de playa, proceso equivalente a una regeneración artificial de la playa con la ayuda del transporte eólico. La fuerte exposición al oleaje hace que las mínimas acumulaciones eólicas sean desmanteladas e incluso se produzcan roturas de la barra en los momentos de grandes temporales. Ni la dinámica costera, ni la eólica, tienen capacidad suficiente para devolver a la barra a su configuración inicial, en la que se van creando formaciones de *fan deltas* por *washover* en la parte interna de la misma, con el resultado de una tendencia migratoria de la barra hacia tierra (Fig.4).

Un hecho común es la disminución de superficie de estos campos dunares propiciada por la falta de aportes sedimentarios. Si a esto se le suma la ocupación de la costa por actividades humanas, cultivos o de recreo, además de la actividad propia del oleaje, el resultado es la desaparición parcial o total del campo dunar, tal y como ha ocurrido con el cordón dunar de la Playa de la Marquesa (Fig. 5).

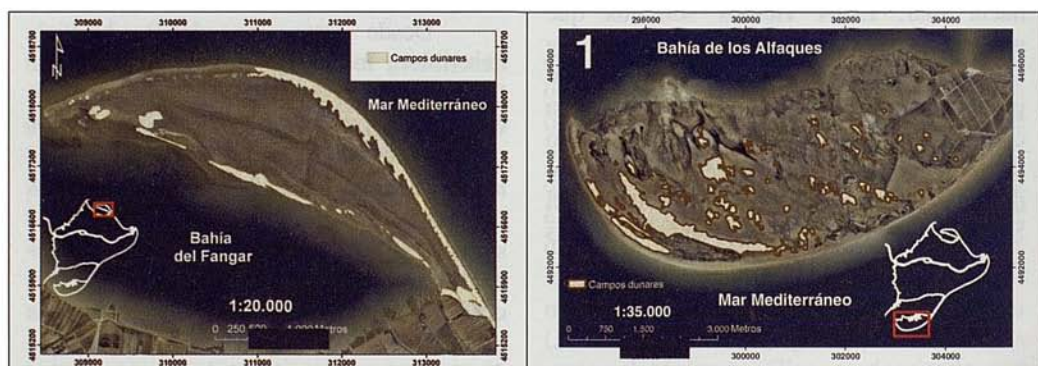


Fig. 3. Campos dunares en las Flechas del Fangar y de Los Alfaques..

Fig. 3. Dune fields over the Fangar and Alfaques Spits.

Ante esta situación la gestión de los sistemas dunares costeros del Delta del Ebro ha sido puntual y como respuesta a un problema concreto, es decir, se han llevado a cabo actuaciones a lo largo del litoral del delta perocasi siempre han sido realizadas para paliar o arreglar los efectos de un temporal (GENCAT, 2004).

Destacan las actuaciones llevadas a cabo en la Barra del Trabucador tanto la reconstrucción de la propia barra destruida en temporales de oleaje como la reconstrucción del sistema dunar (Molinet, 2006). Principalmente se han realizado estas actuaciones para mantener el acceso a la empresa salinera que se encuentra en la Península de los Alfaques. Otra actuación a destacar es la construcción por iniciativa privada de un dique de contención en el arranque de la Flecha del Fangar (Fig. 5).

Existen diversas propuestas de actuación por parte del Ministerio de Medio Ambiente (Galofré, 2007) en zonas donde la erosión es muy intensa, como es el caso propuesto entre la Flecha del Fangar y la Playa de La Marquesa (Ministerio de Medio Ambiente, 2001). Esta actuación pretende reproducir artificialmente el cordón litoral, tal como era el sistema previo al retroceso, a una cierta distancia de la línea de costa actual (500 m) para limitar las inundaciones por temporal. Al mismo tiempo se sustraería parte de la arena que actualmente llega a la punta de la Barra del Fangar, disminuyéndose el proceso de cierre de aquella bahía. Estas medidas serían parecidas a las comentadas anteriormente para el mismo sector, en la que se proponía utilizar la propia energía del medio para conseguir reforzar el cordón litoral.



Fig. 4. Barra del Trabucador. Izq.: después del temporal (1990). Der.: Periodo de calma, donde se observa la última aportación de arena (franja más clara interna) y la presencia de fan deltas en la parte interna (MOPT, 2005).

Fig. 4. Trabucador barrier. Left, after storm (1990) and right, during fine weather showing the last beach nourishment (light sand on the inner side) and fan deltas growing in the lagoon (MOPT, 2005).



Fig. 5. Playa de la Marquesa (Restaurante Los Vascos) junto al inicio de la península del Fangar (izquierda, año 2002 y derecha, 2008)

Fig. 5. *Marquesa Beach (Los Vascos Restaurant) just at the start of Fangar Spit (left: 2002, right: 2008).*

Recomendaciones finales

Cualquiera que sea la opción que se tome para proteger el sistema deltaico, debe contemplar las recomendaciones emanadas de la Dirección General de Medio Ambiente de la Unión Europea (EUROSION, 2005), en las que se hace hincapié en la necesidad de actuar en la gestión del sedimento y en el aprovechamiento de la resiliencia del sistema mediante los procesos dinámicos naturales. En el frente deltaico del Ebro, con un marcado déficit sedimentario, consiste en aprovechar tanto la deriva litoral (redistributiva del material erosionado) como el propio transporte eólico. En el hemidelta norte ambos procesos tienen un signo de transporte inverso, NO la deriva y SE el transporte eólico, y aunque el segundo sea de una magnitud de hasta una quinta parte del primero, su contribución es inmediata, en lo que respecta al refuerzo del sistema dunar costero. Además, si se tiene en cuenta como es un proceso de regresión costera (transgresión marina en el registro geológico) es posible observar como no se cumplen los cálculos basados exclusivamente en la inundabilidad de un edificio

deltaico estático, ya que a medida que retrocede la línea de costa, la misma energía del oleaje hace crecer el nivel de sus formaciones sedimentarias perimetrales.

Bibliografía

- CEDEX-CEPYC, 1996. Estudio de la dinámica litoral del Delta del Ebro y prognosis de su evolución. Informe Técnico. Ministerio de Fomento, Madrid.
- EUROSION, 2005. Vivir con la erosión costera en Europa: Sedimentos y espacio para la sostenibilidad. European Commission, Luxemburgo, 40 p.
- Galofré, J. 2007. Master plan for sustainability of the Spanish coast: Tarragona and Castellón case study. Proceedings of Coastal Zone 07. Portland, Oregon, 2007.
- GENCAT, 2004. Programa d'actuacions urgents a les zones litorals del Delta de l'Ebre afectades pels temporals de llevant. Dossier de premsa. Generalitat de Catalunya.
- Guillén, J. 1992. Dinámica y balance sedimentario en los ambientes fluviales y litoral del Delta del Ebro. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 584 p.
- I.T.G.E. 1996. Estudio geológico del Delta del Ebro. Proyecto para la evaluación de la tasa

- de subsidencia actual. Technical report. Instituto Tecnológico y Geominero de España; 83 p.
- Jiménez, J. 1996. Evolución costera en el Delta del Ebro. Un proceso a diferentes escalas de tiempo y espacio. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 274 p.
- Maldonado, A. 1972. El delta del Rio Ebro. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 450 p.
- Mallada, L. 1889. Reconocimiento geográfico y geológico de la Provincia de Tarragona. Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, 16. Ed. J.B. Macelwane, Madrid. 175 pp.
- Mariñas, J.F. y Tejedor, L. 1986. Modelo numérico de simulación hidrodinámica del Delta del Ebro. En M. Mariño (ed.). El sistema integrado del Ebro: Cuenca, delta y medio marino. Gráficas Hermes, Madrid. pp. 157-172.
- Mendoza, E.T. 2008. Coastal vulnerability to storms in the Catalan Coast. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 184 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente, 2001. Proyecto de actuación medioambiental en el entorno de la Península del Fangar, playa de la Marquesa y playa de Pal en el Delta del Ebro. Estudio de Impacto Ambiental. Informe Técnico. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Molinet, V. 2006. Recuperación del Delta del Ebro I. Recuperación de la configuración del Delta del Ebro. Tesina. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Montori, C. 2002. Sistema de drenaje de playas. Investigación y desarrollo. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona. 360p.
- Picó, M.J., Dolz, J., Prat, N. y Serra, J. 2005. 5 idees per salvar el Delta de l'Ebre. Nat. Valencia. Abril, pp. 23-29.
- Rodríguez, A. 1997. Estudio experimental de la hidrodinámica en zona de rompientes. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 274 pp.
- Rodríguez, I. 1999. Evolución geomorfológica del Delta del Ebro y prognosis de su evolución. Tesis Doctoral. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid. 200 pp.
- Rodríguez, I., Galofré, J. y Montoya, F. 2003. El Fangar spit evolution. Coastal Engineering VI: Computer Modelling and Experimental Measurements of Seas and Coastal Regions. WIT PRESS, UK, pp. 419-425.
- Rodríguez, I. 2005. Shoreline management guide. Case studies Ebro delta. Informe Técnico. Programa europeo EUROSION. http://copranet.projects.euccd.de/files/000155_EUROSION_Ebro_delta.pdf
- Sanchez-Arcilla, A., Jimenez, J. y Valdemoro, H., 1998. The Ebro Delta: Morphodynamics and Vulnerability. Journal of Coastal Research, 14 (3): 754-772.
- Sánchez, M.J. 2008. Evolución y análisis morfodinámico del campo dunar de La Flecha del Fangar (Delta del Ebro). Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos. Madrid. 285 pp.
- Serra, J. y Riera, G. 1993. La desembocadura del río Ebro: Variabilidad y cambios recientes. Geogaceta, 14: 27-28.
- Serra J., Riera G., Argullós J. y Parente Maia L. 1997. El transporte eólico en el Delta el Ebro: evaluación y contribución al modelado litoral. Boletín Geológico y Minero, 108: 477- 485.
- Serra, J. 1998. El Sistema sedimentario del Delta del Ebro. Revista de Obras Públicas, 3368: 15-22.
- Serra J, Montori C. y Guart M. 1998. Equilibri dinàmic de l'hemidelta Nord del delta de l'Ebre. Informe técnico. Generalitat de Catalunya. 55p.
- Serra J. 1999. Impacto ecológico de la disminución del caudal del río Ebro en su curso inferior y costa deltaica. En: Primer Congreso Caudales Ecológicos, Terrasa, Barcelona, Ed. APROMA, p. 217-227.