



RELACIÓN ENTRE CLIMA Y GENESIS DE CRESTAS/SURCOS DE PLAYA EN LOS ÚLTIMOS CUARENTA AÑOS (HUELVA, GOLFO DE CÁDIZ)

Relation between climate and genesis of beach ridges and swales in the last 40 years (Cádiz Gulf, Spain)

A. Rodríguez Ramírez, L. M. Cáceres, J. Rodríguez Vidal y M. Cantano

Universidad de Huelva, Departamento de Geodinámica y Paleontología, Campus de La Rábida, 21819 Palos de la Frontera (Huelva). E-mail: arodri@uhu.es

Resumen: Se realiza un estudio geomorfológico de la evolución más reciente de las flechas litorales de Doñana y El Rompido (Golfo de Cádiz), así como el análisis de datos climático y oceanográficos del área de estudio, en las últimas cuatro décadas. Se evidencia la formación de crestas y surcos de playa ligadas a la alternancia de periodos ciclónicos y anticiclónicos. Esto permite establecer una periodicidad del orden de 3-7 y 10-12 años. La primera relacionada con eventos climáticos de corto rango (NAO) y la segunda, coincidiendo con oscilaciones en la actividad de las manchas solares. Los periodos ciclónicos, dado la mayor predisposición a la erosión, dan lugar a una mayor disponibilidad de sedimentos, por lo cual serían los responsables de la génesis de crestas de playa. La génesis de los surcos estaría relacionada con la baja actividad ciclónica que provoca una escasa disponibilidad de sedimentos.

Palabras clave: *Geomorfología litoral, Crestas de playa, Tendencias climáticas, SW de España.*

Abstract: This work is a geomorphological study of the Doñana and El Rompido spits (Gulf of Cádiz), and an analysis of climatic and oceanographic data of this sector of the south Iberian coast, covering the last four decades. It relates the formation of beach-ridges and swales with the alternation of cyclonic and anticyclonic periods, and establishes one periodicity of around 3-7 years and another of 10-12 years. The former is related with short-term climatic events (NAO), and the latter, of greater morphological expression, with less intense sunspot activity. The frequent alternation of winter cyclonic regimes and summer anticyclonic regimes favours the formation of beach-ridges. Cyclonic periods are responsible for littoral erosive processes, making considerable amounts of sediments available in the shoreface zone. Swale genesis is related with anticyclonic regime with low erosion of the coast, resulting in little availability of sediments.

Key words: *Shoreline geomorphology, beach-ridges, climatic trends, SW Spain.*



Rodríguez Ramírez, A.; Cáceres, L. M.; Rodríguez Vidal, J. y Cantano, M. (2000). Relación entre clima y génesis de crestas/surcos de playa en los últimos cuarenta años (Huelva, Golfo de Cádiz). *Rev. C. & G.*, 14 (3-4), 109-113. © SEG. AEQUA. GEOFORMA Ediciones

1. Análisis climático

Las oscilaciones del frente ciclónico del Atlántico Norte afectan de forma significativa al clima del sur de Europa (Hurrell, 1996). Estas fluc-

tuaciones quedan reflejadas en un índice que representa los cambios de presión atmosférica a nivel del mar entre las Azores e Islandia (Kutzbach, 1970; Wallace & Gutzler, 1981). Del mismo modo las variaciones cíclicas experimentadas por las

manchas solares, repercuten de forma significativa en el clima, dado que afectan a la cantidad de radiación emitida por el sol (Meadows, 1975). Estas variaciones han sido estudiadas por numerosos autores determinándose una ciclicidad de una frecuencia de 11 años (Willson and Hudson, 1991). Los periodos de valores bajos del índice de las manchas solares se corresponden con valores mínimos del índice NAO. Esto representa una mayor

incidencia de ciclones atlánticos en el sur de Europa (figura 1).

Analizando los datos climáticos invernales (datos suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología), referidos a intensidad y frecuencia de vientos, en el Golfo de Cádiz (periodo 1961-1996), se observa que existe una estrecha relación entre valores negativos del índice NAO y mayor número de ciclones atlánticos invernales incidentes (figura

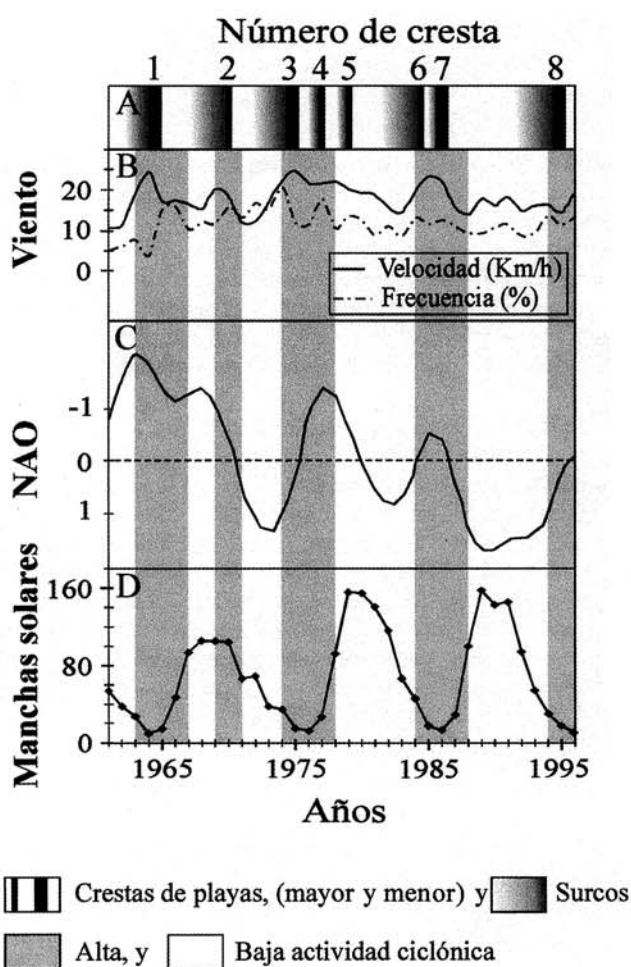


Figura 1. Relación entre clima, génesis y desarrollo de crestas/surcos de playa desde 1961 a 1996, en el Golfo de Cádiz. A: Génesis y desarrollo de crestas y surcos de playa. B: Actividad ciclónica, expresado en velocidad y frecuencia media anual del vientos del tercer cuadrante, para otoño/invierno. C: Valores medios anuales del índice de oscilaciones del frente del Atlántico Norte (NAO) (Rodwell et al., 1999). D: Valores medios anuales de oscilaciones de las manchas solares (Royal Observatory of Belgium).
 Figure 1. Relationships among climate formation and development of beach-ridges and swales from 1961 to 1996 in the Cadiz Gulf de . A: Origin and development of beach-ridges and swales. B: Cyclone activity in relation to the speed and mean annual frequency of the third quadrant winds, for autumn/winter. C: Mean annual values of the NAO index (Rodwell et al., 1999). D: Mean annual values for the sun spot oscillations (Royal Observatory of Belgium).

1). Esto demuestra el importante efecto que tiene la NAO en el régimen climático del SW de la Península Ibérica. La practica totalidad de los ciclones invernales presentan un régimen de vientos del tercer cuadrante. Es por ello que sólo se han considerado estos, evitando las posibles interferencias con vientos relacionados con regímenes de diferente dirección.

Del periodo analizado se establece que los intervalos 1963-1966, 1969-1970, 1974-1977, 1984-1987 y 1994-1996, corresponden con fases de mayor actividad ciclónica, las cuales se suceden con una periodicidad de 3 a 7 años. Estas fases presentan unos vientos con velocidades medias anuales, para el periodo otoño/invierno, superiores a 20 km/h, y una frecuencia del 14 al 19 % de los días del año. Los periodos ciclónicos mas fuertes (1964, 1976, 1986 y 1996), con valores cercanos a los 25 km/h de velocidad media, se corresponden con valores bajos de las manchas solares. Estos se suceden con una frecuencia de 10 - 12 años. En periodos invernales anticiclónicos los valores rondan los 15 km/h y 10% de media anual.

Este régimen de vientos determina el tipo de olas que afectan a la línea de costa, constituyéndose en un factor determinante en su evolución. Los vientos relacionados con los ciclones atlánticos invernales pueden alcanzar ocasionalmente rachas de más de 90 km/h. Estos generan olas de mar de fondo que pueden llegar a los 6-7 m de altura. La media anual de altura de olas, en periodos invernales de alta actividad ciclónica, es de 1,2 m de altura significativa (Hb), en contraste con los 0,7 m (Hb) en periodos invernales de escasos ciclones. En los periodos de estiaje el régimen dominante es de olas tipo «swell», con valores medios de 0,6 m (Hb).

2. Relación geomorfología-clima

El litoral del Golfo de Cádiz se caracteriza por la sucesión de amplias flechas litorales asociadas a las desembocaduras de los ríos principales. Las pautas evolutivas en estos últimos miles de años han sido motivo de numerosos estudios, diferenciándose una serie de fases progradantes (Zazo et al., 1994; Lario, 1996; Rodríguez-Ramírez et al., 1996). En la actualidad la mayor parte de estas formaciones han sufrido alteraciones antrópicas importantes. Tan solo la desembocadura del río

Piedras (Flecha de El Rompido) y la del río Guadalquivir (flecha de Doñana) permanecen en un estado natural, con escasas transformaciones.

A partir del estudio de fotografías aéreas de diferentes años (1956, 1969, 1977, 1980, 1984, 1988, 1992, 1994 y 1996), se ha podido establecer la génesis y cronología de 8 crestas de playa, en los últimos 40 años para ambas flechas litorales (Rompido y Doñana) (figura 2). El análisis de los

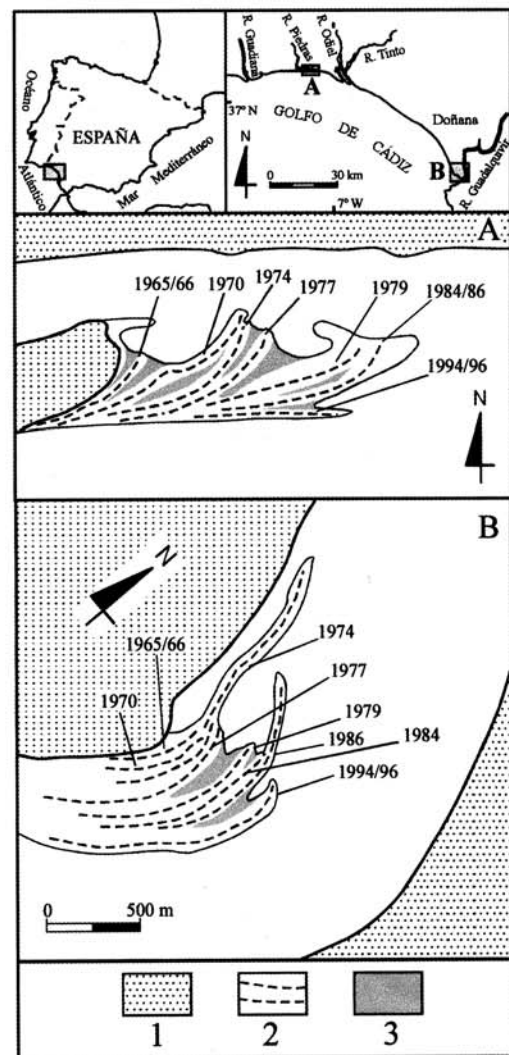


Figura 2. Area de estudio. Crestas y surcos de playa, y cronología de su génesis, desde 1956 hasta 1996. A. El Rompido. B. Doñana. 1. Formaciones anteriores a 1956, 2. Crestas y swales, 3. Surcos mayores. Figure 2. Study area. Beach-ridges and swales, and sequence chronology from 1956 to 1996. A. El Rompido. B. Doñana. 1. materials former to 1956; 2. Beach-ridges; 3. Major swales.

parámetros geomorfológicos, climáticos y oceanográficos ha permitido establecer la relación entre la generación de estos sistemas de crestas/surcos de playa y las pautas climáticas en los últimos cuarenta años. De este modo se establecen periodicidades del orden de 3-7 y 10-12 años en el desarrollo de estas crestas de playa (figuras 1 y 2), las cuales constituirían los ciclos de menor rango temporal en el Holoceno. Un mejor conocimiento del desarrollo de estos ciclos cortos es la base para comprender periodicidades de mayor rango temporal.

En el Golfo de Cádiz la formación de estas crestas de playa esta relacionada con periodos invernales de gran actividad ciclónica. La frecuencia de estos ciclones está controlada por las oscilaciones del frente del Atlántico Norte (NAO), que controla las periodicidades de 3-7 años. Ciclos de este orden representan sólo el 1% de todas las crestas de playa estudiadas en el mundo y se relacionan con la actividad ciclónica invernal (Tanner, 1995). Los valores máximos, de esta actividad ciclónica, están relacionados con valores bajos de las manchas solares, los cuales marcan las periodicidades del orden de 10-12 años, dando lugar a crestas de playa de mayor expresión morfológica (figuras 1y 2).

El aporte sedimentario se realiza a partir de barras submareales, que migran progresivamente hacia la zona emergida (Dabrio et al., 1986), tal como determina Komar (1976) como mecanismo más usual. Esta migración se realiza durante el periodo estival, en régimen de olas tipo «swell». La magnitud de la progradación costera dependerá del aporte de sedimentos desde la zona submareal, la cual depende a su vez de la cantidad de material erosionado durante los temporales invernales.

En relación con esto último, los ciclones atlánticos invernales producen los temporales más destructivos en el Golfo de Cádiz, con efectos erosivos muy considerables en la playa (Reyes et al., 1996). En el periodo estival, las barras submareales se desplazan hacia la línea de costa y se adosan a la playa emergida, dando lugar a la correspondiente cresta de playa. Casos similares encontramos en Ciudad del Carmen y Cayo Costa (Florida) (Tanner, 1990), donde la génesis y periodicidad de crestas está en relación al aporte sedimentario desde la zona submareal.

Así pues, el desarrollo de crestas y surcos de playa en el Golfo de Cádiz, en los últimos cuarenta años, esta relacionado con la alternancia de periodos ciclónicos y anticiclónicos. La formación de crestas de playa está favorecida por la frecuente alternancia de regímenes ciclónicos invernales y regímenes anticiclónicos estivales. Bajo tales condiciones la progradación es inmediata, decreciendo en periodos anticiclónicos prolongados. En periodos invernales de baja actividad ciclónica se favorece el desarrollo de surcos, debido a la menor disponibilidad de sedimento. En periodos invernales de gran actividad ciclónica la erosión costera aumenta, existiendo una mayor disponibilidad de sedimento que favorece el desarrollo de crestas de playa en los meses de primavera/verano.

Agradecimientos

Los autores quisieran agradecer a los Drs. C. Zazo y C. Dabrio la revisión crítica de este artículo. Así mismo al Instituto Nacional de Meteorología por la cesión de los datos climáticos (Huelva capital, periodo 1960/96) y al Organismo Autónomo Puertos del Estado (Departamento de Clima Marítimo) por la cesión de los datos oceanográficos. Al Royal Observatory de Bélgica por los datos de actividad de las manchas solares. Este trabajo ha sido subvencionado con fondos del proyecto PB94-1090-C03-01 y AMB99-0226-C03-03 de la DGES y del Plan Propio de la Universidad de Huelva. Es una contribución al proyecto 437 del IGCP.

Referencias bibliográficas

- Balsielle, J.H. (1986). Beach and coast erosion due to extreme event impact. *Shore and Beach*, 54, 22-37.
- Dabrio, C.J.; Boersma, J.R. & Fernández, J. (1986). Evolución sedimentaria de la Flecha del Rompido (Huelva). *IX Congreso Nacional de Sedimentología*, Salamanca, 1, 329-341.
- Hurrell, J.W. (1996). Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on Northern Hemisphere temperature. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 665-668.
- Komar, P.D. (1976). *Beach processes and sedimentation*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 429 pp.
- Kutzbach, J.E. (1970). Large-scale features of monthly mean Northern Hemisphere anomaly maps of sea-level pressure. *Mon. Weath. Rev.*, 98, 708-716.
- Lario, J. (1996). *Último y presente interglacial en el área de conexión atlántico-mediterráneo (sur de España). Variaciones del nivel del mar, paleoclima y paleoambientes*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 268 pp.

- Meadows, A.J. (1975). A hundred years of controversy over sunspot and weather. *Nature*, 256, 95-97.
- Reyes, J.L.; Benavente, J.; Gracia, F.J. & López-Aguayo, F. (1996). Efectos de los temporales sobre las playas de la bahía de Cádiz. *IV Reunión de Geomorfología*, 631-643.
- Rodríguez-Ramírez, A.; Rodríguez Vidal, J.; Cáceres, L.; Clemente, L.; Belluomini, G.; Manfra, L.; Improta, S.; de Andres, J.R. (1996). Recent coastal evolution of the Doñana National Park (S.Spain). *Quaternary Science Reviews*, 15, 803-809.
- Rodwell, M.J.; Rowell, D.P. & Folland, C.K. (1999). Ocean forcing of the wintertime North Atlantic Oscillation and European climate. *Nature*, 398, 320-323.
- Tanner, W.F. (1990). Origin of barrier islands on sandy coasts. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 40, 819-824.
- Tanner, W.F. (1995). Origin of beach ridges and swales. *Marine Geology*, 129, 149-161.
- Wallace, J.M. & Gutzler, D.S. (1981). Teleconnections in the geopotential height field during Northern Hemisphere winter. *Mon. Weath. Rev.*, 109, 784-812.
- Willson, R.C. & Hudson H.S. (1991). The Sun's luminosity over a complete solar cycle. *Nature*, 351, 42-44.
- Zazo, C.; Goy, J.L.; Somoza, L.; Dabrio, C.J.; Belluomini, G.; Improta, S.; Lario, J.; Bardaji, T. & Silva, P.G. (1994). Holocene sequence of sea-level fluctuations in relation to climatic trends in the Atlantic-Mediterranean linkage coast. *Journal of Coastal Research*, 10 (4), 933-945.

Recibido el 25 de septiembre de 2000

Aceptado el 20 de octubre de 2000