

# INDICADORES DE ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA DURANTE EL HOLOCENO RECIENTE EN EL P.N. DE DOÑANA (SO, ESPAÑA)

Neotectonic indicators during Late Holocene in the Doñana National Park (SW SPAIN)

A. Rodríguez-Ramírez <sup>(1)</sup>, E. Flores <sup>(2)</sup>, C. Contreras <sup>(1)</sup>, J.J.R. Villarías-Robles <sup>(3)</sup>, S. Celestino <sup>(4)</sup>, Á. León <sup>(5)</sup>

- (1) Departamento de Geodinámica y Paleontología. Universidad de Huelva. Avda. 3 de Marzo, s/n 21007 Huelva. arodri@uhu.es  
 (2) Espacio Natural Doñana. Junta de Andalucía. Ctra. El Rocío-Matalascañas, 21760 Almonte (Huelva, España).  
 (3) Instituto de Lengua, Literatura y Antropología. Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CCHS). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). C/ Albasanz, 26-28. 28037 Madrid (España).  
 (4) Instituto de Arqueología de Mérida. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Plaza de España 15, 06800, Mérida (Badajoz, España).  
 (5) Fundación del Hogar del Empleado (FUHEM), Colegio Lourdes. C/ San Roberto, 8. 28011 Madrid (España).

## Abstract:

The geomorphological and stratigraphic study of the marshes of Doñana National Park has revealed neotectonic activity during the Late Holocene. Anomalous drainage systems and relict surfaces show alignments in NE-SW and NW-SE directions. Analysis of a 12 m core has allowed us to identify coastal formations that are now buried under 6 m of subsequent clayey sedimentation. A radiocarbon age of 4,410-3,830 cal BP has been obtained for this depth. The identified coastal formations in the core are related to the current dune system of El Abalarío, which appears on the topographic surface to the north. We estimate a subsidence rate of 1.5 mm per year south of the NE-SW alignment over the past 4,000 years. To the SE this progressive, relative subsidence has led to the sedimentation of all subsequent formations.

**Palabras clave:** Doñana, Holoceno, neotectónica, formaciones costeras.

**Key words:** Doñana, Holocene, neotectonic, coastal formation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las características más notables del estuario del Guadalquivir es la amplia extensión de las formaciones cuaternarias (marismas, dunas y playas), resultado del relleno del antiguo estuario (Rodríguez Ramírez, 1998).

Un poco más al norte, en el Condado de Huelva y en El Abalarío, existen evidencias de actividad neotectónica que afectan a formaciones del Neógeno y Pleistoceno (Flores, 1993; Goy et al., 1994; Zazo et al., 1999).

El efecto de tal actividad en las formaciones del Holoceno del estuario del Guadalquivir (Doñana) no ha sido estudiado hasta la fecha.

El objetivo de este trabajo es presentar los datos preliminares de un estudio de mayor

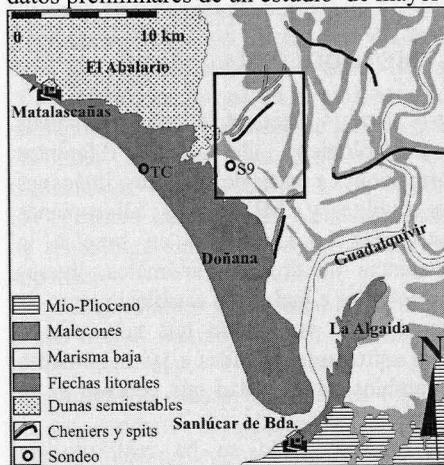


Fig. 1. Localización del área estudiada

entidad, que se está elaborando, en el que se pone de manifiesto la existencia de indicadores de deformación, hasta ahora escasamente estudiados, en medios tan recientes y dinámicos como son las formaciones holocenas de Doñana.

## 2. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ha centrado en un pequeño sector de las Marismas del P.N. de Doñana (Fig 1), con una intensa dinámica hidrológica y sedimentaria.

Estas presentan una orografía muy suave con desniveles decimétricos. Geomorfológicamente las mayores cotas las dan los antiguos malecones fluviales (*paciles*), algunos de los cuales están muy degradados, dando morfologías ovaladas (*vetas*), ligeramente más elevadas que la llanura circundante. La litología predominante es arcillosa, aunque se pueden dar episodios arenosos, con forma de cordones alargados, resultado de la dinámica marina en el interior del estuario (Rodríguez-Ramírez & Yañez, 2008). La vegetación dominante (*Spartina*, *Salicornia*...) marca muy bien las ligeras elevaciones y zonas de humedad. La alta estacionalidad del medio da lugar a periodos de encharcamiento, en otoño-invierno, y periodos de sequía el resto del año.

## 3. METODOLOGÍA

Se ha efectuado un análisis geomorfológico de las diferentes formaciones a partir de ortofotos, imágenes de satélite y MDT. Las alineaciones detectadas se identifican en base a la existencia de drenajes anómalos, ligeras morfologías e incluso al establecimiento de manchas de vegetación que se asocia a estas estructuras, debidas a las debilidades y cambios de humedad que generan en el sustrato.

Del mismo modo se ha realizado un sondeo de 12 m (S9), interpretándose su estratigrafía y datándose un nivel arenoso

con conchas, a 6 m de profundidad, en el laboratorio Beta analytic (USA) (B-285004: Edad conv.  $4180 \pm 40$  BP. Edad calib BP 4410 - 3830). Calibradas con el programa Calib Radiocarbon (curva Marine04) (Reimer et al., 2009) y aplicando  $\Delta R = 100 \pm 100$  (Soares, 2010).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

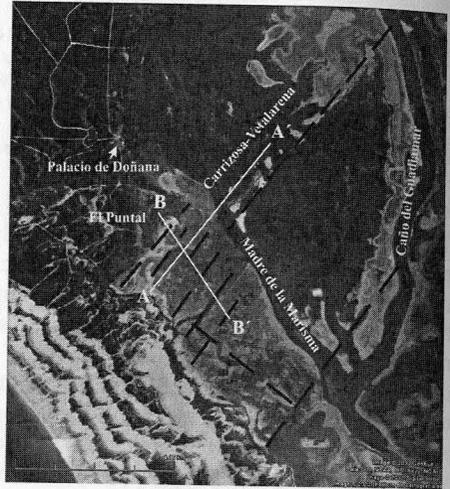


Fig. 2. Alineaciones más visibles y localización de perfiles topográficos.

El análisis geomorfológico ha permitido establecer una familia de alineaciones muy marcadas por la red hidrográfica, de dirección SO-NE ( $\approx N40E$ ) y de notable carácter rectilíneo (Fig. 2). Incluso algunas de ellas se continúan al otro lado de redes de drenaje principales (Madre de la Marisma). Se da también paralelismo de estas alineaciones con la dirección de ladera que define el borde norte y sur de la cubeta de la marisma por lo que estas deben ser previas al relleno sedimentario de la zona o sinsedimentarias.

En la franja cercana a las dunas hay cierta concentración de alineaciones edáficas o de humedad donde se ajusta de manera preferentemente la vegetación. Se muestran como un entramado ortogonal de direcciones preferenciales NO-SE, NE-SO (Fig. 3).

Perfiles topográficos de detalle, realizados

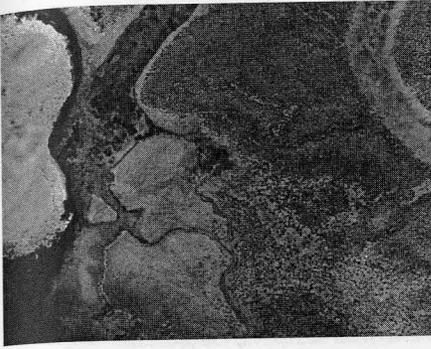


Fig. 3. Alineaciones de menor rango en el límite dunas-marisma.

con un MDT, muestran anomalías topográficas en la zona (Fig. 2 y 4).

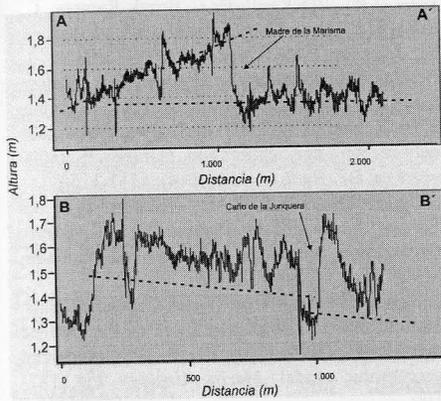


Fig. 4. Perfiles con MDT en el área de estudio.

Por otra parte resulta llamativa la inflexión erosiva de El Puntal y como ésta se prolonga a través del cordón arenoso de Carrizosa-Vetalarena, siguiendo la misma alineación NE-SO. Esta alineación corta el malecón derecho del Guadiamar dejando a su vez al norte restos degradados de una antigua superficie de marisma que se eleva 1,80 m sobre la llanura circundante (Fig. 5). Los depósitos arenosos que constituyen las vetas de Carrizosa y Vetalarena dan una cronología de unos 4000 años BP (Rodríguez Ramírez, 1998).

Al sur de dicha formación se ha realizado un sondeo de unos 12 m. El testigo analizado muestra en los primeros 6 m unas arcillas limosas grises (75-85%) con restos de raíces en los primeros metros y

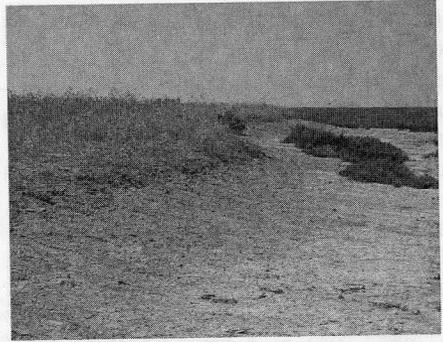


Fig. 5. Antigua superficie degradada en la marisma

malacofauna estuarina dispersa (*Cerastoderma edule*, *Tellina* sp. y *Scrobularia plana*). Este depósito se ha interpretado como una marisma mareal en transición a marisma pluvio/fluvial. Entre los 6-6,5 se observa un paquete de arenas medias/gruesas amarillentas (80-90%) con malacofauna marina (*Glycimeris*, *Venus*, *Chlamys*, *Ostrea*) y algún canto rocoso. Se ha interpretado como un depósito litoral muy somero de alta energía. Dicha fauna fue datada reflejando una edad calibrada de 4410-3830 BP. Entre los 6,5-12 m arenas medias (90-95%), anaranjadas muy homogéneas con abundantes tinciones rojizas y trazas edáficas, sin evidencias de fauna, y correspondiente a los mantos eólicos de la formación de El Abalarío, que aparecen en superficie al norte (Fig. 1).

Hace unos 4000 años BP el nivel del mar tenía una posición similar a la actual (Zazo et al., 1994) por lo que en el momento de su depósito el nivel arenoso se tendría que encontrar en una cota similar a las formaciones litorales actuales. De hecho los cordones de Carrizosa-Vetalarena son de cronología similar y se encuentran en superficie.

Las dunas estables y semiestables estarían a una altitud ligeramente por encima del nivel del mar. Un evento marino sobremontaría dichas formaciones eólicas en un contexto subsidente de la zona, instaurándose un lagoonal mareal a partir de entonces, protegido de la acción directa de la dinámica marina por una barrera arenosa

situada más hacia el oeste (Fig. 6).

Teniendo en cuenta la cronología del depósito arenoso se puede estimar una subsidencia en los últimos 4000 años, suponiendo unas tasas constantes, de 1,5 mm año. Hacia el este del S9, en un sondeo realizado por el IGME en plena flecha litoral de Doñana (Torre Carbonero (TC) (Fig. 2 y 6)), se puede determinar un espesor de los sedimentos correspondientes a la barrera arenosa de unos 23 m, apoyados sobre la formación dunar de El Abalarío (Salvany et al., 2011).

Las causas de tales anomalías se deben de encontrar por una parte en el deslizamiento del Olistostroma Bético hacia el NO y la tectónica compresiva-distensiva generada, junto con los procesos diapíricos en esta zona del Golfo de Cádiz, a lo que hay que sumar la propia subsidencia generada por las potentes formaciones holocenas.

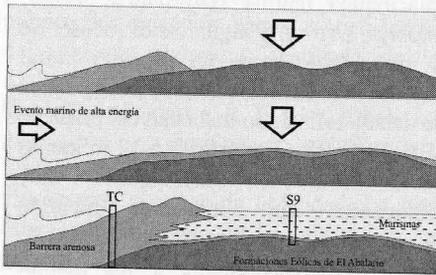


Fig. 6. Esquema del modelo evolutivo de la zona, atendiendo a los procesos de subsidencia y dinámica marina.

## 5. CONCLUSIONES

En la zona de estudio determinados contrastes geográficos son el resultado de un importante condicionante tectónico, desdibujado por la intensa dinámica fluvial, marina y eólica reciente.

Se ha deducido la existencia de marcadas alineaciones en la dirección SO-NE con un amplio control estructural por toda la zona. El análisis del testigo permite determinar tasas de subsidencia elevadas, del orden de 1,5 mm año en los últimos 4000 años. Esto ha provocado un cortejo de secuencias sedimentarias retrogradacionales, durante

al menos el Holoceno reciente, en un contexto de ascenso relativo del nivel del mar (Fig. 6). Cuestión a tener en cuenta a la hora de establecer los modelos paleogeográficos y de relleno sedimentario de este estuario a lo largo del Holoceno.

## REFERENCIAS

- Flores, E. 1993. *Tectónica reciente en el margen ibérico suroccidental*. Tesis Doctoral. Universidad de Huelva, 458 pp.
- Goy, J.L., Zazo, C., Dabrio, C.J. y Lario, J. 1994. Fault-controlled shifting shorelines in the Gulf of Cádiz since 20 Ky BP. *Abstract Volume 1st symposium Atlantic Iberian Continental Margin*, Lisboa, 24 p.
- Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Mc Cormac, F.G., Manning, S.W., Reimer, R.W. 2009. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 51 (4), 1111-1150.
- Rodríguez-Ramírez, A. 1998. *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, MMA, (Eds.). Madrid, 146 pp.
- Rodríguez-Ramírez, A. y Yáñez-Camacho, C.M. 2008. Formation of chenier plain of the Doñana marshland (SW Spain): observations and geomorphic model. *Marine Geology* 254, 187-196.
- Salvany, J.M., Larrasoña, J.C., Mediavilla, C. y Rebollo, A. 2011. Chronology and tectono-sedimentary evolution of the Upper Pliocene to Quaternary deposits of the lower Guadalquivir foreland basin, SW Spain. *Sedimentary Geology* 241, 22-39.
- Soares, A.M.M., Martins, J.M.M. 2010. Radiocarbon dating of marine samples from Gulf of Cadiz: the reservoir effect. *Quaternary International* 221, 9-12.
- Zazo, C., Dabrio, C.J., Borja, J., Goy, J.L., Le'zine, A.M., Lario, J., Polo, M.D., Hoyos, M., Boersma, J.R. 1999. Pleistocene and Holocene aeolian facies along the Huelva coast (southern Spain): climatic and neotectonic implications. *Geologie en Mijnbouw* 77, 209-224.
- Zazo, C., Goy, J.L., Somoza, L., Dabrio, C.J., Belluomini, G., Improta, S., Lario, J., Bardají, T. and 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.