

Génesis y caracterización del cordón estuarino de Las Nuevas (P. N. de Doñana)

Origin and characterization of the estuarine ridge of Las Nuevas (Doñana National Park)

A. Rodríguez-Ramírez (*), L. M. Cáceres (*), F. Ruiz (*), M. L. González-Regalado (*), F. Muñiz (*), J. Rodríguez Vidal (*), M. Abad (*) y M.I. Carretero (**).

(*)Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, Campus Universitario de La Rábida, 21819-Palos de la Frontera, Huelva, España.

(**)Departamento de cristalografía, mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla Apdo. 553, Sevilla, España.

ABSTRACT

The geomorphological and palaeontological studies of the Las Nuevas estuarine ridge indicates that these silty sands with abundant macrofauna were deposited over clayey marsh deposits during some erosive events at approximately 2000-1800 Cal ¹⁴C years BP. A detailed analysis of the macro- and microfauna included in two drillings collected in this unit permits to delimitate two palaeogeographic sectors during this period: a) to the western, a lagoon with little to very little tidal renewal and; b) the main channel, introducing abundant marine microfauna toward the salt marshes during the tidal fluxes.

Key Words: Estuarine ridges, littoral dynamics, micropaleontology, geomorphology, Holocene, Doñana.

Geogaceta, 29 (2001), 103-106

ISSN: 0213683X

Introducción

En la costa suratlántica española, el máximo transgresivo Flandriense (6500 años B.P.; Zazo *et al.*, 1994) marca el inicio de la interacción fluvio-marina en un conjunto de amplias desembocaduras fluviales (Guadiana, Piedras, Tinto-Odiel, Guadalquivir, Guadalete). A partir de este momento, la formación de barreras litorales y el retroceso de los acantilados produjo una progresiva regularización costera, con el relleno de los estuarios y la formación de marismas.

El actual estuario del Guadalquivir se encuentra cerrado al mar por dos importantes barreras litorales (flechas litorales de Doñana y La Algaida), tras las cuales se sitúan unas 140.000 Ha de marismas. El estudio de estas barreras litorales ha permitido diferenciar una serie de fases progradantes (H1: 6500-4400 años BP; H2: 4200-2550 años BP; H3: 2300-800 años BP; H4: 500 años BP-actualidad), separadas por episodios erosivos (Zazo *et al.*, 1994, 1996; Goy *et al.*, 1996; Lario, 1996). Algunos de estos episodios ha dejado una clara expresión morfológica con la formación de los cordones litorales de Vetalengua y Carrizosa-Veta la Arena (Rodríguez Ramírez *et al.*, 1996).

Depositadas sobre las antiguas barras de desbordamiento de la red fluvial, y en conexión con estos cordones erosivos, aparecen unas crestas conchíferas ("cordones estuarinos"; Rodríguez Ramírez, 1996) que resaltan levemente (< 2 m) de la marisma circundante. Estas acumulaciones de con-

chas han sido estudiadas recientemente por diversos autores, con una cartografía geomorfológica (Rodríguez Ramírez, *op. cit.*) y diversas dataciones (Dabrio *et al.*, 1996; Rodríguez Ramírez, 1998; Zazo *et al.*, 1999) que han permitido diferenciar dos episodios: uno más antiguo (cordón de Marilópez) y otro más reciente (cordón de Las Nuevas). En el presente trabajo, se aborda el estudio geomorfológico y paleontológico del cordón estuarino de Las Nuevas.

Metodología

Se han extraído dos sondeos (Fig. 1: A y B) de 2 cm de diámetro y más de 1 m de profundidad mediante una barrena. En cada uno de ellos, se tomaron dos muestras de 4 cm del nivel arenoso superior (cordón estuarino) y otras dos de los materiales infrayacentes. De cada muestra, se levigaron 15 g a través de un tamiz de 63 μ m de luz de malla para el estudio de la microfauna. En aquellas muestras con abundantes valvas y caparazones, se determinaron 300 especímenes de ostrácodos, con una extrapolación posterior para calcular el número de individuos por gramo. En el resto, se analizaron todos los ejemplares presentes. También se ha efectuado una revisión preliminar de los foraminíferos presentes.

Para el análisis de la macrofauna, se procedió al estudio de la fracción superior a 2 mm procedente de los levigados destinados al estudio microfaunístico en las dos muestras inferiores de cada son-

deo. Este estudio se completó con el tamizado de 1 kg de la parte superficial de ambos sondeos por un tamiz similar.

Resultados

Sedimentos

El tramo inferior de ambos sondeos está constituido por arcillas gris-azuladas masivas con escasos bioclastos. En el sondeo A, la escasa fracción arenosa (< 10 %) presenta evidencias de oxidación, con una pátina de óxidos de hierro que cubre la superficie de los minerales presentes. Estos óxidos de hierro han contribuido a preservar algunos pequeños rizolitos, compactando sus paredes.

El cordón arenoso superior se compone de una lumaquela de bivalvos con una matriz de arenas finas-medias limosas, de color amarillo-blanquecino. En su ordenamiento interno, pueden distinguirse estratificaciones cruzadas de bajo ángulo y secuencias de gran ángulo dispuestas en sets de 20 a 25 cm. Estos sets se acuñan lateralmente de forma rápida hacia barlovento, situándose bajo depósitos arcillosos más recientes hacia sotavento.

Análisis faunístico

Sondeo A. Las dos muestras inferiores presentan una acusada escasez de macrofauna, con ejemplares aislados del bivalvo *Cardium edule*. La microfauna está dominada por los foraminíferos bentónicos (*Ammonia inflata*, *Ammonia beccarii*, *Quinqueloculina seminulum*, *Elphidium* spp), acom-

Localización	Código laboratorio	14C (edad convencional)	Error	(13C/12C)	14C (edad calibrada)	Especie muestreada	Ref. Autor
Vetalengua	R-2283*	2171	36	-----	1753	Cerastoderma edule	1
Vetalengua	B-88016*	2230	60	-----	1808	Glycimeris glycimeris	1
H. Taraje	GX-21823	1960	120	0.2	1510	Concha sp	2
H. Taraje	GX-21824	1955	80	-1.3	1500	Concha sp	2
H. Taraje	B-145202*	2570	70	-1.5	2280	Solen marginatus	
H. Taraje	B-145203*	2140	70	-2	1710	Solen marginatus	
H. Los Zorros	GX-21825	2895	75	0.3	2700	Concha sp	2
H. de Caro	GX-21826	2010	110	0.1	1550	Concha sp	2
Veta Larga	R-2278*	2284	39	-----	1877	Glycimeris glycimeris	1

Tabla 1.- Dataciones de ¹⁴C realizadas en el área de estudio. (1) Rodríguez-Ramírez et al. (1996); (2) Dabrio et al. (1996); Laboratorios: (B) Beta Analytic Inc., Miami, FL (USA); (GX) Geochron Laboratories, Krueger Enterprises, Inc., Cambridge (USA); (*) Muestras sin efecto reservorio corregido (-440 ± 85 años BP).

Table 1.- Data base of ¹⁴C results in the area studied. (1) Rodríguez-Ramírez et al. (1996); (2) Dabrio et al. (1996); Laboratories: (B) Beta Analytic Inc., Miami, FL (USA); (GX) Geochron Laboratories, Krueger Enterprises, Inc., Cambridge (USA); (*) Reservoir effect corrected (-440 ± 85 yr BP).

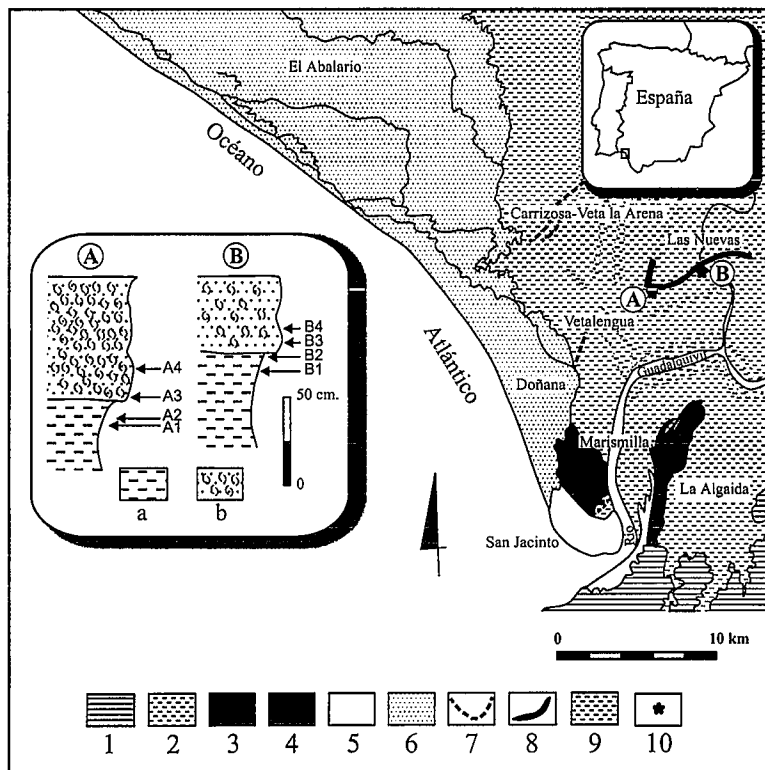


Fig. 1.- Síntesis geomorfológica de la desembocadura del río Guadalquivir. Leyenda. A, B: sondeos estudiados; a: arcillas; b: arenas limosas con abundante macrofauna. 1: sustrato Plio-Cuaternario; 2: marismas; 3: segunda fase de progradación (H2) de las flechas litorales; 4: tercera fase de progradación (H3); 5: cuarta fase de progradación (H4); 6: sistemas de dunas cuaternarias; 7: cordones litorales; 8: cordones estuarinos; 9: levees arcillosos; 10: situación de los sondeos estudiados.

Fig. 1.- Geomorphological synthesis of the Guadalquivir River mouth. Key. A, B: drillings; a: clays; b: silty sands with abundant macrofauna. 1: Plio-Quaternary substratum; 2: marshes; 3: second interval of the littoral spit progradation (H2); 4: third phase (H3); 5: fourth phase (H4); 6: Quaternary dune systems; 7: littoral ridges; 8: estuarine ridges; 9: clayey levees; 10: situation of the two drillings studied.

pañadas de esporádicos foraminíferos planctónicos (*Orbulina universa*, *Globigerinoides* spp.). Los ostrácodos aparecen en bajas proporciones (menos de 1'5 individuos/g), con predominio de formas juveniles de *Cyprideis torosa* y ejemplares aislados de *Loxoconcha elliptica* y *Leptocythere castanea* (Tabla 2).

Las conchas desarticuladas y los fragmentos de *C. edule* constituyen más del 30 % en peso del sedimento que conforma el

tramo arenoso superficial. También abundan los gasterópodos de pequeña talla (< 1 cm), con *Gyraulus albus*, *G. laevis*, *Rissoa* sp., *Planorbis carinatus*, *Nassarius incrassatus*, *N. pygmaeus*, y *N. reticulata* como formas principales. Además, son frecuentes los fragmentos de los bivalvos *Crassostrea angulata*, *Ostrea edulis*, *Anadonta cygnaea*, *Macoma cumana*, *Solen marginatus* y *Macra glauca*, así como del gasterópodo *Murex brandaris*.

Los foraminíferos y ostrácodos son abundantes. Entre los primeros, aparecen bien representados *A. inflata*, *Nonion boueanum*, *N. depressulum* y diversas especies de *Quinqueloculina*. Entre los planctónicos, se han observado ejemplares de *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides* y *Globigerinoides* spp. Los especímenes de ostrácodos superan los 40 individuos/g, con *C. torosa* (25-30 % de adultos) como forma dominante acompañada de frecuentes valvas de *L. elliptica*.

Sondeo B. Las arcillas basales sólo contienen algunas valvas fragmentadas de *C. edule*. Los foraminíferos bentónicos más representativos son *Ammonia beccarii* y *Nonion depressulum*, con *Quinqueloculina oblonga* y *Elphidium advenum* como especies adicionales secundarias. También aparecen algunos especímenes de foraminíferos planctónicos (*Globigerina* sp., *Globigerinoides obliquus*). La densidad de ostrácodos es baja (1 a 3 individuos/g), con *C. torosa* como especie dominante acompañada por adultos de *Palmoconcha laevata*. También son frecuentes las mudas intermedias (A-3 a A-6), a menudo fragmentadas y erosionadas, de *Pontocythere elongata*, *Urocythereis oblonga* y *Cytherea adriatica*.

En las arenas suprayacentes, *C. edule* es la especie dominante en la macrofauna, si bien en menor proporción que en el sondeo A. Otros bivalvos bien representados son *Macra corallina corallina*, *Venerupis rhomboides*, *Diluvarca diluvii*, *Spisula elliptica* y *Acanthocardia tuberculata*. Entre los gasterópodos, las formas juveniles (3-8 mm) de *Rissoa* sp. son muy abundantes, con *G. albus* como especie secundaria. Otros gasterópodos raros son *Bittium reticulatum* y fragmentos de *Lemnina arenaria*. Además de estos moluscos, son frecuentes las radiolas de equinodermos, espículas triaxonas de esponjas y fragmentos de briozoos.

Los foraminíferos bentónicos son muy abundantes, dominados por *Ammonia inflata*, *A. beccarii* y *N. depressulum*. También son frecuentes ejemplares de *Elphidium*

williamsoni y algunos planctónicos (*O. universa*, *Globigerinoides trilobus*). El número de individuos y especies de ostrácodos aumenta notablemente en relación con las arcillas infrayacentes, con un 65-70% de individuos pertenecientes a *C. torosa*. Entre las especies minoritarias, destacan *P. laevata* y *L. castanea*, junto a formas juveniles de *P. elongata*, *U. oblonga*, *L. elliptica* y *C. whitei*.

Discusión

El sustrato de los cordones estuarinos

Las arcillas azules infrayacentes muestran ciertas diferencias entre los sondeos A y B. En el sondeo A, la presencia de rizolitos y una oxidación generalizada de la fracción arenosa indicarían una exposición subaérea importante. La macrofauna es escasa, en tanto que la microfauna está dominada por foraminíferos de muy pequeño tamaño (*Ammonia*, *Quinqueloculina*, *Elphidium*), presentes en estuarios y lagunas costeras abiertas al mar (Pascual, 1990; Serandrei-Barbero *et al.*, 1999). En los ostrácodos, sólo se encuentran formas juveniles (mudas A-5 a A-2), un rasgo típico de tanatocenosis de baja energía (Whatley, 1988). Esta conjunción de factores suele aparecer en medios de marisma alta, situados por encima de los niveles medios de marea alta durante la mayor parte del tiempo. Estas marismas se inundarían de forma ocasional, depositándose la microfauna que arrastra el refluo marea en suspensión. La microfauna procede de sectores estuarinos-lagunares próximos, sin apenas presencia de ejemplares de biotopos marinos.

En el sondeo B, la microfauna es más abundante y con un tamaño medio superior. En los ostrácodos, domina *C. torosa*, junto a numerosas formas juveniles de especies marinas costeras como *P. elongata*, *C. adriatica* ó *U. oblonga* (Ruiz *et al.*, 1997). Esta coexistencia es frecuente en medios intermareales (borde de canal, marisma baja) de lagunas costeras y zonas próximas a los canales alimentadores principales de los estuarios, con una conexión marina cercana (Ruiz *et al.*, 1996).

Los cordones estuarinos

En ambos sondeos, las especies estuarinas continúan dominando tanto la macrofauna (*C. edule*) como la microfauna (*C. torosa*, *L. elliptica*). En el sondeo A, *C. edule* está acompañada por numerosos gasterópodos dulceacuícolas de pequeño tamaño (*Gyraulus* spp., *Planorbis*), frecuentes actualmente en diversos cursos fluviales de la provincia de Huelva (Pérez Quintero, 1989). En contraposición, las formas minoritarias de moluscos del sondeo B se encuentran preferentemente en

ESPECIES/MUESTRAS	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4
<i>Aurila convexa</i> *							1	6
<i>Callistocythere flavidofusca</i> *							3	6
<i>Callistocythere rastrifera</i> *						3		18
<i>Callistocythere</i> sp. *								6
<i>Carinocythereis whitei</i> *					1		7	30
<i>Caudites calceolatus</i> *								12
<i>Costa edwardsii</i> *							3	
<i>Cytheretta adriatica</i> *					2			6
<i>Cyprideis torosa</i>	4	17	982	599	14	27	273	1256
<i>Hiltermannicythere emaciata</i> *						1	1	6
<i>Leptocythere bacescioi</i> *							8	6
<i>Leptocythere castanea</i>	1	1	25	7		1	9	79
<i>Leptocythere fabaeformis</i>								12
<i>Leptocythere macallana</i> *				2				
<i>Leptocythere pellucida</i> *					1			
<i>Leptocythere tenera</i>								12
<i>Loxococoncha elliptica</i>	1		107	47		2	16	36
<i>Loxococoncha rhomboidea</i>							1	
<i>Microcytherura angulosa</i> *					1			
<i>Neocytherideis subulata</i> *							1	
<i>Palmoconcha guttata</i> *							9	12
<i>Palmoconcha laevata</i>			8	2	1	5	41	169
<i>Paracytheridea depressa</i> *							1	
<i>Pontocythere elongata</i> *			4		1	1	18	66
<i>Semicytherura arcachonensis</i> *								6
<i>Semicytherura incongruens</i> *							8	
<i>Semicytherura sulcata</i> *							7	
<i>Urocythereis oblonga</i> *			8			2	11	60
<i>Xestoleberis aurantia</i> *								6
NÚMERO DE INDIVIDUOS	6	18	1134	658	21	42	418	1810
INDIVIDUOS/GRAMO	0,4	1,2	75,6	43,9	1,4	2,8	27,9	120,7
% FORMAS MARINAS (*)	0	0	1	0,2	28,5	16,7	18,4	13,6

Tabla 2.- Abundancia de los ostrácodos en las muestras estudiadas.

Table 2.- Abundance of ostracods in the samples studied.

medios marinos (*Venerupis*, *Mactra*, *Acanthocardia*), de donde procederían también los fragmentos de equinodermos, esponjas y briozoos hallados.

Algo similar acontece en la microfauna. En ambos sondeos, los ostrácodos dominantes son *C. torosa* y *L. elliptica*, una asociación típica de medios lagunares internos (Ruiz *et al.*, *in press*). No obstante, los foraminíferos planctónicos de procedencia marina son más frecuentes y los ostrácodos de medios marinos someros suponen entre el 10 y el 20% de todas las formas presentes en el tramo arenoso superior del sondeo B. En el sondeo A, sin embargo, el número de especies es menor y la presencia de especies litorales es anecdótica.

Estas faunas se acumularían, con una morfología de cresta, sobre los *levees* arcillosos previos, que compondrían antiguos depósitos de marisma (ver apartado anterior) durante eventos energéticos de origen marino. Estos depósitos de marismas previos ya presentaban un grado de exposición subaérea importante.

Implicaciones paleogeográficas

Diversos historiadores y geógrafos (Estrabón, Avienus, Mela) describieron de for-

ma más o menos detallada la desembocadura del río Guadalquivir hacia los 1900-2000 años BP, inmediatamente antes del depósito de estos cordones estuarinos. Durante este periodo, estos autores describen la presencia de una laguna interior (*Lacus Ligustinus*), que se comunicaba con el mar a través de dos desembocaduras. Estos datos, unidos a un análisis geomorfológico y a las dataciones mencionadas, han permitido establecer un esquema paleogeográfico para este periodo (Fig. 2; modificada de Rodríguez Ramírez, 1996), que concuerda con las deducciones paleontológicas efectuadas.

En el sector occidental (sondeo A), existiría una laguna semiconfinada, con un moderado o bajo intercambio marea (ausencia de microfauna marina) debido a la protección parcial de la flecha de Doñana y sus bancos arenosos sumergidos adosados, en crecimiento más o menos continuo durante los periodos progredantes. En este sector, los aportes fluviales (con transporte de gasterópodos dulceacuícolas en suspensión) jugarían un papel importante y el sector se comportaría como una laguna costera, similar a algunas actuales (Orbetello, Venecia) (Montenegro y Pugliese, 1995; Ruiz *et al.*, *in press*).

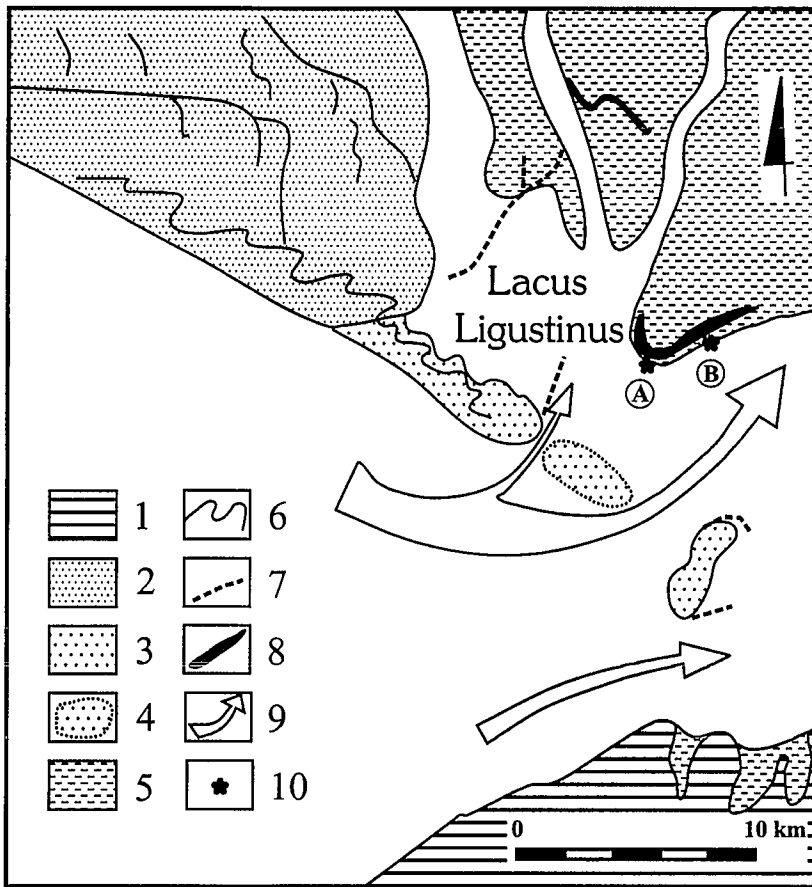


Fig. 2.- Reconstrucción paleogeográfica de la desembocadura del Guadalquivir en torno a los 2000-1800 años BP. Leyenda: 1: sustrato pre-Holoceno; 2: sistemas de dunas cuaternarias; 3: barreras litorales arenosas; 4: bancos arenosos intermareales; 5: marismas; 6: crestas dunares; 7: cordones litorales; 8: cordones estuarinos; 9: flujo mareal; 10: situación de los sondeos estudiados.

Fig. 2.- 5: Palaeogeographical reconstruction of the Guadalquivir River mouth at 2000-1800 years BP approximately. Key: 1: Pre-Holocene substratum; 2: Quaternary dune systems; 3: sandy littoral barriers; 4: intertidal sandy banks; 5: marshes; 6: dune ridges; 7: littoral ridges; 8: estuarine ridges; 9: tidal flux; 10: situation of the two drillings studied.

En la parte oriental, se situaría el cauce fluvial principal, por donde se canalizaría la mayor parte del flujo-reflujo mareal. Durante los episodios de flujo, la marea y eventos energéticos puntuales introducirían tanto fragmentos de macrofauna como microfauna en el estuario, que serían depositados en el borde de canal o la marisma baja (sondeo B). Este esbozo paleogeográfico deberá ser contrastado por nuevos sondeos en el mismo cordón estuarino, situados al norte del sondeo A y al este del sondeo B.

Conclusiones

El análisis paleontológico y geomorfológico del cordón estuarino de Las Nuevas (P. N. de Doñana) ha permitido corroborar que estas crestas se generaron como depósitos de elevada energía, a modo de cordones, sobre los leves arcillosos fluviales. Este cordón puede presentar variaciones laterales en su contenido faunístico, en función de su posición dentro del

denominado *Lacus Ligustinus*. La fauna de este antiguo lago estaría dominada por el bivalvo *C. edule*, en la macrofauna, y por foraminíferos (*Ammonia*, *Elphidium*) y ostrácodos (*C. torosa*, *L. elliptica*), en la microfauna.

El análisis de las formas secundarias es muy importante ya que permite distinguir entre un sector occidental más confinado y un canal fluvial principal. En las antiguas marismas próximas a la zona confinada, las formas marinas resedimentadas son muy escasas, en tanto que abundan los gasterópodos dulceacuícolas. En el canal principal, el flujo y los eventos energéticos introducía una importante variedad de especies litorales en zonas subemergidas. Esta hipótesis deberá ser corroborada en futuras investigaciones de este cordón arenoso.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto AMB99-0226-C03-03 y por los Grupos de Investigación "Geomorfología

Ambiental y Aplicada" (RNM-293) y "Paleontología y Ecología Aplicadas" (RNM-238). Es una contribución al IGCP 437.

Referencias

Dabrio, C. J., Polo, M. D., Zazo, C., Hoyos, M., Lario, J., Goy, J. L., Sierro, F. J., Flores, J. A., González, J. A., Bardají, T., Borja, F. (1996): In: T.A.M. de Groot (Ed.), "Climate Change and Coastal Evolution in Europe. Final Report". Rijks Geologische Dienst, The Netherlands. 3, 11.1-11.29.

Goy, J. L., Zazo, C., Dabrio, C. J., Lario, J., Borja, F., Sierro, F. J., Flores, J. A. (1996): *Quaternary Sci. Rev.* 15, 773-780.

Lario, J. (1996). *Tesis Doctoral*. Universidad Complutense de Madrid. 269 pp. (inédita).

Montenegro, M. E., Pugliese, N. (1995): *Atti Mus. Geol. Paleont. Monfalcone* 47, 159-176.

Pascual, A. (1990): *Tesis Doctoral*. Universidad del País Vasco. 345 pp. (inédita)

Pérez Quintero, J. C. (1989): *Introducción a los moluscos onubenses. I: Faunística*. Junta de Andalucía. 110 pp.

Rodríguez Ramírez, A. (1996): *Tesis Doctoral*. Universidad de Huelva. 370 pp (inédita).

Rodríguez Ramírez, A. (1998): *Geomorfología del Parque Nacional de Doñana y su entorno*. Organismo Autónomo Parques Nacionales. 146 pp.

Rodríguez Ramírez, A., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L., Belloumini, G., Manfra, L., Improta, S., De Andrés, J. R. (1996): *Quaternary Sci. Rev.* 15, 803-809.

Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Morales, J. A. (1996): *Geobios*, 29, 513-528.

Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Muñoz, J. M. (1997): *Mar. Micropal.*, 31, 183-203.

Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Bacceta, J. I., Menegazzo-Vitturi, L., Pistolato, M., Rampazzo, G., Molinaroli, E. (in press). *Geobios*.

Serandrei-Barbero, R., Carbognin, L., Taroni, G., Cova, E. (1999): *Micropaleontology*, 45, 99-111.

Whatley, R. C. (1988): In: P. De Deckker, P., J. P. Colin y J. P. Peyrouquet (Eds.), "Ostracoda in the Earth Sciences". Elsevier. 245-256.

Zazo, C., Goy, J. L., Somoza, L., Dabrio, C. J., Belloumini, G., Improta, J., Lario, J., Bardají, T., Silva, P. G. (1994): *J. Coastal Res.*, 10, 933-945.

Zazo, C., Dabrio, C. J., González, A., Sierro, F. J., Yll, E. I., Goy, J. L., Luque, L., Pantaleón-Cano, J., Soler, V., Roure, J. M., Lario, J., Hoyos, M., Borja, F. (1999): *Geogaceta*, 26, 119-122.