Revista Española de Micropaleontología, 42 (2), 2010, pp. 267-273
©Instituto Geológico y Minero de España
ISSN: 0556-655X

Evidencias de depredación en ostrácodos holocenos del Parque Nacional de Doñana (SO de España)

Francisco Ruiz[1], Manuel Abad[1], María Luz González-Regalado[1], Antonio Toscano[1], Joaquín Rodríguez Vidal[1], Luis Miguel Cáceres[1], Manuel Pozo[2], María Isabel Carretero[3] y Edith Xiomara García[4]

[1]Departamento de Geodinámica y Paleontología, Universidad de Huelva, Avda. Tres de Marzo, s/n, 21071 Huelva, España.
ruizmu@uhu.es
[2]Departamento de Geología y Geoquímica, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.
[3]Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola, Universidad de Sevilla. Apdo. 555 Sevilla, España.
[4]Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, 45110 Jalisco, México.

Resumen

Este trabajo analiza las evidencias de depredación observadas en la revisión de más de 5.000 valvas y caparazones de ostrácodos extraídos en sedimentos holocenos del Parque Nacional de Doñana (SO de España). Estas evidencias son muy escasas (0,15%), debido en parte a la alta proporción de mudas juveniles. Se pueden distinguir dos tipos de perforaciones (*Oichnus paraboloides* Bromley y *Oichnus simplex* Bromely), localizadas preferentemente en las áreas central y anterior de las valvas y atribuidas principalmente al ataque de gasterópodos. Estas perforaciones afectan a los adultos y a las últimas mudas juveniles de especies con ornamentación externa lisa. No se existe correlación estadística entre la abundancia de ostrácodos y el número o porcentaje de valvas depredadas, así como entre el diámetro de las perforaciones y el tamaño de las valvas que las presentan.

***Palabras clave**:* Ostrácodos, depredación, Holoceno, SO España.

Abstract

[Predation on Holocene ostracods of the Doñana National Park (SW Spain)] This paper examines the evidences of predation observed in the study of more than 5,000 ostracod shells extracted from Holocene sediments of the Doñana National Park (SW Spain). These evidences are very rare, partly due to the high proportions of juvenile instars. Two types of evidences are distinguished (*Oichnus paraboloides* Bromley and *Oichnus simplex* Bromley), preferentially located in the central and anterior areas of the valves and attributed mainly to gastropods. These holes were found in adults and the last juvenile instars of species with smooth shells. There is not statistical correlation between: a) the abundance of ostracods and the number or percentage of predated shells; and b) the hole diameter and the size of the valves that contain them.

***Key words**:* Ostracods, predation, Holocene, SW Spain.

1. INTRODUCCIÓN

Los ostrácodos constituyen una de las posibles presas de distintos grupos acuáticos, tales como gasterópodos, bivalvos carnívoros, escafópodos, equínidos, peces o incluso otros ostrácodos (p.e., Leal, 2008). El análisis del contenido estomacal ha revelado que estos microcrustáceos no suelen suponer más del 5 % de la dieta de estos

organismos, si bien los caparazones de algunas especies pueden ser muy abundantes en las heces de determinadas aves (Green *et al*., 2008).

En el registro fósil, las evidencias de depredación en sus valvas y caparazones se han detectado desde el Cámbrico. Los distintos tipos de perforaciones observadas se han atribuido a la acción post-mortem de hongos (Reyment y Elewa, 2002) o a las estrategias de depredación de diversos invertebrados (Maddocks, 1988; Vannier *et al*., 2003). La mayoría de estos estudios se han centrado en poblaciones fósiles o actuales de ostrácodos marinos (p.e., Reyment, 1963, 1966; Reyment *et al*., 1987).

Este trabajo analiza las evidencias de depredación en poblaciones holocenas de ostrácodos del Parque Nacional de Doñana (SO de España). Estas evidencias son medidas, dibujadas y comparadas con las dimensiones de las valvas que las contienen, así como con los estadios ontogénicos en los que se presentan.

2. EL ÁREA DE ESTUDIO: REGISTRO HOLOCENO DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA

2.1. El Parque Nacional de Doñana

El río Guadalquivir conforma un amplio estuario (~1.800 km^2) en su desembocadura en el océano Atlántico. Este estuario incluye el Parque Nacional de Doñana, uno de los humedales más amplios de Europa, con más de 50.000 ha. Esta Reserva de la Biosfera está constituida básicamente por un sistema de canales fluviales delimitados por *levees*, entre los que se disponen marismas fluviomareales y un conjunto de depresiones ocupadas por lagunas dulceacuícolas, denominadas localmente "lucios". La topografía general de esta Reserva es esencialmente plana, sólo interrumpida por un conjunto de pequeños promontorios ocupados por *cheniers*, crestas bioclásticas y crestas arenosas. Estas formaciones geomorfológicas se alzan unos 2-2,5 m sobre el nivel medio de las marismas adyacentes y suelen presentar una morfología en cresta de playa (Ruiz *et al*., 2008). Todo este sistema está parcialmente protegido por dos flechas arenosas (Fig. 1a: Doñana y La Algaida), constituidas por sistemas cuaternarios de dunas activas.

El análisis pluridisciplinar del relleno holoceno mediante testigos continuos ha revelado la evolución del Parque Nacional de Doñana desde el máximo de la transgresión Fladriense en este sector (~6.500 años BP; Zazo *et al*., 1994). Básicamente, el sector meridional del Parque estaba constituido por un amplio lagoon con conexión marina, que fue progresivamente colmatándose. Su relleno también incluye depósitos tsunamigénicos y tempestíticos con edades comprendidas entre los 5.000 y 1.500 años BP (Ruiz *et al*., 2004, 2005, 2008; Pozo *et al*., 2010). Dos de estos testigos han sido seleccionados para este trabajo (Fig. 1b).

2.2. Los testigos continuos

El testigo A está constituido por limos arcillosos verde-grisáceos, entre los que se intercalan niveles tsunamigénicos y tempestíticos caracterizados por un importante contenido bioclástico. Estos sedimentos finos se depositaron en un lagoon abierto, con una colmatación progresiva y una disminución de los aportes mareales entre los 4.300 y 3.500 años BP (Fig. 1b). La asociación de ostrácodos está dominada por *Cyprideis torosa* (Jones 1850), *Loxoconcha elliptica* Brady 1868 y *Leptocythere castanea* (Sars 1866), parcialmente reemplazados por especies de afinidad marina como *Carinocythereis whitei* (Baird, 1850) o *Urocythereis oblonga* (Brady 1868) en los niveles tsunamigénicos (Ruiz *et al*., 2005).

El testigo B está formado por limos arcillosos grisáceos, masivos, cuyas asociaciones de ostrácodos marcan una transición desde un lagoon abierto (*C. torosa*, *L. elliptica*, *L castanea*) a una laguna de aguas dulces o "lucio", con dominio de *Heterocypris salina* (Brady 1868), entre los 2.500 y 2.000 años BP, aproximadamente (Ruiz *et al*., 2004).

3. METODOLOGÍA

Se obtuvieron 22 muestras de 15 g cada una para el análisis de las evidencias de depredación en las poblaciones de ostrácodos, que fueron seleccionadas en función de los cambios litológicos observados en los testigos. La litología, textura, mineralogía, paleontología, dataciones y reconstrucciones paleoambientales de estos testigos pueden ser consultadas en Ruiz *et al*. (2004, 2005).

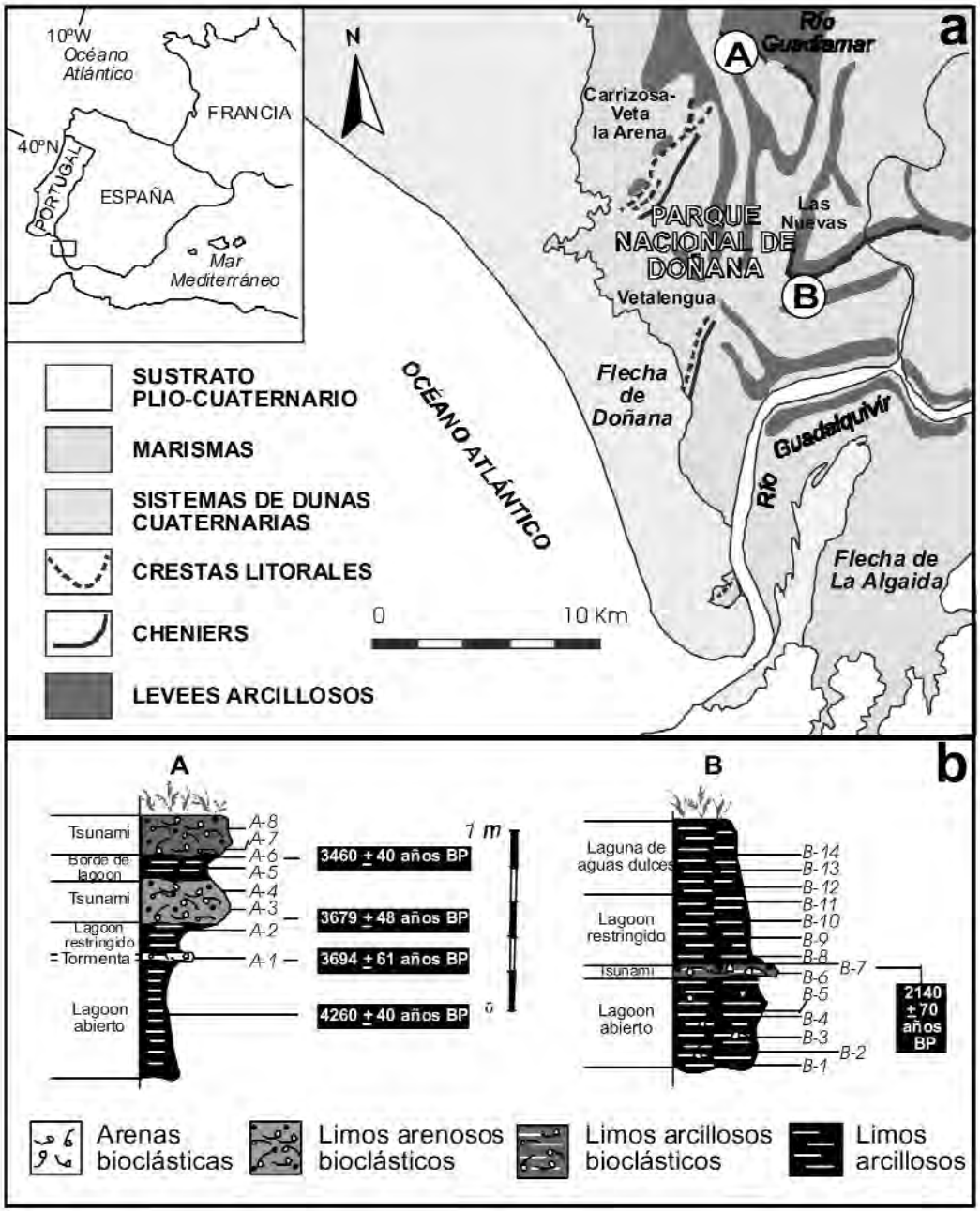

Figura 1. a, Localización y principales rasgos geomorfológicos del Parque Nacional de Doñana. b, Testigos: litología, dataciones (no calibradas) y muestreo realizado (modificado de Ruiz *et al*., 2004, 2005).

Figure 1. a, Location and main geomorphic features of the Doñana National Park. b, Cores: lithology, datings (uncalibrated) and sampling (modified from Ruiz et al.*, 2004, 2005).*

Las muestras fueron levigadas a través de un tamiz de 63 µm y secadas en estufa a 70°C. Si fue posible, se separaron un mínimo de 150 individuos de cada muestra, con una extrapolación posterior para calcular el número total de ostrácodos en la muestra total y el número de individuos presentes en 10 g de sedimento seco. Si el número de especímenes fue inferior a 150, se separaron todos los caparazones y valvas presentes.

En un segundo paso, se separaron y dibujaron aquellos ejemplares con evidencias de depredación, si bien fueron rechazadas las formas rotas o con señales de abrasión. La localización de las perforaciones fue clasificada

como anterior, central, posterior, dorsal y ventral. Además, el diámetro externo (para perforaciones circulares) o el eje mayor (para perforaciones elípticas) de las perforaciones fue medido y comparado con la longitud y la altura de las valvas que las contienen.

Finalmente, el estadio ontogénico de cada valva perforada fue determinado a partir de datos obtenidos de diversas notas cortas del Stereo Atlas of Ostracod Shells (Kilenyi y Whittaker, 1974; Athersuch y Whittaker, 1976).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentajes de depredación, especies y medios

Las evidencias de depredación son muy escasas en las muestras analizadas, con solo 8 valvas perforadas de un total de 5.446 valvas y caparazones separados (0,15%). Este promedio es claramente inferior al obtenido en diversas investigaciones de medios marinos, donde suelen situarse entre el 1-5% e incluso alcanzar más del 37% en determinadas especies (Honappa y Venkachalapathy, 1978; Reyment *et al*., 1987; Bhatia *et al*., 1989). Los porcentajes pueden superar el 10% en muestras aisladas con escasas poblaciones de ostrácodos (1 individuo/10 g). No obstante, debe indicarse que, en este estudio, no existe correlación alguna entre la abundancia de ostrácodos y el número o porcentaje de valvas depredadas, ya que no se han encontrado perforaciones en las valvas extraídas de muestras con más de 100 individuos por gramo (Tabla 1).

La depredación afecta a las 4 especies más abundantes en estos testigos (*C. torosa*, *L. elliptica*, *L. castanea*, *H. salina*). Se ha detectado principalmente en sedimentos inicialmente depositados en lagoons restringidos, lagunas de aguas dulces o debido a la acción de eventos de alta energía (tsunamis, tormentas).

INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL	Especies Muestras	*Cyprideis torosa*	*Heterocypris salina*	*Leptocythere castanea*	*Loxoconcha elliptica*	Individuos extraídos	Individuos/10 g	% Valvas perforadas
	A-8					2	< 1	
	A-7	2				19	1	10.52
Borde de lagoon	A-6					29	2	
	A-5					10	1	
Tsunami	A-4					68	5	
	A-3					63	4	
Lagoon restringido	A-2			1		51	3	1.96
Tormenta	A-1				1	286	98	0.35
Laguna de aguas dulces	B-14		1			163	110	0.61
	B-13					341	97	
	B-12	1				233	39	0.43
Lagoon restringido	B-11					341	86	
	B-10					284	323	
	B-9					504	845	
	B-8	1				308	1340	0.59
Tsunami	B-7	1				382	3220	0.26
	B-6					357	3190	
Lagoon abierto	B-5					401	2270	
	B-4					369	4670	
	B-3					447	10120	
	B-2					376	8530	
	B-1					412	6440	

Tabla 1. Evidencias de depredación observadas en las poblaciones holocenas de ostrácodos del Parque Nacional de Doñana, con indicación del número de individuos extraídos, abundancia relativa de ostrácodos y porcentajes de valvas perforadas.

Table 1. Predation evidences on Holocene ostracod populations of the Doñana National Park, with indication of the number of individuals picked, relative abundance of ostracods and percentages of bored valves.

4.2. Número, localización y tipo de perforaciones

Cada valva perforada presenta una única perforación. El análisis de los diagramas de Pope (*sensu* Carriker, 1955) indica una concentración preferencial de estas perforaciones en las zonas central y anterior de las valvas. Una localización preferente posterodorsal o central ha sido hallada en otros estudios de poblaciones actuales (Ruiz, 1997) y fósiles (Bhatia *et al*., 1989).

Se pueden diferenciar dos tipos de perforaciones:

a) *Oichnus paraboloides* Bromley (Fig. 2a: *L. castanea*, *L. elliptica*). Son perforaciones elípticas o subparabólicas en vista externa, con un diámetro externo mayor que el interno. Es frecuente la presencia de un área periférica adyacente a la perforación con arañazos o incisiones superficiales. Estas perforaciones se atribuyen usualmente a la acción de gasterópodos natícidos (Reyment, 1966; Jonkers, 2000), aunque también deben considerarse a otros grupos de gasterópodos como posibles depredadores (p.e., familias Cassidae y Tonnidae; Mayoral, 1986).

b) *Oichnus simplex* Bromley (Fig. 2a: *C. torosa*). Incluye perforaciones cilíndricas, con abertura interna y externa de diámetro similar. Parecen responder a la estrategia depredadora de gasterópodos murícidos o eulimínidos (Carriker, 1955; Reyment, 1963; Donovan y Pickerill, 2004) y pequeños turbelarios (Maddocks, 1988).

4.3. Diámetro de las perforaciones *vs* tamaño de las valvas perforadas

El diámetro de las perforaciones está comprendido entre las 25 µm y las 85 µm (Fig. 2b). Este diámetro se sitúa en el intervalo inferior del rango de diámetros de perforación (35-500 µm) observado en medios litorales del suroeste de España (Ruiz, 1997).

La comparación entre este diámetro y las dimensiones de las valvas perforadas refleja una ausencia de correlación entre el tamaño de las perforación y de las valvas que las incluyen (Fig. 2b). Otros estudios indican una relación positiva, a veces con significación estadística, entre ambos parámetros, tanto en ostrácodos (Reyment, 1966; Aranki, 1987) como en braquiópodos (Hoffmeister, 2002).

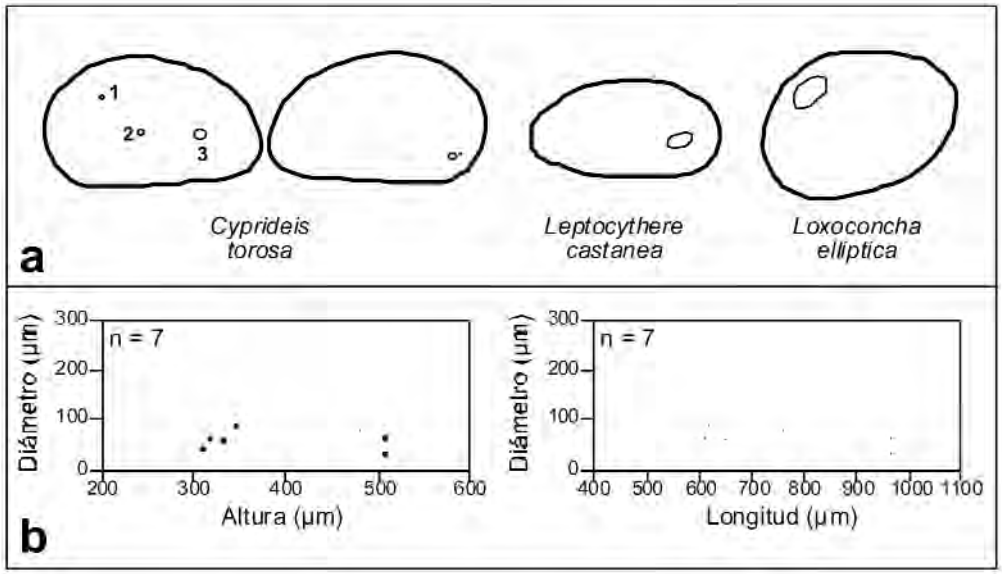

Figura 2. a, Diagramas de Pope (*sensu* Carriker, 1955), con la situación de algunas de las evidencias de depredación observadas. Escala no respetada. b, Diagramas: diámetro de las perforaciones *vs* altura de las valvas perforadas y diámetro de las perforaciones *vs* longitud de las valvas perforadas.

*Figure 2. a, Pope's diagrams (*sensu *Carriker, 1955), with location of some predation evidences. Scale not respected. b, Diagrams: hole diameter* vs *height of the predated valves and hole diameter* vs *length of the predated valves.*

4.4. Depredación y ontogenia

El análisis ontogénico realizado ha permitido delimitar la presencia de adultos y mudas (A-1 a A-6) en las especies más abundantes, bien preservadas y sin evidencias de transporte. Sin embargo, sólo las últimas mudas juveniles (A-1 y A-2) y los adultos presentan evidencias de depredación. La abundancia de las mudas juveniles intermedias en los testigos analizados podría explicar el bajo porcentaje total de valvas depredadas en relación con otros estudios, que indican proporciones de hasta el 8 % de depredación en muestras constituidas casi exclusivamente por adultos (Reyment *et al*., 1987).

4.5. Depredación y ornamentación

Las cuatro especies perforadas presentan una ornamentación externa lisa o levemente punteada. Reyment *et al*. (1987) observan una depredación selectiva de valvas lisas en ostrácodos del Cretácico Superior y Paleoceno Inferior de Israel y Nigeria. Sin embargo, otros estudios realizados en medios marinos someros indican que la depredación afecta a las especies más abundantes, independientemente del patrón ornamental externo (Reyment, 1966; Ruiz, 1997).

5. CONCLUSIONES

Las evidencias de depredación son muy escasas en las poblaciones holocenas de ostrácodos del Parque Nacional de Doñana, observándose una ausencia de relación entre su número y la abundancia de estos microcrustáceos. Los dos tipos de perforaciones distinguidos parecen corresponder al ataque de distintas familias de gasterópodos sobre los ejemplares adultos y las últimas mudas juveniles de especies lisas o poco ornamentadas. En este estudio, las dimensiones de estas perforaciones no se correlacionan con el tamaño de las valvas perforadas.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por dos proyectos de la DGYCIT (CTM2006-06722 y CGL-2006-1412) y es una contribución al IGCP 526.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aranki, J.F. 1987. Marine Lower Pliocene Ostracoda of southern Spain with notes on the Recent fauna. *Publications from the Palaeontological Institution of the University of Uppsala*, 13, 1-134.

Athersuch, J. y Whittaker, J.E. 1976. On *Loxoconcha elliptica* Brady. *A Stereo- Atlas of Ostracod Shells*, 3, 99-106.

Bhatia, S.B., Sirjana y Sunila, B. 1989. Predation by gastropod drills on Early Lutetian ostracods from Kutch, Western India. *Geobios*, 22, 387-394.

Carriker, M.R. 1955. Critical review of biology and control of oyster drills *Urosalpinx* and *Eupleura*. *U.S. Department of the Interior Fish and Wildlife Service Special Scientific Report-Fisheries Washington D. C.*, 148, 1-150.

Donovan, S.K. y Pickerill, R.K. 2004. Traces of cassid snails upon the echinoids from the Middle Miocene of Poland: Comments on Ceranka and Zlotik (2003). *Acta Palaeontologica Polonica*, 49, 483-484.

Green, A.J., Jenkins, K.M., Bell, D., Morris, P.J. y Kingsford, R.T. 2008. The potential role of waterbirds in dispersing invertebrates and plants in arid Australia. *Freshwater Biology*, 53, 380-392.

Hoffmeister, A.P. 2002. *Quantitative analysis of drilling predation patterns in the fossil record: ecological and evolutionary implications*. Ph. D. Thesis, Virginia University, 298 pp.

Honappa, H. y Venkachalapathy, V. 1978. Predation and Ecology of Ostracoda from the sediments of Mangalore Harbour Area, West Coast of India. *Recent Researches in Geology "A Collection of papers in Honour of Prof. G. W. Chiplonkar*, Hindustan Publishing Corp., India, 351-355.

Jonkers, H.A. 2000. Gastropod predation patterns in Pliocene and Recent pectinid bivalves from Antarctica and New Zealand. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*, 43, 247-254.

Kilenyi, T.I. y Whittaker, J.E. 1974. On *Cyprideis torosa* (Jones). *A Stereo-Atlas of Ostracod Shells*, 2, 21-32.

Leal, J.H. 2008. A remarkable new genus of carnivorous, sessile bivalves (Mollusca: Anomalodesmata: Poromyidae) with descriptions of two new species. *Zootaxa*, 1764, 1-18.

Maddocks, R.F. 1988. One hundred million years of predation on ostracods. In: *Evolutionary biology of ostracoda* (Eds. T. Hanai, N. Ikeya y K. Ishizaki), Elsevier, Amsterdam, 637-657.

Mayoral, E. 1986. *Tafonomía y Paleoecología del Plioceno de Huelva-Bonares*. Tesis Doctoral (inédita), Universidad de Sevilla, 599 pp.

Pozo, M., Ruiz, F., Carretero, M.I., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., Abad, M. y González-Regalado, M.L. 2010. Mineralogical assemblages, geochemistry and fossil associations of Pleistocene-Holocene complex siliciclastic deposits from the Southwestern Doñana National Park (SW Spain): A palaeoenvironmental approach. *Sedimentary Geology*, 225, 1- 18.

Reyment, R.A. 1963. Studies on Nigerian Upper Cretaceous and Lower Tertiary Ostracoda, part 2: Danian, Paleocene and Eocene ostracods. *Stockhlom Contributions in Geology*, 10, 1-286.

Reyment, R.A. 1966. Preliminary observations on gastropod predation in

the western Niger delta. *Palaeogeography, Palaeoclimatolology, Palaeoecology*, 2, 81-102.

Reyment, R.A. y Elewa, A.M.T. 2002. Predation by drills in ostracods. In: *Predator-prey interactions in the fossil record* (Ed. P. H. Kelley, M. Kowalewski, y Hansen, T. A.), Kluwer Academic /Plenum Publishers, New York, 93-111.

Reyment, R.A., Reyment, E.R., Honigstein, A. 1987. Predation by boring gastropods on Late Cretaceous and Early Palaeocene ostracods. *Cretaceous Research*, 8, 189-209.

Ruiz, F. 1997. Importancia de la bioerosión en ostrácodos actuales del litoral de Huelva (SW España). *Geogaceta*, 21, 195-198.

Ruiz, F., Rodríguez Ramírez, A., Cáceres, L.M., Rodríguez Vidal, J., Carretero, M.I., Clemente, L., Muñoz, J.M., Yañez, C. y Abad, M. 2004. Late Holocene evolution of the southwestern Doñana Nacional Park (Guadalquivir Estuary, SW Spain): a multivariate approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 204, 47-64.

Ruiz, F., Rodríguez-Ramírez, A., Cáceres, L.M., Rodríguez Vidal, J., Carretero, M.I., Abad, M., Olías, M. y Pozo, M. 2005. Evidence of high-energy events in the geological record: Mid-Holocene evolution of the southwestern Doñana National Park (SW Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 229, 212-229.

Ruiz, F., Abad, M., Rodríguez Vidal, J., Cáceres, L.M., González-Regalado, M.L., Carretero, M.I., Pozo, M. y Gómez Toscano, F. 2008. The geological record of the oldest historical tsunamis in southwestern Spain. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 114, 147-156.

Vannier, J., Thiéry, A. y Racheboeuf, P.R. 2003. Spinicaudatans and ostracods (Crustacea) from the Montceau Lagerstätte (Late Carboniferous, France): morphology and palaeoenvironmental significance. *Paleontology*, 46, 999-1030.

Zazo, C., Goy, J.L., Hillaire-Marcel, C., Dabrio, C.J., Belloumini, G., Improta, S., Lario, J., Bardají, T. y 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, 933-945.

MANUSCRITO RECIBIDO: 5 de marzo, 2010
MANUSCRITO ACEPTADO: 12 de mayo, 2010