

## Los ostrácodos como trazadores ambientales en medios contaminados: el río Odiel (SO España)

### *Ostracods as environmental tracers in polluted environments: the Odiel Estuary (SW Spain)*

F. Ruiz<sup>1</sup>, M. Abad<sup>1</sup>, J. Borrego<sup>2</sup>, N. López-González<sup>2</sup>

#### RESUMEN

En este trabajo, los ostrácodos son usados como trazadores de los cambios ambientales detectados en el estuario bajo del río Odiel durante las últimas décadas. Estos microorganismos tienen un comportamiento diferencial dependiendo del medio sedimentario estudiado (canales finalizadores, distribuidores, principales). En los canales finalizadores, la exposición subaérea es el principal factor que controla la evolución de las asociaciones de ostrácodos. En los distributarios más profundos y en el canal principal, los desechos ácidos procedentes de dos concentraciones industriales causaron la desaparición de estos microcrustáceos entre 1966 y 1985. En los distributarios, se ha apreciado una parcial recuperación en los sedimentos actuales, en tanto que los primeros centímetros del canal principal no contenían valvas o caparazones de ostrácodos.

El caparazón de los ostrácodos es un buen indicador de la contaminación del agua. Los porcentajes de SO<sub>3</sub>, FeO y CuO son mayores en las valvas obtenidas en sedimentos depositados durante el período pre-industrial (antes de 1965) e industrial. Estos componentes podrían proceder de los efluentes industriales, con una redistribución mareal posterior a lo largo del estuario.

**Palabras Clave:** Ostrácodos, evolución reciente, contaminación, estuario, Odiel, SO España.

#### ABSTRACT

In this paper, ostracods are used as tracers of the environmental changes observed in the lower estuary of the Odiel River during the last decades. These microorganisms have a differential behaviour according to the sedimentary environment studied (ebb-end channels, distributaries, main channels). In the ebb-end channels draining the salt marsh bodies, the subaerial exposure is the main factor controlling the evolution of the ostracod assemblages. In the deeper distributaries and the main channel, the acid wastes derived from two industrial concentrations cause the disappearance of these microcrustaceans between 1966 and 1985. In the distributaries, a recovery was observed in the present-day sediments, whereas no individuals were collected in the main channel.

The ostracod carapace is a good indicator of water pollution. Percentages of SO<sub>3</sub>, FeO and CuO are higher in the valves belonging to the pre-industrial (before 1966) and industrial periods. These components may be derived from the industrial wastes, with a latter tidal redistribution along the estuary.

**Key words:** Ostracods, recent evolution, pollution, Odiel estuary, SW Spain.

#### Introducción

Los ostrácodos son microcrustáceos bivalvos que pueden ser utilizados como trazadores ambientales de los cambios que se producen en su medio. Algu-

nos ejemplos significativos son: *a*) la aparición de tubérculos en medios oligohalinos (Ruiz *et al.*, 2000a); *b*) la disminución o ausencia de individuos en zonas muy contaminadas (Bodergat e Ikeya, 1988; Bodergat *et al.*, 1998); o *c*) la concentración

<sup>1</sup> Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva. Avda. de las Fuerzas Armadas, S/N. 21007 Huelva.

<sup>2</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva. Avda. de las Fuerzas Armadas, S/N. 21007 Huelva.

de determinadas mudas debido a condiciones hidrodinámicas especiales (Whatley, 1988).

La composición química de su caparazón también puede ser un marcador de estos cambios. En algunas especies, su contenido en fósforo está en función de la salinidad o la intensidad luminosa (Bodergat, 1978a), en tanto que otras presentan niveles elevados de algunos elementos traza (p.e., Ce) en la proximidad a fuentes de contaminación (Bodergat, 1978b).

En este trabajo, se analiza la evolución geoquímica de los caparazones de cuatro especies de ostrácosos extraídos en testigos continuos obtenidos en el estuario del río Odiel (SO España). Los resultados se relacionan con los cambios ambientales observados en este sector en las últimas décadas.

### El estuario del río Odiel: caracteres generales y acción antrópica

El río Odiel es una pequeña corriente fluvial (85 km de longitud) que forma un estrecho estuario en una desembocadura común con el río Tinto. Este estuario está parcialmente relleno por sedimentos holocenos depositados en los últimos 9.000 años sobre un sustrato Plio-Pleistoceno (Borrego *et al.*, 1999). Pueden diferenciarse 4 sectores (Borrego, 1992): *a*) estuario fluvial, con un control mareal sólo interrumpido por avenidas fluviales periódicas; *b*) estuario alto, formado por un sistema de canales trenzados (*braided*) que separan marismas salobres; *c*) estuario bajo, con cuerpos de marisma separados por distributarios; y *d*) estuario marino, con islas barrera y flechas litorales (*spits*) que protegen parcialmente las zonas internas.

Ambos ríos drenan la Faja Pirítica Ibérica, una de las áreas mineras más importantes del suroeste de Europa, con enormes yacimientos de Cu y Zn que contienen cantidades significativas de Au y Ag. Desde tiempos milenarios, y sobre todo en los dos últimos siglos, su explotación intensiva ha causado un importante impacto ambiental, con la presencia de amplias superficies cubiertas por escombreras y residuos en sus cabeceras. Su erosión por la escorrentía superficial ha ocasionado el aporte de importantes cantidades de contaminantes a los cauces, que presentan un pH ácido (2-4; IEO, 1992).

Entre 1966 y 1985, esta contaminación inicial se incrementó con los efluentes ácidos derivados de dos Polos de Promoción Industrial enclavados cerca de la desembocadura (fig. 1). Como consecuencia, las aguas transportaban gran cantidad de metales

pesados, que se depositaban parcialmente en los sedimentos estuarinos. Los vertidos prolongados ocasionaron que esta zona fuera incluida entre las más contaminadas del mundo en 1975 (Cu: 1400 ppm; Pb: 1600 ppm; Zn: 3100 ppm; Stenner y Nikless, 1975), una clasificación que ha sido confirmada por estudios posteriores (IEO, 1982; Cabrera *et al.*, 1992). A partir de 1985, se puso en marcha un Plan de Corrección de Vertidos y un Plan de Policía de Aguas, con la eliminación de efluentes, la puesta en marcha de una estación depuradora y una transformación de procesos industriales encaminada a la producción de residuos más inocuos.

Finalmente, a principios de la década de los ochenta se finalizó la construcción de dos diques artificiales para la protección de los puertos de Punta Umbría y Huelva, respectivamente. Con ello, la comunicación entre el canal principal del río Odiel y el sector de Punta Umbría quedó casi restringida a un escaso intercambio por distributarios interiores.

### Material y métodos

Se seleccionaron 3 puntos del estuario bajo (canal finalizador, distributario, canal principal) para la obtención de testigos continuos cortos. En cada testigo, se tomaron tres muestras según la tasa de sedimentación deducida por Borrego (1992). La muestra inferior incluye sedimentos depositados antes de 1960, en tanto que la muestra media correspondería al período industrial (1965-1985) y la muestra superior engloba a los últimos dos centímetros del sedimento.

En cada muestra (40 cm<sup>3</sup>), se separaron las valvas de ostrácosos presentes. La abundancia de una especie en una muestra determinada fue definida como muy rara (1 valva), rara (1-4 valvas), frecuente (5-10 valvas) o abundante (11-50 valvas). Finalmente, se seleccionaron un total de 26 valvas pertenecientes a *Loxococoncha elliptica*, *Leptocythere castanea*, *Leptocythere fabaeformis* y *Xestoleberis communis* para su análisis geoquímico mediante un analizador adaptado al microscopio electrónico de barrido de los Servicios Centrales de la Universidad de Huelva. Este método permite obtener una estimación semicuantitativa (en % de óxidos) de la composición de la concha, con un límite de detección del 0,1%. El área escogida del caparazón fue la región centroanterior externa (20 x 25  $\mu$ ), coincidente con el campo de las impresiones musculares internas.

### Resultados y discusión

#### *Sedimentología e interpretación de los testigos estudiados*

El tramo inferior del testigo 1 (canal finalizador) está formado por limos arcillosos con laminación paralela que incluyen frecuentes fragmentos de con-

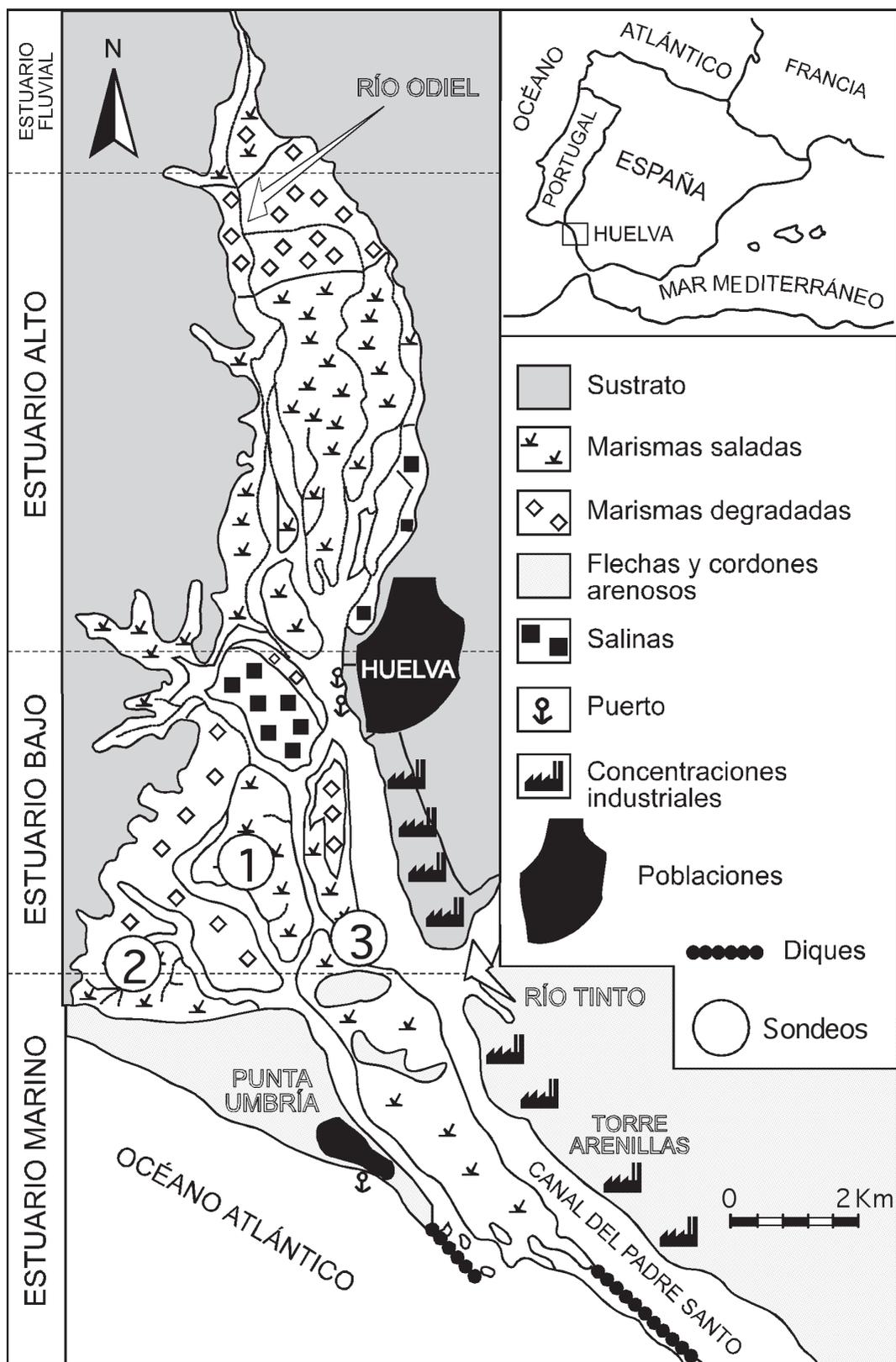


Fig. 1—.Caracteres generales y principales medios sedimentarios del estuario del río Odiel. 1-2-3: testigos seleccionados.

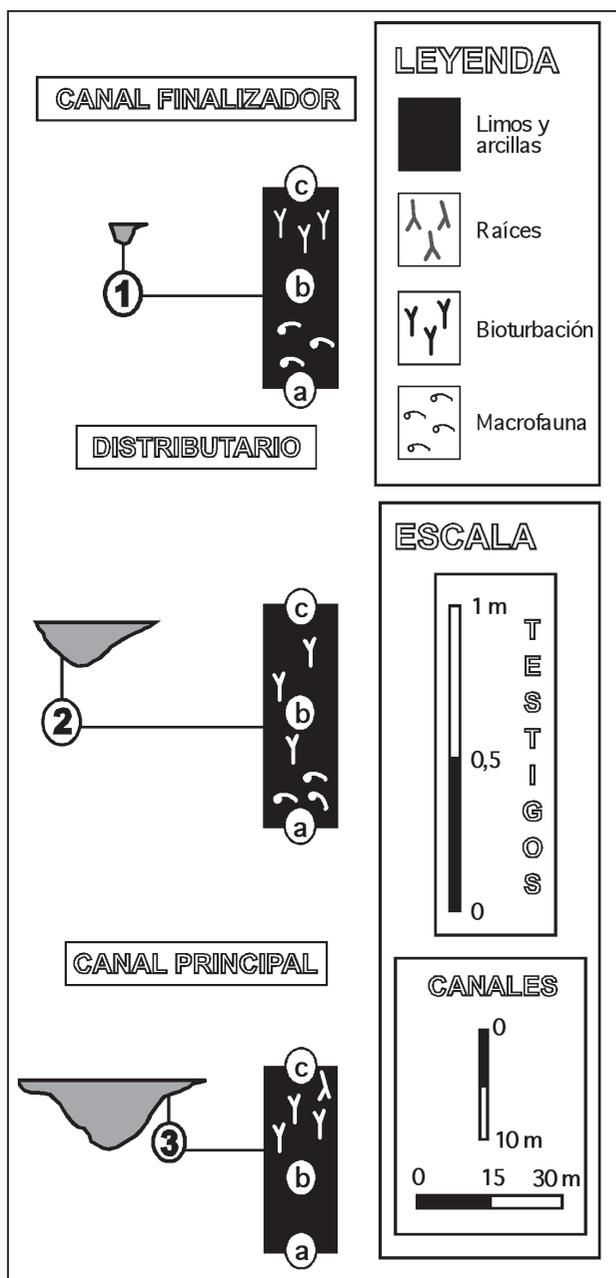


Figura 2. Análisis sedimentológico de los testigos seleccionados. a-b-c: muestras extraídas para el estudio microfaunístico.

chas de bivalvos (*Cardium edule*, *Ostrea edulis*). A techo, aparecen limos grises a negros fuertemente bioturbados por anélidos y bivalvos, así como restos de fanerógamas. Esta disposición indicaría la transición desde un canal somero (fig. 2: muestras 1a y 1b) hacia el borde de canal actual (muestra 1c).

Una sucesión similar es observada en el testigo 2, extraído a una profundidad de 3 m en el canal distri-

butario situado al norte de Punta Umbría. La base (muestra 2a) está constituida por arcillas limosas escasamente bioturbadas con conchas dispersas (*C. edulis*, *Glycymeris glycymeris*, *Donax vittatus*). Las muestras superiores (2b y 2c) presentan una importante bioturbación, con galerías dominante-mente subverticales. Los sedimentos contenidos en este testigo se habrían depositado en un canal submareal relativamente tranquilo, similar al actual y de profundidad decreciente.

La base del testigo 3 (canal principal) está constituida por limos arcillosos verdes a grisáceos poco bioturbados. Las dos muestras superiores están formadas por arcillas negras fuertemente bioturbadas (hasta 15 cm de profundidad) por crustáceos (*Uca puxna*) y poliquetos (*Arenicolides eucaudata*). Estos sedimentos son indicativos del paso paulatino desde un canal submareal hacia el borde de canal actual.

### Evolución de las poblaciones de ostrácodos

#### Canal finalizador (testigo 1)

En el período pre-industrial, la asociación básica de ostrácodos estaba constituida por especies fitalas (*Xestoleberis communis*, *Cytherois fischeri*), indicativas de la presencia de vegetación en el fondo. Entre 1966 y 1985, existe un aumento notable en la densidad y diversidad, si bien continúan dominando las mismas especies. Ello podría deberse al tránsito hacia medios intermareales, donde el ascenso por capilaridad de los nutrientes permitiría un rápido desarrollo de las poblaciones de estos microcrustáceos (Carbonel, 1980). En la actualidad, la progresiva colmatación y el aumento de la exposición subaérea inherente han ocasionado la casi desaparición de los ostrácodos, representados hoy por escasos individuos de *Loxoconcha elliptica* y *Leptocythere castanea* (tabla 1). Esta asociación es típica también de los canales finalizadores de otros estuarios no contaminados del litoral suratlántico español (Ruiz *et al.*, 2000b). Consecuentemente, la contaminación parece haber jugado un papel secundario en la evolución microfaunística de estos medios marginales.

#### Canal distribuidor (testigo 2)

Antes de 1966, los sedimentos superficiales de este canal somero presentaban una importante densidad y diversidad de ostrácodos (> 5 individuos/gramo; 11 especies), con *Loxoconcha elliptica* (62%), *Callis-*

Tabla 1.—Distribución de los ostrácodos en las muestras estudiadas

Especies / Muestras	Período pre-industrial			Período industrial			Actual		
	1a	2a	3a	1b	2b	3b	1c	2c	3c
<i>Aurila convexa</i>		MR	MR						
<i>Callistocythere flavidofusca</i>		F	F						
<i>Carinocythereis whitei</i>		R	R						
<i>Cyprideis torosa</i>		MR	MR	R					
<i>Cytherois fischeri</i>	R	MR	MR	F					
<i>Leptocythere castanea</i>	MR			R			MR	MR	
<i>Leptocythere fabaeformis</i>		F	F	F				MR	
<i>Leptocythere pellucida</i>		MR	MR						
<i>Limnocythere inopinata</i>				MR					
<i>Loxoconcha elliptica</i>	R	A	A	R			R	A	
<i>Loxoconcha rhomboidea</i>		F	F	MR				MR	
<i>Loxoconcha tumida</i>				MR					
<i>Loxoconcha cf. L. hexapona</i>				MR					
<i>Neocytherideis subulata</i>		MR	MR						
<i>Palmoconcha turbida</i>				R					
<i>Pontocythere elongata</i>								MR	
<i>Semicvtherurasp.</i>								MR	
<i>Urocythereis oblonga</i>								R	
<i>Xestoleberis communis</i>	F	MR	MR	A					
<i>Xestoleberis decipiens</i>				R					
Número de especies	4	11	11	12			2	7	
Número de individuos /10 cm <sup>3</sup>	10	59	59	56			4	23	

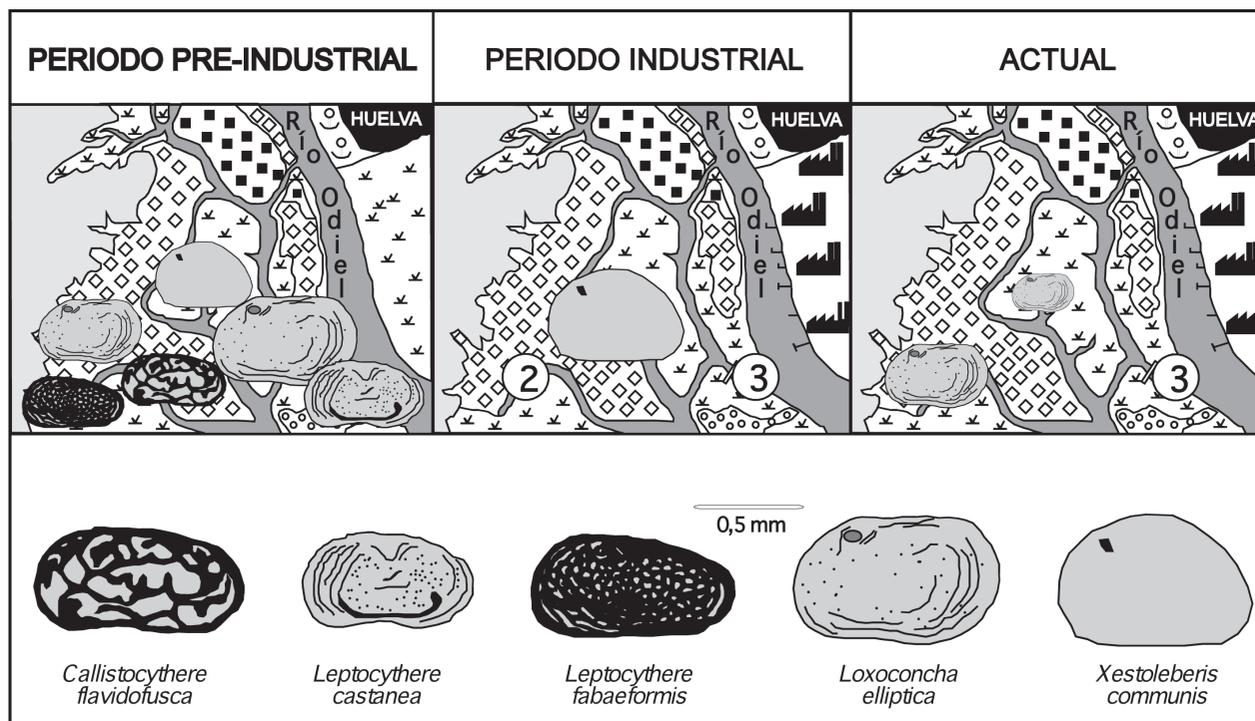


Fig. 3.—Evolución de las asociaciones de ostrácodos en el estuario bajo del río Odiel. El tamaño es proporcional al número de individuos por 10 cm<sup>3</sup>.

*toocythere flavidofusca* (14%) y *Leptocythere castanea* (8%) como especies principales. También aparecían esporádicas mudas de especies marinas transportadas (*Carinocythereis whitei*, *Neocytherideis subulata*). Esta conjunción indicaría un régimen hidrodinámico moderado, superior al actual.

El período industrial ocasionó la desaparición total de este grupo (muestra 2b). Cerca de este punto, el análisis de la evolución geoquímica de un testigo continuo similar al obtenido indicó un fuerte aumento de la contaminación metálica (Zn: de 100 a 2.800 ppm; Cu: de 80 a 1.200 ppm; Borrego, 1992). La nueva presencia de ostrácodos en la muestra superior parece indicar una recuperación ambiental en este sector, protegido de los aportes fluviales ácidos por las islas barreras, los diques y la hidrodinámica estuarina. Hoy, los sedimentos del fondo de este canal están poblados principalmente por *Loxoconcha elliptica* (89%) e incluyen también valvas de especies marinas (*Pontocythere elongata*, *Urocythereis oblonga*).

#### Canal principal (testigo 3)

Los sedimentos inferiores de este testigo contienen una abundante población de ostrácodos (> 10 individuos/gramo), con un notable dominio de *Loxoconcha elliptica* (fig. 3: 95%). La estructura poblacional de esta especie es típica de biocenosis de medios poco energéticos (Whatley, 1988), con dominio de las mudas A-6 a A-1 sobre los adultos. Este patrón se corresponde con el régimen hidrodinámico actual de esta zona, ya que las velocidades máximas del canal principal del río Odiel (> 50 cm/sg) se alcanzan en el margen oriental, muy superiores a las medidas en el punto escogido (< 20 cm/sg; Borrego, 1992).

Esta zona está situada frente a los antiguos efluentes de las industrias químicas situadas en las proximidades de la ciudad de Huelva. Sus vertidos ácidos ocasionaron la desaparición de los ostrácodos (muestra 3b). Actualmente, esta zona está aún muy contaminada por metales pesados (Ruiz, 2001) y sufre la exposición periódica a las avenidas ácidas de los ríos Tinto y Odiel, inhibiendo su posible recolonización por estos microorganismos.

#### Geoquímica de los caparazones de ostrácodos

El análisis geoquímico (Tab. 2) agrupa a los óxidos componentes de la concha en tres asociaciones:

a)  $\text{Na}_2\text{O}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-(\text{SrO})$ . Sus máximas concentraciones aparecen en caparazones procedentes

del período pre-industrial, con una ostensible disminución posterior. Estos óxidos tienen una procedencia principalmente marina, según los análisis químicos de las aguas y sedimentos realizados por el I.E.O. (1982; 1992). Ello sería indicativo de la paulatina emersión de los sectores estudiados, con una mayor exposición a las precipitaciones y a las aguas de escorrentía superficial y un menor efecto de los ciclos mareales.

b)  $\text{SO}_3-\text{FeO}-(\text{CuO})$ . Son especialmente abundantes durante los períodos pre-industrial e industrial. Serían indicadores de la contaminación procedente de las labores mineras y vertidos industriales. También podría incluirse en este grupo el  $\text{ZnO}$ , si bien las únicas concentraciones que exceden los límites mínimos de detección (tabla 1: 0,3%) se encuentran en conchas actuales.

c)  $\text{SiO}_2-\text{P}_2\text{O}_5$ . Sus máximos valores aparecen en el período pre-industrial y en la actualidad. En el caso del  $\text{P}_2\text{O}_5$ , sus menores porcentajes durante el período industrial podrían estar relacionados con la degradación de la materia orgánica por los vertidos ácidos.

### Conclusiones

El análisis de la evolución de los ostrácodos en tres testigos obtenidos en el estuario bajo del río Odiel indica que estos microorganismos son adecuados trazadores de los cambios ambientales que se han producido en este sector en las últimas décadas. En los canales finalizadores, el factor dominante es el grado de exposición subaérea, con un notable aumento de las poblaciones en las zonas intermareales y un decrecimiento importante cuando la exposición subaérea es dominante sobre la inmersión mareal. En los canales distribuidores, la contaminación causa la desaparición de estos microcrustáceos durante el período industrial (1966-1985), con una nueva recuperación derivada de las acciones correctoras emprendidas en los últimos años. En el canal principal, las numerosas poblaciones pre-industriales de *Loxoconcha elliptica* desaparecieron por los efectos de los vertidos industriales ácidos próximos. Actualmente, estos organismos están ausentes debido a la acidez de las aguas de los ríos Tintos y Odiel, derivada de la escorrentía superficial sobre escombreras y minas situadas en sus cabeceras.

La acción contaminante de los efluentes derivados de dos Polos de Promoción Industrial también

Tabla 2.—Composición geoquímica (en %) de la concha de cuatro especies seleccionadas

Período	Especies	Muestras	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaCO <sub>3</sub>	FeO	CuO	ZnO	SrO
Actual	<i>Loxococoncha elliptica</i>	1c	2,1	2,2	0,3	0,4	<b>1,3</b>	0,8	0,3	91,6	0,3	*	<b>0,3</b>	0,4
		1c	0,4	0,7	0,2	*	1,1	0,9	0,1	<b>95,7</b>	0,6	*	*	0,3
	<i>Leptocythere fabaeformis</i>	1c	1,2	1,6	*	0,3	1,1	1,8	0,2	93,3	0,2	*	*	0,3
		2c	0,8	1,7	*	<b>0,8</b>	0,7	1,1	*	94	0,3	*	0,3	0,3
Industrial	<i>Loxococoncha elliptica</i>	1b	1,7	1,8	*	0,4	0,6	1,1	0,2	93,3	0,3	*	*	<b>0,6</b>
		1b	1,1	1,5	0,2	0,2	0,3	0,6	*	<b>95,8</b>	*	*	*	0,3
		1b	1,5	1,8	*	*	0,8	2,9	0,2	92	0,3	*	*	0,5
	<i>Leptocythere fabaeformis</i>	1b	1,7	1,5	0,2	0,2	0,7	0,9	0,2	94,2	*	*	*	0,4
		1b	1,8	1,4	0,4	0,5	0,8	2,9	0,2	91,4	0,3	*	*	0,3
		1b	0,8	1,3	*	0,3	0,7	0,6	*	94,7	<b>1,2</b>	*	*	0,4
	<i>Leptocythere castanea</i>	1b	1,7	1,5	0,2	0,2	1	2,6	0,3	92	0,2	*	*	0,3
		1b	0,8	0,9	0,5	0,7	0,7	0,8	0,2	94,7	0,4	*	*	0,3
		1b	1,1	2,7	0,4	0,6	0,9	0,9	0,2	92,2	0,5	*	*	0,5
	<i>Xestoleberis communis</i>	1b	2,1	1,3	*	0,2	0,9	<b>7,3</b>	<b>0,7</b>	86,9	*	*	*	<b>0,6</b>
		3a	1	2,6	*	0,2	0,6	0,6	0,1	94	0,4	*	*	0,5
		3a	<b>2,6</b>	*	*	0,2	0,8	1,6	0,3	93,8	0,2	*	*	0,5
	<i>Loxococoncha elliptica</i>	3a	2,3	2,5	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,3</b>	2,7	0,3	88,3	<b>0,7</b>	*	*	0,5
		3a	2,4	2,8	<b>0,9</b>	<b>1,3</b>	<b>1,5</b>	<b>3,6</b>	<b>0,4</b>	85,2	<b>1,2</b>	*	*	<b>0,7</b>
		3a	<b>2,7</b>	2,2	0,3	0,5	1	1,2	<b>0,4</b>	91	0,3	*	*	0,4
		3a	0,9	1,9	*	0,2	0,3	0,2	*	<b>95,9</b>	*	*	*	<b>0,6</b>
Pre-industrial	<i>Leptocythere fabaeformis</i>	2a	1,4	<b>3,3</b>	0,4	<b>0,8</b>	0,6	0,6	0,1	92	0,4	<b>0,2</b>	*	0,3
		1a	1	1,4	*	0,4	1	0,4	0,1	95	0,5	*	*	0,2
	<i>Leptocythere castanea</i>	1a	1	2,3	0,4	0,6	0,9	1,1	0,2	92,7	0,3	*	*	0,5
		1a	2,4	<b>3,1</b>	0,2	0,5	1	1,1	0,3	90,6	0,2	*	*	0,5
	<i>Xestoleberis communis</i>	1a	1,8	2,5	*	0,2	1	1,2	0,2	92,2	0,4	*	*	0,5
		1a	<b>2,5</b>	<b>3,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>3,2</b>	0,3	86,3	0,3	*	*	<b>0,6</b>

Valores máximos en negrita.

se refleja en la concha de los ostrácodos. Los porcentajes en SO<sub>3</sub> y FeO aumentan durante los períodos pre-industrial e industrial, en tanto que aparecen esporádicos ejemplares altamente contaminados en CuO (0,2%) o ZnO (0,3%).

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto DGYCIT CTM2006-06722/MAR, por la Junta de Andalucía (grupo RNM-238) y por el Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva (Grupo «Paleontología y Ecología Aplicadas»). El análisis geoquímico fue posible gracias a la colaboración de don Cristóbal Cantero, de los Servicios Centrales de Investigación de la Universidad de Huelva.

#### Referencias

- Bodergat, A. M. (1978a). L'intensité lumineuse, son influence sur la teneur en phosphore des carapaces d'ostracodes. *Geobios*, 11: 15-735.
- Bodergat, A. M. (1978b). Un marqueur instantané de la pollution en cerium dans la zone de Cortiou (Rade Sud de Marseille, Bouches-du-Rhône), *Aurila speyeri* Brady, 1968 (Ostracoda, Podocopida). *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, 4: 7 1-75.
- Bodergat, A. M. e Ikeya, N. (1988). Distribution of recent Ostracoda in Ise and Mikawa Bays, Pacific Coast of Central Japan. In: *Evolutionary Biology of Ostracoda* (T. Hanai, N. Ikeya, y K. Ishizaki, edit.), Elsevier, Tokyo, 413-428.
- Bodergat, A. M., Jkceya, N. e Irzi, Z. (1998). Domestic and industrial pollution: use of ostracods (Crustacea) as sentinels in the marine coastal environment. *J. Recherche Océanogr.*, 23: 139-144.
- Borrego, J. (1992). *Sedimentología del estuario del río Odiel (Huelva, SO España)*. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 311 págs.
- Borrego, J., Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Pendón, J. G. y Morales, J. A. (1999). The Holocene transgression into the estuarine central basin of the Odiel River mouth (Cádiz Gulf, SW Spain): lithology and faunal assemblages. *Quaternary Sci. Rev.*, 18: 769-788.
- Cabrera, F., Conde, B. y Flores, V. (1992). Heavy metals in the surface sediments of the tidal sediments of the tidal river Tinto (SW Spain). *Fresenius Environ. Bull.*, 1: 400-405.
- Carbonel, P. (1980). Les ostracodes et leur intérêt dans la définition des écosystèmes estuariens et de plateforme con-

- tinental. Essais d'application á des domaines anciens. *Mém. Institut Géol. Bassin d'Aquitaine*, 11: 1-350.
- Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.) (1982). *Estudio de la contaminación de la ría de Huelva*. Informe final, 103 págs.
- Instituto Español de Oceanografía (I.E.O.) (1992). *Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos y biológicos en la ría de Huelva y área de influencia, en el período 1987-1991*. Informe n.º 138, 103 págs.
- Ruiz, F. (2001). Trace metals in estuarine sediments from the southwestern Spanish coast. *Marine Pollution Bull.*, 42: 481-489.
- Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Baceta, J. I., Mene-gazzo-Vitturi, L., Pistolato, M., Rampazzo, G. y Molinaroli, E. (2000a). Los ostrácodos de la laguna de Venecia (NE de Italia). *Geobios*, 33: 447-454.
- Ruiz, F., González-Regalado, M. L., Baceta, J. I. y Muñoz, J. M. (2000b). Comparative ecological analysis of the ostracod faunas from low- and high-polluted southwestern Spanish estuaries: a multivariate approach. *Marine Micropaleontology*, 40: 345-376.
- Stenner, R. D. y Nikless, G. (1975). Heavy metals in organisms of the Atlantic coast of SW Spain and Portugal. *Marine Pollution Bull.*, 6: 89-92.
- Whatley, R. C. (1988). Population structure of ostracods: some general principles for of palaeoenvironments. In: *Ostracoda in the Earth Sciences* (De Deckker, P., Colin, J. P. y Peypouquet, J. P., edit.). Elsevier, Amsterdam, 245- 256.

Recibido el 30 de abril de 2006  
Aceptado el 24 de enero de 2007