

ECOLOGIA DE OSTRACODOS EN MEDIOS ESTUARINOS: EL SUBSISTEMA CARRERAS (RIO GUADIANA, SO DE ESPAÑA)

F. Ruiz *, M. L. González-Regalado * y J. A. Morales *

RESUMEN

El análisis de 69 muestras del Subsistema Carreras ha permitido diferenciar 10 distribuciones granulométricas (cinco de canal, cuatro de borde de canal y uno de marisma salada). El análisis geoquímico efectuado en algunas muestras revela un bajo grado de contaminación en los sedimentos superficiales. El estudio de la fauna permite diferenciar cuatro asociaciones de ostrácodos: a) asociación estuarina *sensu strictu* (*Loxoconcha elliptica*, *Cyprideis torosa*, *Cytherois fischeri*, *Elofsonia pusilla* y *Leptocythere* sp.), dominante en la biocenosis y tanatocenosis de todo el Subsistema; b) asociación costera (*Urocythereis oblonga*, *Pontocythere elongata*, *Aurila convexa* y *Cytheretta adriatica*), constituida por grandes formas abundantes en la tanatocenosis de los canales principales con conexión marina; c) asociación marina abierta (*Carinocythereis whitei*, *Palmoconcha guttata* y *Palmoconcha turbida*) compuesta por pequeñas especies procedentes de medios marinos de profundidad superior (>10 m) del litoral de Huelva; y d) asociación dulceacuícula (*Candona* sp., *Cyprinotus salinus* y *Limnocythere inopinata*), pobremente representada en la llanura mareal fangosa. La biocenosis de la asociación estuarina suele encontrarse en aguas de salinidad variable e hidrodinámica moderada a baja, en zonas frecuentemente vegetadas. Las asociaciones costera y, en menor medida, marina abierta son introducidas por la marea en el sistema estuarino por los canales distribuidores principales. Puede encontrarse en canales secundarios si se produce la erosión de antiguas flechas costeras.

Palabras clave: Ecología, ostrácodos, Subsistema Carreras, SO España.

ABSTRACT

Analyses from 69 samples collected in the Carreras subsystem delimited ten grainsize distributions (five in the channel, four in the channel border and one in the salt marsh). The geochemical analysis of some samples shows low pollution in this zone. Four ostracod assemblages were delimited: a) indigenous estuarine assemblage (*Loxoconcha elliptica*, *Cyprideis torosa*, *Cytherois fischeri*, *Elofsonia pusilla* and *Leptocythere* sp.), dominant in all samples, both in biocoenosis and tanathocoenosis; b) coastal assemblage (*Urocythereis oblonga*, *Pontocythere elongata*, *Aurila convexa* and *Cytheretta adriatica*), with high species well represented in the main channels with marine connection; c) open sea assemblage (*Carinocythereis whitei*, *Palmoconcha guttata*, *Palmoconcha turbida*), with small species very abundant in deeper marine environments (>10 m deep) of the Huelva littoral; and d) fresh water assemblage (*Candona* sp., *Cyprinotus salinus*, *Limnocythere inopinata*), very minority in the silty-muddy tidal flats. The estuarine biocoenosis is composed by euryhaline species, with numerous live individuals in waters with low hydrodynamics and important vegetation. The coastal and, to a lesser extent, the open sea association were introduced during the tidal flux; in addition, these assemblages may be collected in some secondary channels, owing to the erosion of fossil spits.

Key words: Ecology, ostracods, Carreras Subsystem, SW Spain.

* Departamento de Geología. Universidad de Huelva. 21810 Palos de la Frontera (Huelva).

Introducción

Los estuarios constituyen una de las zonas más complejas para el estudio de microorganismos. El grado de acción mareal permite diferenciar entre los medios expuestos externos y las zonas protegidas internas, con asociaciones distintivas útiles en el análisis de medios fósiles para determinar las condiciones de transporte, cambios físico-químicos periódicos en las aguas o la distribución de los distintos submedios.

Los estudios sobre la distribución de ostrácodos en estuarios europeos comienzan en 1941. A partir de esta fecha, se han analizado la influencia de las corrientes, salinidad, temperatura, tipo de sustrato y otros condicionantes ambientales en estos microorganismos (Elofson, 1941; Wagner, 1957; Wagner, 1964; Whittaker, 1972; Carbonel, 1978; Penney, 1987; Athersuch *et al.*, 1989). En España, sin embargo, estas investigaciones son relativamente

recientes y afectan a la cornisa cantábrica (Rodríguez Lázaro y Pascual, 1987; Pascual, 1990) y al litoral atlántico suroccidental (González-Regalado *et al.*, 1990; Ruiz Muñoz *et al.*, 1994; Ruiz Muñoz *et al.*, 1996).

En este trabajo, se estudian los ostrácodos del Subsistema Carreras, un sector del estuario marino del río Guadiana (SO de España), analizando las variaciones en las asociaciones en función de la acción mareal, salinidad, tipo de sedimento y vegetación presente, entre otros factores ecológicos.

Caracterización del Subsistema Carreras

Hidrología

El Subsistema Carreras se extiende al E del canal principal del estuario del río Guadiana (fig. 1). Su principal arteria de drenaje es el canal alimentador

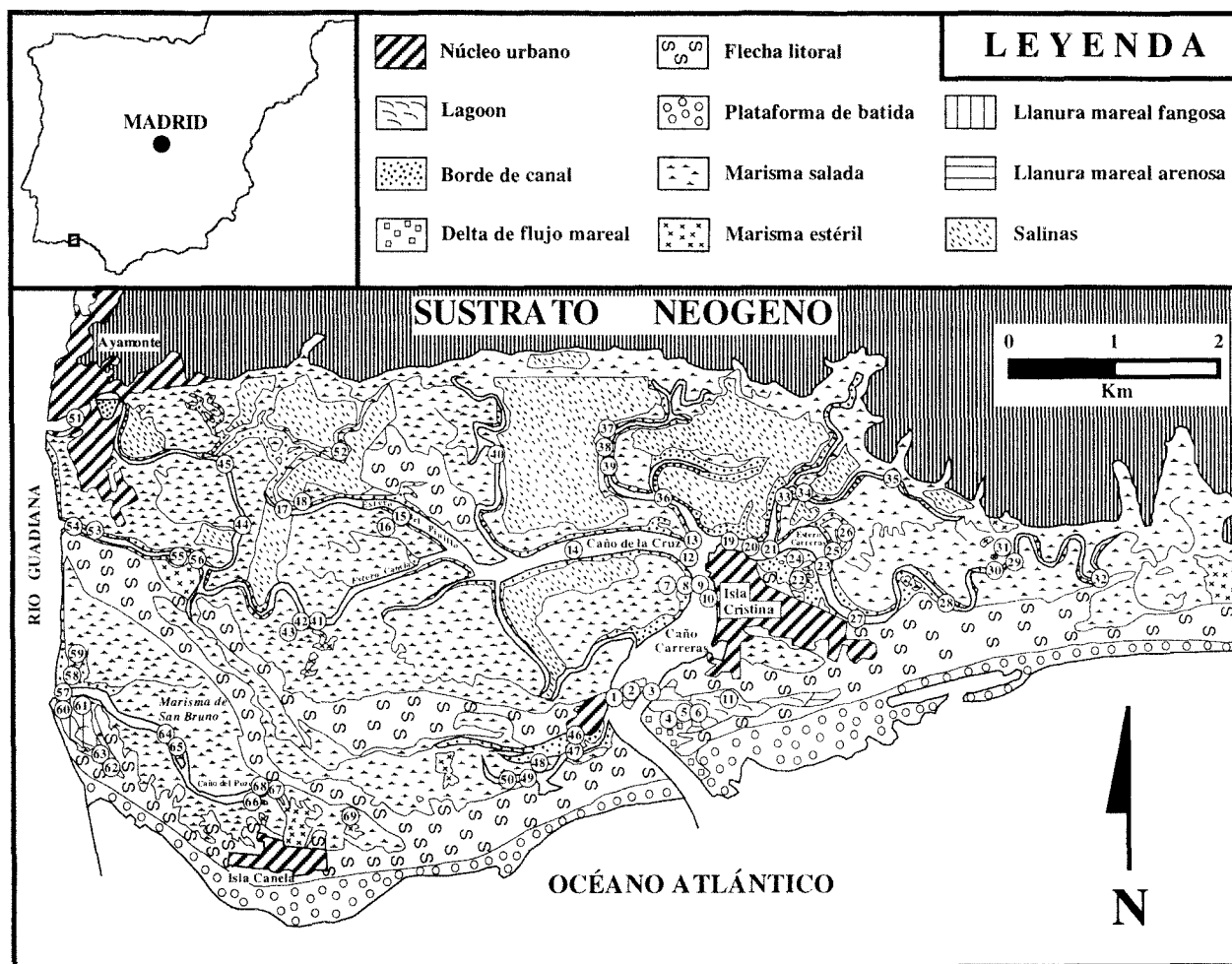


Fig. 1.—Localización y división en submedios sedimentarios del Subsistema Carreras.

del Carreras, ramificado en dos canales distribuidores en el puerto de Isla Cristina: el estero Carreras hacia el E y el caño de la Cruz hacia el O. Este último comunica con el canal estuarino principal mediante el estero Canela. El sector suroccidental (marisma de San Bruno) es drenado por el caño del Pozo, que se alimenta directamente desde el canal estuarino.

El canal del Carreras introduce el flujo mareal desde mar abierto hacia el interior de los complejos mareales situados en el sector oriental del estuario marino del río Guadiana. Su anchura oscila entre los 180 y los 400 m, con una profundidad máxima superior a 10 m y una media cercana a los 7 m. El fondo de este canal se encuentra siempre por debajo del nivel de Marea Baja Viva. El nivel de base está controlado exclusivamente por el desplazamiento de la onda de marea, con un carácter doblemente unidireccional en sus flujos. Los perfiles son asimétricos, acentuados por los periódicos dragados efectuados. La textura de los sedimentos varía desde arenas gruesas-medias en la zona próxima al mar, hasta arenas finas en los sectores más internos. Las estructuras biogénicas están ausentes o son muy escasas, debido a la alta energía del medio, con velocidades medias de flujo y reflujo de 55 y 65 cm/sg, respectivamente (Morales, 1993).

Los canales distribuidores (caño de la Cruz, estero Carreras, caño del Pozo) conducen el flujo mareal por la zona interna de los complejos mareales asociados al estuario y dirigen el reflujo hacia los canales alimentadores y el canal estuarino. Su anchura oscila entre los 10 y los 250 m, con una profundidad media de 3 m (por debajo del nivel de Marea Baja Media). El nivel de base presenta un control mareal, modificado por la influencia de las condiciones hidráulicas, diferencias de altura entre zonas internas y externas y su confluencia con los canales alimentadores. El régimen de flujo es bidireccional, si bien está más próximo a condiciones hidrodinámicas fluviales, ya que los semiciclos de reflujo dominan sobre los de flujo. Presentan perfiles simétricos en artesa o en V muy abierta. Los sedimentos dominantes son arenas fangosas en su zona limítrofe con el canal alimentador y limos y arcillas en su zona final, con abundantes depósitos residuales de conchas. Entre las estructuras biogénicas, destacan las galerías de anélidos y bivalvos. Pasan lateralmente a bordes de canal poco extensos, de mayor pendiente que los asociados a los canales alimentadores.

Los canales finalizadores alimentan y drenan las zonas de marisma salada. Forman una densa y compleja red dendrítica de drenaje, que recorre los cuerpos de marisma alta. Su anchura es siempre

inferior a los 20 m y su profundidad no supera el metro. Los ciclos de marea son claramente asimétricos, con dominio del reflujo sobre el flujo. El nivel de base está controlado por el traslado de la onda de marea a través de los canales distribuidores, la altura topográfica de los cuerpos de marisma sobre los que discurre y las redes de drenaje asociadas. Sus perfiles son en forma de V o U, con paredes laterales escarpadas. Los sedimentos son generalmente fangosos, con altos contenidos en materia orgánica (>10 %). Son muy abundantes las galerías de anélidos y crustáceos, con ausencia de formas de fondo.

Submedios sedimentarios

Dentro del Subsistema Carrera, pueden diferenciarse submedios submareales, intermareales y supramareales. El medio submareal más importante es la plataforma de batida del oleaje. Se encuentra por debajo del nivel de Marea Baja Viva Media (MBVM) y está expuesto a la acción directa del oleaje. Su morfología es semejante a grandes megarripples de escala kilométrica, con avance hacia la costa controlado por los ciclos mareales de periodicidad bisemanal.

Entre los submedios intermareales, destacan: a) Llanuras mareales. Están limitadas por los niveles de Marea Alta Muerta Media (MAMM) y Marea Baja Viva Media (MBVM) en el estuario marino. Constituyen la zona intermareal en los sectores con baja pendiente y aporte arenoso importante. Se sitúa sobre el delta de flujo situado al S de Isla Cristina. La reducida acción del oleaje y su carácter somero representan condiciones adecuadas para la colonización de este submedio por numerosos organismos bentónicos. b) Bordes de canal activo. Difiere del submedio anterior por estar ligado a alguno de los canales que drenan el sistema, mayor pendiente y una extensión areal reducida. c) Flechas litorales (ganchos arenosos). Aparecen por encima del nivel de MAMM, siempre sobre una llanura mareal previa. Su longitud puede ser de varios kilómetros, con una anchura variable. d) Marismas saladas vegetadas. Se disponen entre los niveles de MAMM y Marea Alta Viva Muerta (MAVM).

Los submedios supramareales más importantes son: a) Dunas. Se observan sobre el nivel de MAVM de todas las flechas litorales. b) Marisma estéril. Representa el tránsito entre medios mareales y continentales. Se sitúa entre los niveles de MAMM y Marea Alta Viva Extrema (MAVE). Las condiciones de drenaje son deficientes, inundándose en las pleamares superiores a la media. Su extensión areal es reducida.

Análisis del agua

Los datos proceden del Plan de Policía de Aguas de la Agencia del Medio Ambiente (AMA, 1990, 1991a) y del Centro de Estudios Marinos (1995). En primavera, la salinidad disminuye levemente desde el caño del Carreras (36 ‰) hacia los canales distribuidores principales (34-35 ‰). Una similar tendencia se detecta en el pH (8,2 a 7,8), oxígeno disuelto (6,2-6,9 a 4,9-5,3 mg/l), amonio (0,10 a 0,25 mg/l) y fosfatos (<0,1 a 0,2 mg/l), en tanto que los nitratos aumentan hacia el mar, desde 0,38 mg/l en el estero Carreras a 0,55 mg/l en la desembocadura marina del caño Carreras.

El paso de los canales distributarios principales a los secundarios marca un importante cambio en los parámetros físico-químicos del agua, con aumento de la variabilidad en todos los parámetros debido a la menor acción tamponadora de la marea. En general, la salinidad oscila entre 28 y 38 ‰, con los valores mínimos y las máximas oscilaciones (2-25 ‰) en las zonas internas del caño del Pozo. El pH disminuye levemente (7-7,6), en tanto que el oxígeno disuelto sufre notables variaciones (4-20 mg/l). Este factor puede fluctuar considerablemente en el caño del Pozo (0,4-9 mg/l) en distancias muy cortas (500 m), como consecuencia de la autodepuración natural de las aguas por la vegetación asociada a la marisma.

Los niveles de concentración de metales pesados son muy bajos, con disminución del ICM entre 1990 y 1991. Aumentan levemente hacia las zonas más internas, si bien sólo se presentan apreciables diferencias en el contenido en Mn (18 a 43 ppm).

Los pesticidas sólo se detectan en muy bajas proporciones en los canales distribuidores y finalizados, con mínimas cantidades de aldrín o heptacloro entre los organoclorados y triclorfon o etil-paration entre los organofosforados (AMA, 1991b).

Vegetación

La distribución de la cubierta vegetal del Subistema Carreras está notablemente condicionada por la acción mareal. En los canales mareales más importantes, *Spartina maritima* ocupa el borde de canal sumergido durante la pleamar. En el tránsito a la marisma baja, aparecen *Sarcocornia perennis*, *Sarcocornia fruticosa* y *Halimione portulacoides*, sustituidas por *Atriplex halimus* y *Salsola brevifolia* en la parte externa de la marisma.

En los sectores menos afectados por la dinámica mareal, el borde de canal está colonizado por *Sarcocornia fruticosa* y *Sarcocornia perennis*, en tanto

que *Limoniastrum monopetalum* domina en la marisma baja (Bejarano, 1993).

Metodología

En la primavera de 1991, se tomaron 69 muestras de los principales submedios sedimentarios. En el borde de canal activo y los diversos tipos de marismas, se recogieron los tres primeros centímetros del sedimento con una pequeña pala. Las muestras de los canales submareales fueron obtenidas con el barco Tarettos I, dotado de sonda gráfica Yazaki y navegador automático Navstar 2000 D, mediante una draga de fondo tipo Van Veen Grabs, modelo 04.30. Cada una de ellas fue dividida en cuatro fracciones, con diferente finalidad:

a) Análisis textural. Esta fracción se conservó en bolsas de plástico con autocierre en el interior de un congelador a -20° C hasta el momento de su análisis. A continuación se descongelaron en una estufa convencional a 80° C. Una vez secas, se pesan unos 50 g y se vierten en vasos de precipitado de 250 ml, donde se disuelven en agua y se añade dispersante. Posteriormente, se utilizan ultrasonidos durante diez minutos para aumentar la disgregación.

Se efectúa un primer levigado con un tamiz de 63 µm, para separar las fracciones arena y lutita. La fracción arena vuelve a secarse y se leviga posteriormente por tamices con luces de 2, 1, 0,5, 0,25 y 0,129 mm, respectivamente. La fracción lutita se vierte en un matraz Erlenmeyer de 150 ml y es analizada en un contador de partículas Coulter, modelo ZM, con rango de análisis entre 70 y 2 µm.

En cada muestra, se han representado los histogramas de frecuencia y curvas acumuladas, obteniéndose los siguientes parámetros estadísticos (en unidades Ø): centil (C), mediana (M), media gráfica (Mz), sorting (SORT), asimetría gráfica (SKI) y kurtosis (KG).

b) Análisis del contenido en materia orgánica. Se ha procedido según el protocolo de Courau (1983). Inicialmente, se seca la muestra a 80° C. A continuación, se vuelve a secar a 100° C durante dos horas, para eliminar el agua intersticial. Se ataca la muestra con HCl para eliminar el contenido en carbonatos, acelerando la reacción por calentamiento en baño de arena. Vuelve a secarse a 110° C durante tres horas y se pesa después de enfriar. Por último, se calcina a 480° C durante dos horas en un horno de Mufla digital. El porcentaje en materia orgánica se calcula por la diferencia de peso entre las pesadas anterior y posterior a la calcinación.

c) Análisis geoquímico. El análisis del contenido en elementos químicos mayoritarios y traza de 12 muestras ha sido realizado por los laboratorios X-Ray Assay de Toronto (Canadá) mediante espectrofotometría por fluorescencia de Rayos X.

d) Análisis faunístico. Parte de la muestra (50 g) es introducida en una solución de alcohol y Rosa de Bengala (1 g/l) para la conservación y coloración de las partes blandas. Una vez seca a 70° C, se procede a su levigado por un tamiz de 63 µm de luz de malla. Se repite la operación de secado y el residuo se examina al microscopio binocular. La determinación taxonómica se ha basado en Bonaduce *et al.* (1975), Lachenal (1989), Athersuch *et al.* (1989) y el Stereo Atlas of Ostracod Shells.

Por último, se ha realizado un análisis estadístico (Matriz de Correlación de Pearson y Análisis de Componentes Principales con rotación VARIMAX) para validar las asociaciones diferenciadas en función de la ecología de sus especies. Los cuatro factores principales explican más del 76 % de la varianza. Al utilizar el total de los ostrácodos presentes en cada muestra, resulta coherente que algunas especies típicas de condiciones ecológicas diferentes presenten altas cargas en un mismo factor o que sus coeficientes de correlación sean altos, al quedar mezcladas especies estuarinas y marinas debido al transporte mareal. La biocenosis permite diferenciar las formas que se encuentran *in situ* de aquellas introducidas por la marea en las partes más externas del estuario.

Tabla 1.—Análisis granulométrico y contenido en materia orgánica (MO) de las muestras estudiadas

Muestras	Distribución textural	C	M	Mz	SOR.	SK I	SK s	KG	MO %
1. Canal	C-1	-3,80	1,30	0,50	5,35	-0,15	1,30	2,74	11,72
2. B. canal	B-1	-2,90	0,50	0,23	2,00	-0,42	-2,00	1,17	9,18
3. Canal	C-2	-2,00	0,60	0,23	1,55	-0,51	-1,70	0,79	2,52
4. D. flujo	C-1	-1,00	2,00	2,10	1,25	0,07	-0,10	1,02	4,75
5. D. flujo	C-1	-1,00	1,30	1,37	1,25	0,25	0,90	1,14	4,29
6. Ll. arenosa	B-2	-2,00	1,00	1,07	1,15	0,34	1,10	1,89	2,40
7. M. salada	M-1	-2,90	5,20	5,23	2,19	0,04	0,22	1,00	23,34
8. B. canal	B-2	-2,00	1,50	1,67	2,65	-0,02	-1,30	1,36	3,85
9. Canal	C-2	-3,00	1,00	0,90	1,95	-0,21	1,10	1,23	1,37
10. Canal	C-2	-2,90	0,20	-0,27	2,25	-0,36	-1,30	0,71	4,33
11. Lagoon	B-1	-1,00	4,60	4,20	3,30	-0,23	-1,40	1,13	16,32
12. Canal	C-2	-3,00	-0,20	-0,33	2,90	0,00	0,60	0,70	40,20
13. B. canal	B-3	-1,50	2,10	2,30	1,60	0,44	1,60	1,19	10,57
14. Canal	C-3	-3,00	2,00	2,07	5,15	0,05	0,70	0,54	31,48
15. B. canal	B-4	1,00	5,20	5,27	2,00	0,04	0,00	0,82	17,85
16. M. salada	M-1	2,00	5,70	5,70	1,70	0,03	0,20	1,00	23,23
17. B. canal	B-3	-2,10	5,50	5,40	2,10	-0,15	-0,80	1,01	20,43
18. Canal	C-3	-2,90	2,50	3,00	4,00	0,22	1,00	1,02	12,13
19. Canal	C-2	-3,20	4,20	4,00	4,65	-0,23	-3,30	0,93	18,12
20. Canal	C-2	-3,00	0,70	0,03	2,35	-0,56	-2,10	1,75	4,72
21. Canal	C-2	-2,90	0,00	-0,33	2,10	-0,29	-1,20	0,57	3,70
22. M. salada	M-1	2,00	6,00	5,97	2,05	-0,08	-0,50	1,05	26,58
23. Canal	C-2	-2,10	0,70	0,57	1,25	-0,32	-0,90	1,02	2,88
24. B. canal	B-2	0,00	5,30	5,10	2,85	-0,17	-1,10	0,81	16,46
25. B. canal	B-2	-1,00	4,60	4,93	2,50	0,19	0,20	0,98	25,31
26. M. salada	M-1	0,00	5,80	5,83	1,90	-0,01	-0,20	0,92	25,06
27. Canal	C-1	-3,20	1,00	1,67	4,90	0,27	2,80	0,79	10,24
28. Canal	C-1	-2,10	2,00	2,77	3,75	0,42	2,90	1,02	14,41
29. Canal	C-3	-2,10	2,60	2,80	3,75	0,11	0,70	0,96	12,64
30. B. canal	B-3	0,00	6,30	6,10	2,50	-0,28	-1,60	1,28	18,51
31. M. salada	M-1	3,00	6,00	6,00	2,00	0,00	0,00	0,96	27,51
32. B. canal	B-4	0,00	3,70	3,67	1,40	0,03	0,40	1,28	12,24
33. B. canal	B-4	-2,00	4,70	4,97	2,35	0,23	0,90	1,01	26,88
34. Canal	C-5	0,00	5,10	5,27	1,85	0,21	0,90	0,84	28,23
35. Canal	C-5	-1,00	5,30	4,70	3,30	-0,36	-2,40	0,93	42,00
36. Canal	C-5	-3,20	5,20	4,93	4,55	-0,40	-5,30	1,78	31,39
37. B. canal	B-4	2,00	5,80	5,73	1,85	-0,08	-0,30	0,76	15,54
38. M. salada	M-1	0,00	6,10	6,03	1,60	-0,08	-0,20	0,94	18,76
39. Canal	C-5	-4,20	5,70	5,47	2,85	-0,29	-2,10	1,23	15,69
40. Canal	C-4	-4,50	2,00	3,23	3,60	0,67	4,60	0,67	—
41. Canal	C-4	-3,90	4,00	3,83	3,50	-0,12	-1,00	0,78	7,79
42. B. canal	B-4	-2,00	5,20	5,33	1,95	0,14	0,50	0,89	16,41
43. M. salada	M-1	0,50	5,20	5,30	1,90	0,14	0,60	1,04	19,43
44. Canal	C-5	0,50	6,40	6,33	1,75	-0,09	-0,30	1,02	18,81
45. Canal	C-5	-4,83	2,00	1,97	6,00	-0,02	-0,40	0,70	8,97
46. B. canal	B-4	1,50	5,60	5,50	2,40	-0,13	-0,80	0,98	—
47. M. salada	M-1	-3,90	1,50	2,73	3,45	0,70	4,90	1,09	—
48. Canal	C-4	-2,30	1,60	2,30	3,35	0,62	4,50	1,96	—
49. B. canal	B-3	-1,50	1,60	1,57	1,30	0,01	0,20	0,97	19,58
50. Canal	C-4	-2,00	4,30	4,13	3,70	-0,04	0,00	0,63	—
51. C. mareal	C-3	0,50	5,30	5,17	2,35	-0,16	-0,90	0,84	14,72
52. Canal	C-5	-4,80	5,60	5,37	3,20	-0,32	-2,80	1,09	—
53. B. canal	B-3	-4,40	3,10	3,80	3,55	0,33	1,90	0,75	12,08
54. Canal	C-3	-4,50	1,60	2,93	4,05	0,57	3,90	0,69	12,57
55. B. canal	B-2	-4,40	1,10	2,43	3,55	0,77	5,30	1,94	7,84
56. M. salada	M-1	-3,40	4,90	4,77	3,05	-0,07	-0,30	0,69	19,65
57. Canal	C-3	-4,40	4,50	4,13	3,50	-0,16	-0,80	0,67	12,78
58. B. canal	B-3	-0,50	3,50	4,27	3,00	0,53	3,00	0,82	9,77
59. M. salada	M-1	-0,50	4,10	4,60	3,30	0,27	1,20	0,90	11,55
60. Canal	C-3	-5,20	5,50	4,93	3,35	-0,27	-1,50	0,67	6,96
61. B. canal	B-3	-0,50	4,70	4,87	2,95	0,12	0,70	0,69	10,42
62. Canal	C-3	-4,40	5,60	4,77	3,65	-0,41	-2,70	0,71	—
63. B. canal	B-3	-1,50	3,50	3,73	3,50	0,15	1,20	0,57	—
64. Canal	C-2	-1,00	1,10	1,27	1,95	0,24	0,70	1,60	3,17
65. B. canal	B-2	-5,10	5,10	4,70	3,60	-0,19	-1,20	0,59	18,42
66. Canal	C-3	-0,50	5,20	4,83	3,00	-0,22	-1,20	0,72	—
67. B. canal	B-3	-3,70	1,10	1,83	3,75	0,58	4,30	2,20	7,95
68. M. salada	M-1	-1,00	1,00	2,33	3,90	0,72	5,00	1,78	5,50
69. M. estéril	M-1	-0,50	5,80	5,80	2,70	-0,11	-1,20	1,11	20,72

Análisis de los sedimentos

Distribuciones texturales

El análisis de las poblaciones granulométricas ha permitido diferenciar cinco distribuciones texturales en el canal y cuatro en el borde de canal, en tanto que las muestras de marisma presentan una notable homogeneidad (tabla 1). En el canal, pueden distinguirse las siguientes:

C-1. Las fracciones dominantes están comprendidas entre 1 y 3 unidades ϕ . Aparece en zonas situadas cerca de los focos de aporte arenoso directo, donde la capacidad de aportes es mayor que la capacidad de redistribución del medio sedimentario. Ocupa la parte occidental del caño del Carreras y el delta de flujo mareal situado al S de Isla Cristina.

C-2. Son arenas muy bien clasificadas, con un tamaño dominante (1 a 2 ϕ) fácilmente transportable en saltación por las corrientes de flujo y reflujo mareal. También se encuentra en zonas próximas a las fuentes de aporte arenoso. Está bien representada en el caño del Carreras.

C-3. Son sedimentos pobremente clasificados, al estar presentes todas las fracciones granulométricas. Presenta dos poblaciones principales: la primera comprendida entre 1 y 3 ϕ , producto del cese del transporte en saltación, y una segunda entre 4 y 6 ϕ , correspondiente al depósito de las fracciones transportadas en suspensión. Sólo se encuentra en el inicio de la ramificación del caño del Carreras, al NW de Isla Cristina, así como en algunos sectores intermedios de los esteros Canela, Pinillo y Carreras.

C-4. Es una distribución bimodal, con fracciones procedentes tanto del transporte en saltación (2 a 4 ϕ) como en suspensión (5 a 8 ϕ). Está muy extendida en los canales distribuidores del sector central del subsistema (estero del Pinillo, estero Canela), sobre todo en la proximidad al caño del Carreras. Es un reflejo de la dualidad de tipos de transporte dominantes en estos medios.

C-5. Dominan las fracciones transportadas en suspensión (4 a 8 ϕ), representando los depósitos menos energéticos de este submedio. Ocupa las zonas más internas de los canales distribuidores principales y la totalidad de los canales distribuidores secundarios.

En el borde de canal, se diferencian los siguientes tipos:

B-1. Es similar a C-1, si bien no presentan fracción lutítica por acción del oleaje. Se sitúa en los bordes del canal alimentador del Carreras.

B-2. Su distribución y situación es semejante a C-2, con una importante clasificación granulométrica

(1 a 4 ϕ) en la proximidad a las fuentes de aporte arenoso.

B-3. Son arenas finas y muy finas muy bien clasificadas, algo más alejadas que B-2 de las fuentes de aporte. Es la consecuencia de la fina clasificación que produce una relativa simetría de las corrientes mareales.

B-4. Aparece en los bordes de canal más internos del sistema. Dominan las fracciones comprendidas entre 4 y 8 ϕ , con un notable equilibrio entre los procesos de floculación y caída del material en suspensión.

Todas las muestras de marisma salada de este subsistema (M-1) presentan un dominio de las fracciones comprendidas entre 3 y 8 ϕ , depositadas en condiciones de baja energía.

En función de la ubicación de las distribuciones granulométricas, se observa una pérdida en la competencia de las corrientes mareales hacia el interior del subsistema. La alimentación se produce a partir de tres focos distintos:

- a) el caño del Carreras, por el que el flujo mareal introduce el sedimento aportado por el Guadiana y la deriva litoral, una vez retrabajado por el oleaje y las mareas en la zona costera abierta;
- b) una retroalimentación a través del estero Canela, que introduce arenas directamente desde el estuario marino del río Guadiana, y
- c) la erosión y retrabajo de antiguas flechas litorales.

Materia orgánica

El contenido en materia orgánica se mantiene relativamente constante en todo el sistema, al estar relacionado con la degradación de los restos de las especies vegetales que lo colonizan (tabla 1: MO). No obstante, pueden distinguirse tres zonas diferentes, en función de la variación de este parámetro en los distintos submedios:

1. Caño del Carreras y caño de la Cruz. El canal posee más materia orgánica que el borde de canal adyacente, en tanto que la marisma salada presenta valores muy superiores a ambos. Este hecho se debe a la influencia del oleaje en el borde de canal de esta zona externa y la oxigenación y degradación asociadas.

2. En las zonas más internas, la materia orgánica aumenta. Sus porcentajes disminuyen desde la marisma salada hacia los canales distribuidores, si bien estos últimos se sitúan siempre por encima de los valores obtenidos en los canales alimentadores anteriores.

Tabla 2.—Contenido geoquímico de los sedimentos de los principales canales del Subsistema Carreras

Muestras	Elementos mayores (%)						Metales pesados (ppm)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Cr	Ni	Cu	Zn	Pb
7	56,60	15,00	1,19	3,07	5,28	0,18	90	30	64	208	46
8	70,80	6,48	7,76	1,35	2,38	0,08	33	9	9	72	13
9	81,60	3,43	4,99	0,67	1,15	0,05	14	11	9	41	9
15	59,40	16,00	1,09	1,75	6,11	0,17	85	36	49	195	46
16	54,10	17,00	0,84	1,87	6,75	0,19	100	40	73	232	60
29	74,30	9,52	1,67	0,94	3,33	0,08	56	18	9	80	19
30	60,80	15,30	0,71	1,53	5,76	0,17	94	32	28	134	27
31	45,60	16,80	0,71	1,90	6,29	0,27	125	19	32	164	86
41	57,50	12,70	6,19	1,52	5,01	0,15	88	31	28	148	32
42	53,50	18,60	0,95	2,10	7,27	0,16	108	45	60	290	58
43	51,80	17,70	0,84	1,97	6,94	0,20	109	40	47	159	42

3. Ambas zonas están separadas por una banda de transición, donde los sedimentos de canal pueden contener más materia orgánica incluso que la marisma salada (p. ej., muestra 14).

Geoquímica

En general, los contenidos en metales pesados son bajos o muy bajos (tabla 2). Sólo se detectan apreciables cantidades de Cr y Zn (hasta 125 ppm y 290 ppm, respectivamente). Los mínimos se presentan en el canal del Carreras, aumentando en los canales distributarios en todos los submedios sedimentarios.

En los cuatro transectos efectuados, se observa un aumento del contenido metálico desde el canal a la marisma salobre, consecuencia del mayor contenido en limos y arcillas y del aumento en los procesos de floculación. La única excepción notable se produce en la zona más interna del estero Carreras (muestras 47 a 49), donde el borde de canal es el submedio más contaminado.

Los ostrácodos

Fauna total

El análisis de 2.450 valvas y caparazones ha permitido determinar 55 especies pertenecientes a 33 géneros (tabla 3). Pueden diferenciarse cuatro asociaciones, en función de la ecología de las especies presentes (Yassini, 1980; Carbonel, 1980; Ruiz Muñoz, 1995; Ruiz Muñoz *et al.*, 1996; Ruiz Muñoz *et al.*, 1997).

Asociación 1: fauna autóctona, *in situ* o desplazada. Está constituida por especies típicas de medios restringidos costeros (estuarios, lagoons, etc.), en su

mayoría con representantes vivos. Entre ellas destacan *Loxoconcha elliptica* (Lám. 1, 1), *Cyprideis torosa*, *Cytherois fischeri*, *Elofsonia pusilla* y *Leptocythere* spp. como formas estuarinas *sensu stricto* y *Loxoconcha rhomboidea* (Lám. 1, 2) y *Loxoconcha tumida* entre las especies que pueden vivir también en medios marinos abiertos.

Asociación 2: fauna costera. Constituye un conjunto de especies con robustos caparazones, que suelen conformar la totalidad de la población en las arenas medias a gruesas de las zonas más energéticas del litoral de Huelva, como la plataforma de batida. Las más importantes son *Urocythereis oblonga*, *Aurila convexa* (Lám. 1, 5), *Cytheretta adriatica* y *Pontocythere elongata* (Lám. 1, 3-4).

Asociación 3: fauna marina abierta. Está representada por *Carinocythereis whitei* (Lám. 1, 8), *Palmoconcha guttata* (Lám. 1, 6), *Palmoconcha turbida* (Lám. 1, 7) y *Sagmatocythere* spp. Son especies de talla media, típicas de sectores marinos más profundos (>10 m) y tranquilos.

Asociación 4: fauna de aguas dulces. Suelen aparecer en medios de salinidad inferior a 15 ‰ (salinas, lagunas, lagos, fuentes, etc.). Está representada por *Candona* sp., *Cyprinotus salinus*, *Limnocythere inopinata* y *Potamocypris* sp. Sólo se ha observado esporádicamente en el canal mareal de Ayamonte y en el canal y borde de canal de la llanura mareal fangosa.

Biocenosis

Sólo 55 de las 69 muestras analizadas contenían especímenes vivos, pertenecientes a 17 especies (tabla 4). El número de especies/muestra de la biocenosis es siempre inferior a ocho y sólo se superan los 25 individuos vivos/muestra en zonas terminales del estero Carreras, así como en los canalillos que

Tabla 4.—Biocenosis de ostrácodos del Subsistema Carreras

ESPECIES/MUESTRAS	1	5	8	11	13	14	15	17	18	19	24	28	29	30	33	34	35	36	39	40	41	44	45	46	48	49	50	51	53	57	58	59	60	61	62	63	64	66	67		
Aurilia convexa		1																																							
Callistocythere aff. C. rastrifera																																									
Cyprideis torosa																																									
Cythereis fischeri			1		7	7	6			2	1			7			1			4	2	8	4		2			5				2	6	11	8	48	1			2	3
Elofsonia pusilla																																									
Leptocythere castanea																				1																					
Leptocythere fabaeformis					1	2				1									1	6	2	1			2																
Leptocythere pellucida (liso)												1			57	1		2											4							1	2				
Leptocythere psammophila (punt.)											1				9	1	1	1			1			1					1			6	8	5	5	1					
Leptocythere tenera						2																																			
Limnocythere inopinata																																									
Loxoconcha elliptica						1		6				6	2				1				4	2	2	3									1			3	3	8	8	2	1
Loxoconcha rhomboidea				1		3			1									6		1						8	6	3		2											
Loxoconcha tumida				1														2	1	1																					
Palmococoncha turbida	1																																								
Paradoxostoma sp. 1																																									
Paradoxostoma sp. 2																																									
ESPECIES	1	1	1	1	2	2	7	1	1	2	2	1	3	1	2	3	1	1	6	4	5	4	1	1	2	1	2	1	3	1	2	1	2	4	7	5	4	1	2	1	
INDIVIDUOS	1	1	1	2	8	18	6	6	3	2	1	14	2	66	3	1	1	16	10	16	8	2	2	3	10	11	3	16	1	3	6	17	20	62	36	18	2	3	3		

recorren la llanura mareal fangosa, situada al NW de Isla Canela.

La mayoría pertenecen a la asociación 1. Entre ellas, destacan *Cythereis fischeri*, *Loxoconcha elliptica*, *Leptocythere psammophila*, *Leptocythere pellucida* y *Loxoconcha rhomboidea*. Las cuatro primeras están mejor representadas en los canales distribuidores principales y secundarios, en tanto que la última se restringe sobre todo a canales distribuidores en conexión directa con el canal alimentador.

Los especímenes vivos de formas marinas (*Aurilia convexa*, *Callistocythere* aff. *C. rastrifera* y *P. turbida*) son muy escasos. Únicamente se observaron en el canal alimentador y en la proximidad del canal principal estuarino.

Validación estadística de las asociaciones

El análisis estadístico efectuado permite diferenciar, a grandes rasgos, las especies estuarinas de las formas marinas (fig. 2). El Factor 1 (39,5 % de la varianza explicada) engloba a las principales especies marinas (asociaciones 2 y 3). La inclusión de *C. fischeri* y *E. pusilla* se debe a la presencia conjunta de una importante biocenosis de estas especies y una notable proporción de formas marinas arrastradas en la zona próxima al canal principal del río Guadiana, sometida a un fuerte influjo mareal.

El Factor 2 (14,6 % de la varianza explicada) está formado por aquellas formas estuarinas (parte de la asociación 1) con un alto grado de tolerancia a las variaciones de salinidad, como *Loxoconcha rhomboidea*, *L. tumida* o *Leptocythere fabaeformis*. Aparecen en los canales distribuidores principales, directamente conectados con el caño del Carreras.

Los Factores 3 y 4 (12,2 % y 10,2 %, respectivamente, de la varianza explicada) engloban a las formas estuarinas *sensu strictu* (asociación 1), que

conforman la mayor parte de la biocenosis del Subsistema Carreras.

La asociación 4 está constituida por especies muy minoritarias. Su ausencia en la mayoría de las muestras condiciona notablemente la extracción de conclusiones con validez estadística. En consecuencia, su distinción se basa exclusivamente en criterios ecológicos, observados en otros estuarios similares.

Ostrácodos y submedios sedimentarios

La distribución de las especies está condicionada por el submedio:

Canales alimentadores y distribuidores

a) En el canal alimentador principal (C-1 y C-2) y, en menor medida, en la boca de los canales conectados con el canal principal del río Guadiana (C-3), la asociación 1 constituye la mayoría de la fauna de ostrácodos. *Urocythereis oblonga* es la especie más importante, con un dominio notable de formas juveniles (60-100 %) sobre los adultos en estos sectores. No se han observado caparazones articulados de adultos. Las valvas sueltas presentan claras evidencias de abrasión y/o rotura, consecuencia de la resedimentación. Los esporádicos individuos vivos pertenecen a las asociaciones marinas.

b) En los canales distribuidores principales y secundarios de las zonas internas (distribuciones C-3 a C-5), domina la asociación 2. Entre las especies, *Loxoconcha elliptica* es la más abundante, sólo sustituida parcialmente por *Loxoconcha rhomboidea* en pequeños canales distribuidores secundarios conectados con el caño del Carreras. En las zonas internas, los escasos ostrácodos presentes en los canales distribuidores y finalizadores pertenecen a

	AC	CR	CW	CT	CA	CF	EP	LF	LP	LS	LE	LR	LT	PG	PE	UO
<i>Aurila convexa</i> (AC)	1															
<i>Callistocythere rastrifera</i> (CR)	0,58	1														
<i>Carinocythereis whitei</i> (CW)	0,68	0,55	1													
<i>Cypriideis torosa</i> (CT)	0,08–	0,05–	0,06	1												
<i>Cytheretta adriatica</i> (CA)	0,56	0,63	0,52	0,04–	1											
<i>Cytherois fischeri</i> (CF)	0,29	0,68	0,46	0,05–	0,53	1										
<i>Elofsonia pusilla</i> (EP)	0,39	0,77	0,56	0,04–	0,64	0,86	1									
<i>Leptocythere fabaeformis</i> (LF)	0,15	0,02	0,27	0,07–	0,26	0,15	0,01–	1								
<i>Leptocythere pellucida</i> (LP)	0,06–	0,01–	0,06–	0,01	0,03–	0,01–	0,03–	0,07–	1							
<i>Leptocythere psammophyla</i> (LS)	0,09	0,46	0,24	0,17	0,24	0,72	0,62	0,13	0,43	1						
<i>Loxoconcha elliptica</i> (LE)	0,18	0,56	0,47	0,49	0,34	0,66	0,61	0,02	0,09	0,60	1					
<i>Loxoconcha rhomboidea</i> (LR)	0,21	0,23	0,15	0,07–	0,33	0,32	0,16	0,51	0,04–	0,02	0,15	1				
<i>Loxoconcha tumida</i> (LT)	0,19	0,17	0,28	0,05–	0,42	0,18	0,11	0,77	0,04–	0,06–	0,00	0,48	1			
<i>Palmoconcha guttata</i> (PG)	0,66	0,88	0,58	0,04–	0,71	0,50	0,67	0,09	0,05–	0,23	0,41	0,28	0,25	1		
<i>Pontocythere elongata</i> (PE)	0,59	0,72	0,67	0,03–	0,85	0,64	0,83	0,12	0,06–	0,41	0,44	0,15	0,28	0,70	1	
<i>Urocythereis oblonga</i> (UO)	0,76	0,74	0,69	0,08–	0,74	0,56	0,72	0,08	0,09–	0,37	0,35	0,14	0,20	0,67	0,88	1

ESPECIES/FACTOR	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
<i>Aurila convexa</i>	0,783	0,085	0,212–	0,110–
<i>Callistocythere rastrifera</i>	0,850	0,037	0,237	0,121
<i>Carinocythereis whitei</i>	0,755	0,178	0,030–	0,083
<i>Cypriideis torosa</i>	0,127–	0,047–	0,106–	0,894
<i>Cytheretta adriatica</i>	0,791	0,311	0,051	0,014
<i>Cytherois fischeri</i>	0,621	0,182	0,548	0,257
<i>Elofsonia pusilla</i>	0,802	0,003–	0,407	0,192
<i>Leptocythere fabaeformis</i>	0,040	0,908	0,087–	0,014–
<i>Leptocythere pellucida</i>	0,161–	0,016	0,717	0,184–
<i>Leptocythere psammophyla</i>	0,320	0,098–	0,821	0,305
<i>Loxoconcha elliptica</i>	0,425	0,032	0,377	0,745
<i>Loxoconcha rhomboidea</i>	0,153	0,738	0,093	0,028
<i>Loxoconcha tumida</i>	0,176	0,869	0,059–	0,005–
<i>Palmoconcha guttata</i>	0,845	0,118	0,046	0,030
<i>Pontocythere elongata</i>	0,902	0,099	0,129	0,071
<i>Urocythereis oblonga</i>	0,922	0,023	0,032	0,020–
Varianza explicada	6,318	2,331	1,951	1,628
% varianza explicada	39,49	14,57	12,19	10,17

Fig. 2.—Análisis estadístico: Matriz de correlación de Pearson de las principales especies y Análisis de Componentes Principales.

la asociación 1 (*Loxoconcha elliptica*, *Cytherois fischeri*) o, si existe erosión de los ganchos arenosos, a una mezcla entre las dos primeras asociaciones. Un caso especial puede observarse en los canales finalizadores de la marisma de San Bruno, donde *Cypriideis torosa* es la especie principal (tanatocenosis y biocenosis), acompañada en menor medida por *Loxoconcha elliptica*.

Loxoconcha elliptica y *Cytherois fischeri* son las especies mejor adaptadas a estos medios canalizados, con más del 50 % de formas vivas. *Loxoconcha elliptica* está bien representada en canales con conexión marina, en tanto que *Cytherois fischeri* puede ocupar zonas más internas. Ocasionalmente, pueden aparecer ejemplares vivos de diversas especies de *Leptocythere*. Estas especies suelen desaparecer en los canales distribuidores secundarios internos.

Borde de canal activo

Las especies principales suelen coincidir con las del canal adyacente (B-1 = C-1; B-2 = C-2; B-3 = C-3 y B-4 = C-4 y C-5), con un aumento significativo en la abundancia de *Leptocythere*. El número de individuos es superior en el borde de canal en los canales alimentadores y distributarios principales. Esta relación se invierte en algunos canales distributarios secundarios del caño del Carreras (B-3), caño de la Cruz (B-4), así como en el tramo final del caño del Pozo (B-2 y B-3).

Este submedio sólo presenta una biocenosis importante en los canales con conexión marina (distribución B-3), con ausencia de formas vivas en las partes más internas del estuario. En la mayoría de las muestras, existe un predominio de *Loxoconcha elliptica* y *Cytherois fischeri*, además de *Leptocythere*.

here pellucida y *Leptocythere psammophyla* en el tramo final de los canales distribuidores y en algunos canales distribuidores secundarios.

Marisma salada

Los ostrácodos están pobremente representados en este submedio (distribución M-1). En la mayoría de las muestras, no aparecen o bien sólo se encuentran formas transportadas procedentes del borde de canal adyacente (*Loxoconcha*, *Leptocythere*) o de ganchos arenosos próximos (*Urocythereis*). Una excepción reseñable se encuentra en el NW de la marisma de San Bruno (muestra 59), donde biocenosis y tanatocenosis están dominadas por *Cythereis fischeri* y *Leptocythere psammophyla*.

Delta de flujo mareal

La fauna de ostrácodos está dominada por la asociación 2, con numerosos fragmentos de valvas (>50 %) de *Urocythereis oblonga* y *Pontocythere elongata*. El número de especies e individuos disminuye desde las zonas externas hacia las internas, aumentando en la misma dirección la proporción de adultos.

Lagoon

En la muestra 11, la tanatocenosis está dominada por las valvas juveniles resedimentadas de *Urocythereis oblonga*. Sin embargo, la escasa biocenosis pertenece a formas estuarinas que pueden encontrarse en medios marinos (*Loxoconcha rhomboidea*, *Loxoconcha tumida*).

Discusión

La acción mareal ejerce un importante control en la distribución de ostrácodos de medios estuarinos, tanto en la biocenosis como en la tanatocenosis. En la biocenosis, el aumento de individuos en canales finalizadores y en la llanura fangosa es una consecuencia de una importante exposición subaérea diaria y un sedimento limo-arcilloso propicio para la ascensión capilar de nutrientes, como el fósforo (Carbonel, 1980).

En el sector externo (canal alimentador), las formas vivas de ostrácodos son muy escasas. Este hecho deriva de la acción erosiva de las corrientes mareales y el bajo contenido en oxígeno disuelto, factores que impiden el desarrollo de estos crustá-

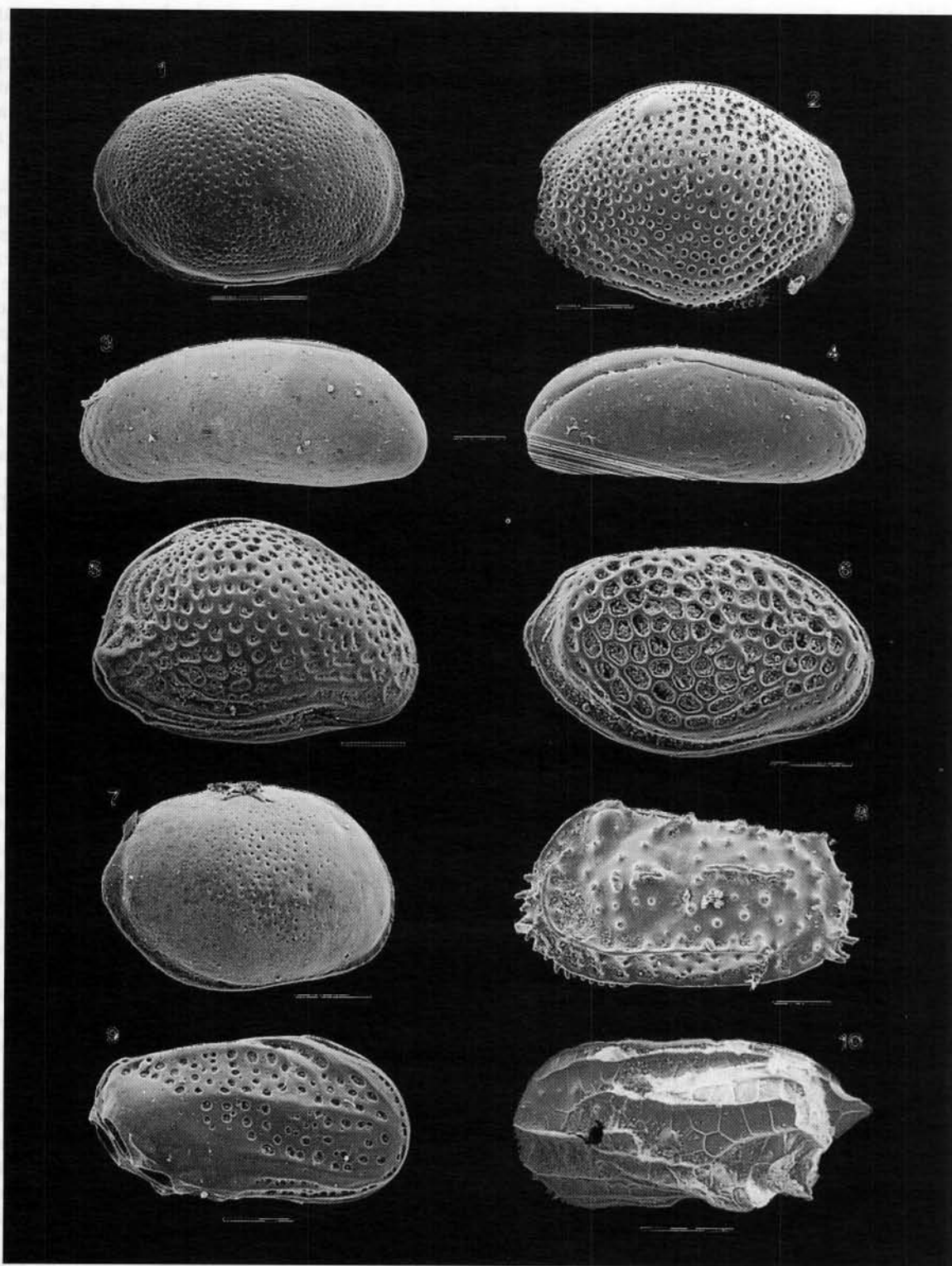
ceos en los canales principales de los estuarios (Carbonel, 1978; Penney, 1987). La esporádica biocenosis marina presente está constituida por formas que pueden vivir en el sedimento o nadar temporalmente, como *Palmoconcha turbida* (Hartmann, 1965), requisito importante para adaptarse a la remoción periódica del fondo.

En el canal principal (caño del Carreras), la tanatocenosis está dominada por las asociaciones marinas 2 y 3. Este conjunto de formas agrupa especies limnícolas costeras eurihalinas (*Urocythereis oblonga*, *Pontocythere elongata*), propias de los medios arenosos de la plataforma de batida adyacente (Ruiz Muñoz, 1995), especies marinas perifitales como *Aurila convexa* o *Heterocythereis albobaculata* y, en menor número, formas típicas de limos y limos arenosos más profundos, como *Palmoconcha guttata*. Estas especies son transportadas en saltación durante los períodos de flujo mareal en numerosos estuarios de la vertiente atlántica europea (Wagner, 1957; Barker, 1983-1984). También pueden constituir una paleotanatocenosis en medios internos, consecuencia de la erosión de antiguos ganchos internos. Este redepósito es frecuente en estos medios estuarinos (Penney, 1985) y debe ser cuidadosamente analizado en cualquier estudio de estuarios pretéritos.

La disminución de la influencia mareal en los canales distribuidores permite la colonización del canal por la asociación 1, con especies que soportan regímenes de flujo moderado y fluctuaciones importantes (10-15 ‰) de la salinidad, como *Cythereis fischeri* y, sobre todo *Loxoconcha elliptica*. Algo similar se ha observado en el estuario francés de la Gironde, donde *Loxoconcha elliptica* suele encontrarse en medios moderadamente agitados y *Cythereis fischeri* en regímenes de flujo bajo o muy bajo (Carbonel, 1971). Estas especies son parcialmente reemplazadas por *Loxoconcha rhomboidea* en canales distribuidores próximos al mar, con salinidad marina normal. Esta especie puede vivir incluso en medios infralitorales, tanto en el Mediterráneo como en el Atlántico (Yassini, 1969; Yassini, 1980; Bonaduce *et al.*, 1988).

En los canales distributarios secundarios, estas especies aparecen junto a numerosos *Leptocythere*, sobre todo en el borde de canal. Estas zonas suelen presentar un alto contenido fangoso y una importante cubierta vegetal, dos factores que facilitan el desarrollo de este grupo de ostrácodos micrófagos (Carbonel, 1980).

La ausencia de ostrácodos en la marisma salobre ha sido constatada en diversos estudios efectuados. La esporádica presencia de algunas especies (*Cythereis fischeri*, *Leptocythere psammophyla*) en marismas próximas al mar debe ser considerada



Lám. 1.—1. *Loxoconcha elliptica* Brady, valva derecha. 2. *Loxoconcha rhomboidea* (Fisher), valva izquierda. 3. *Pontocythere elongata* (Brady), valva izquierda. 4. *Pontocythere elongata* (Brady), valva derecha. 5. *Aurila convexa* (Baird), valva derecha. 6. *Palmoconcha guttata* (Norman), valva derecha. 7. *Palmoconcha turbida* (Muller), valva derecha. 8. *Carinocythereis whitei* (Baird), valva izquierda. 9. *Loculicytheretta pavonia* (Brady), valva derecha. 10. *Semicytherura acuticostata* (Sars), valva izquierda. Escala: 100 μ m.

como una residencia temporal coincidente con períodos de inundación (Penney, 1987; Ruiz Muñoz *et al.*, 1994). En contraposición, los canales de la marisma o de llanuras fangosas adyacentes, como el caño del Pozo, contienen una rica fauna dominada por *Cyprideis torosa* y *Loxoconcha elliptica*. *Loxoconcha elliptica* aparece principalmente en la parte inicial de estos pequeños canales, con cubierta de agua permanente y salinidades intermedias (25-35 ‰). *Cyprideis torosa* se adapta mejor a la parte final, con profundidades inferiores a 1 m, exposición subaérea importante y salinidades bajas o muy bajas (0-20 ‰), con importantes cambios diarios en relación con los períodos mareales. Una distribución semejante ha sido descrita en diversos estuarios del Mar del Norte (Diebel y Pietrzeniuk, 1970; Penney, 1985).

Conclusiones

La distribución de ostrácodos en los distintos submedios del Subsistema Carreras está íntimamente ligada a la marea. El efecto mareal es muy importante en el canal alimentador y en los canales que drenan al canal principal estuarino del río Guadiana. En el canal alimentador, la tanatocenosis marina observada (*Urocythereis oblonga*, *Pontocythere elongata*, *Palamoconcha turbida*) refleja la importancia del transporte en saltación en esta zona, factor negativo para el desarrollo de la biocenosis de estos crustáceos.

En zonas más internas, alejadas de la acción mareal directa, las especies eurihalinas son dominantes. *Loxoconcha elliptica* y *Cythereis fischeri* caracterizan los canales distributarios principales y están acompañadas por diversos *Leptocythere* en los canales distributarios secundarios con importante vegetación. *Cyprideis torosa* delimita la llanura fangosa interna, el submedio donde se producen las mayores variaciones físico-químicas del área estudiada. La marisma salada se configura como un medio hostil a los ostrácodos por su excesiva exposición aérea y sólo presenta temporalmente ejemplares vivos en períodos de inundación importantes.

El análisis de la ostracofauna permite detectar fenómenos de erosión, principalmente en las zonas internas de antiguos ganchos arenosos relacionadas con pequeños meandros de los canales distributarios. Este retrabajo debe ser considerado en cualquier estudio de estuarios fósiles.

AGRADECIMIENTOS

A D. Eduardo Gómez, del Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, por la realización de las fotografías de

MEB. A D. Jesús Morales, del Centro de Estudios Marinos de Lepe (Huelva), por su colaboración en la confección de los datos físico-químicos de aguas de este trabajo.

Este trabajo ha sido financiado por el Grupo PALECOMAR (II Plan Propio de Investigación de la Universidad de Huelva) y por el Plan Andaluz de Investigación (Grupos RNM-183: Sedimentología Aplicada, y RNM-238: Paleontología y Ecología Aplicadas).

Referencias

- Agencia del Medio Ambiente (1990). *Plan de Policía de Aguas*, 118 págs.
- Agencia del Medio Ambiente (1991a). *Plan de Policía de Aguas*, 99 págs.
- Agencia del Medio Ambiente (1991b). *Determinación del contenido de pesticidas en aguas y de metales en organismos vivos*, documento final, 86 págs.
- Athersuch, J., Horne, D. J., y Whittaker, J. E. (1989). *Marine and brackish water ostracods*, Synopses of the British fauna (nuevas series), 43, 343 págs.
- Barker, D. (1983-1984). The relationship between ostracod and sediment grain size. *Mar. Micropal.*, 8, 51-63.
- Bejarano, R. (1993). *La vegetación como elemento de interpretación del paisaje en la costa atlántica de Andalucía*, tesis doctoral, Univ. de Sevilla, 779 págs.
- Bonaduce, G., Ciampo, G., y Masoli, M. (1975). Distribution of ostracoda in the Adriatic Sea. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 40, 1-304.
- Bonaduce, G., Masoli, M., y Pugliese, N. (1988). Remarks on the benthic ostracods on the Tunisian Shelf. En: T. Hanai, N. Ikeya y N. Ishizaki (eds.), *Evolutionary biology of Ostracoda*, Elsevier, Amsterdam, 1087-1100.
- Carbonel, P. (1971). *Les ensembles fauniques d'ostracodes récents de l'estuaire de la Gironde et du proche plateau continental. Relations avec les phénomènes hydrodynamiques. Intérêt dans la reconstitution de paléoenvironnements*, tesis doctoral, 3.^{er} ciclo, Univ. de Bordeaux, 209 págs.
- Carbonel, P. (1978). Densités fauniques d'ostracodes en milieu intertidal euryhalin: rôle d'immersion. *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, 23, 165-171.
- Carbonel, P. (1980). Les ostracodes et leur intérêt dans la définition des écosystèmes estuariens et de la plateforme continentale. Essais d'application à des domaines anciens. *Mem. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, 11, 1-350.
- Centro de Estudios Marinos (1995). *Las márgenes del Guadiana y las zonas húmedas colindantes: ordenación y desarrollo integrado*, 65 págs.
- Courau, P. (1983). Traces métalliques: principe des méthodes, réduction des contaminations. En: CNPEO (ed.), *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*, 395.
- Diebel, K., y Pietrzeniuk, E. (1970). Holozane ostracoden von der Doggerbank, Norsee. *Bull. Centr. Rech. SNPA*, 5, 377-390.
- Elofson, O. (1941). Marine ostracoda of Sweden with special consideration of the Skagerrak. *Zool. Bidr. from Uppsala*. Traducido del alemán. Programa israelí para Scient. Translation, Herusalem, 1969, 286 págs.
- González-Regalado, M. L., Ruiz Muñoz, F., Borrego, J., y Pendón, J. G. (1990). La microfauna de la ría del

- Piedras (Huelva): algunos aspectos ambientales. *Actas I Reunión del Medio Ambiente en Andalucía*, Córdoba, 274-280.
- Hartmann, G. (1965). The problem of polyphyletic characters in ostracods and its significance to ecology and systematics. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 33, 32-44.
- Lachenal, A. M. (1989). Ecologie des ostracodes du domaine méditerranéen: application au Golfe de Gabes (Tunisie Orientale). Les variations au niveau marin depuis 30.000 ans. *Doc. Lab. Geol. Lyon*, 108, 1-224.
- Morales, J. A. (1993). *Sedimentología del estuario del río Guadiana (SO España-Portugal)*, tesis doctoral, Univ. de Sevilla, 300 págs.
- Pascual, A. (1990). *Utilización de los foraminíferos y ostrácodos para un mejor conocimiento del medio ambiente en los estuarios vizcaínos: aplicación a las rías de Guernica y de Bilbao*, tesis doctoral, Univ. del País Vasco, 345 págs.
- Penney, D. N. (1985). The Holocene Marine Sequence in the Lokken Area of Vendsyssel, Denmark. *Eiszeit. und Gegenw.*, 35, 79-88.
- Penney, D. N. (1987). Application of ostracoda to sea-level studies. *Boreas*, 16, 237-247.
- Rodríguez Lázaro, J., y Pascual, A. (1987). Estudio preliminar de los ostrácodos del estuario de la ría de Bilbao. *Actas I Reunión del Cuaternario Ibérico*, 1, 229-240.
- Ruiz Muñoz, F., González-Regalado, M. L., y Muñoz, J. M. (1997). Multivariate analysis applied to total and living fauna: seasonal ecology of recent benthic ostracoda off the North Cádiz Gulf coast (SW Spain). *Marine Micropaleontology*, 31 (3-4), 183-203.
- Ruiz Muñoz, F. (1995). *Los ostrácodos del litoral de la provincia de Huelva (SO España)*, tesis doctoral, Univ. de Huelva, 275 págs.
- Ruiz Muñoz, F., González-Regalado, M. L., y Borrego, J. (1994). Ostrácodos y contaminación: el estuario del río Odiel (Huelva, SO España). *Coloquios de Paleontología*, 46, 175-189.
- Ruiz Muñoz, F., González-Regalado, M. L., y Morales, J. A. (1996). Distribución y ecología de los foraminíferos y ostrácodos actuales del estuario mesomareal del río Guadiana (SW España). *Geobios*, 29, 513-529.
- Wagner, C. W. (1957). *Sur les ostracodes du Quaternaire récent des Pays-Bas et leur utilisation dans l'étude géologique des dépôts holocènes*, Mouton et C. (eds.), 259 págs.
- Wagner, C. W. (1964). Ostracods as environmental indicators in Recent and Holocene estuarine deposits of the Netherlands. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 33, 480-495.
- Whittaker, J. E. (1972). *The taxonomy, ecology and Distribution of Recent brackish and marine ostracoda from localities along the coast of Hampshire and Dorset (Christchurch Harbour, The Fleet and Weymouth Bay)*, Ph. D. Thesis, Univ. of Wales, 643 págs.
- Yassini, I. (1969). Ecologie des associations d'ostracodes du Bassin d'Arcachon et du littoral Atlantique. Application à l'interprétation de quelques populations du Tertiaire Aquitain. *Bull. Inst. Geol. Bass d'Aquitaine*, 7, 1-288.
- Yassini, I. (1980). The littoral system ostracodes from Bay of Bou-Isnail, Algiers, Algeria. *Rev. Esp. Microp.*, 9, 353-416.

Recibido el 18 de julio de 1997.

Aceptado el 1 de octubre de 1997.