

Cambios medioambientales de origen antrópico en el estuario de Joyel (Cantabria) detectados mediante asociaciones vivas de foraminíferos y ostrácodos

Anthropogenic environmental changes in the Joyel estuary (Cantabria) as detected by living foraminifera and ostracoda

Ana Pascual¹, Blanca Martínez-García^{1,2,3} y Jone Mendicoa¹

¹ Universidad del País Vasco UPV/EHU, Fac. de Ciencia y Tecnología. Dpto. Estratigrafía y Paleontología. Apartado 644, 48080 Bilbao
ana.pascual@ehu.eus; blancamaria.martinez@ehu.eus; jonemendicoa@gmail.com.

² Sociedad de Ciencias Aranzadi, Centro Geo-Q, Mendibile kalea, 48940 Leioa.

³ Universidad Complutense de Madrid UCM, Fac. Ciencias Geológicas, Dpto. Petrología y Geoquímica. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid Spain

ABSTRACT

Twenty-one species of living benthic foraminifera and 10 species of ostracoda have been identified in two samplings conducted in 2013 and 2018, in the area protected by the dam of the Santa Olaja tide mill in the Joyel estuary (Cantabria). The presence of *Ammonia tepida*, with abundant shell malformations, as well as *Miliolinella subrotunda* and many specimens of *Rosalina*, in addition to *Loxoconcha elliptica* and *Aurila woutersi*, point to the eutrophication of the environment in 2013. In 2018, *A. tepida* individuals lack malformations and *Elphidium oceanense* is present, which reveals environmental improvement after the opening of the mill floodgates in 2017. The increase of the areas occupied by *Trochammina inflata* and the decrease of the abundance and diversity of ostracods seem to be the consequence of the lowering of the dammed water, due to that opening. From 2013 onwards, the foraminifer *Balticammina pseudomacrescens* occupies the environments colonized by the plant *Baccharis halimifolia*, which invades estuaries with relevant anthropic disturbances.

Key-words: benthic foraminifera, ostracoda, anthropogenic intervention, Joyel estuary, Cantabria.

RESUMEN

Se han identificado 21 especies vivas de foraminíferos bentónicos y 10 de ostrácodos en dos muestreos llevados a cabo en 2013 y 2018, en la zona protegida por el dique del molino mareal de Santa Olaja en el estuario Joyel (Cantabria). La aparición de *Ammonia tepida*, con abundantes caparazones con malformaciones, junto con *Miliolinella subrotunda* y numerosos ejemplares de *Rosalina*, además de *Loxoconcha elliptica* y *Aurila woutersi*, señalan la eutrofización del medio en 2013. En 2018 los individuos de *A. tepida* carecen de deformaciones y está presente *Elphidium oceanense*, lo que pone de manifiesto la mejoría medioambiental tras la apertura de las compuertas del molino en 2017. El aumento de áreas ocupadas por *Trochammina inflata* y la disminución en riqueza y diversidad de los ostrácodos, parece ser la consecuencia del descenso en el nivel del agua embalsada debido a esta apertura. El foraminífero *Balticammina pseudomacrescens* ocupa, con posterioridad a 2013, los ambientes colonizados por la planta *Baccharis halimifolia*, que invade estuarios con importantes perturbaciones antrópicas.

Palabras clave: foraminíferos bentónicos, ostrácodos, intervención antropogénica, estuario Joyel, Cantabria.

Geogaceta, 66 (2019), 71-74
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 31 de enero de 2019
Revisión: 25 de abril de 2019
Aceptación: 24 de mayo de 2019

Introducción

El estuario Joyel-ría de Quejo (Cantabria) pertenece a la Reserva Natural de las Marismas de Santoña-Noja. Es Zona de Especial Protección para las Aves, estando incluida en el Convenio Internacional Ramsar y en la Red "Natura 2000". En esta marisma se llevaron a cabo en 2003 y 2004 diversos trabajos de regeneración ambiental.

Un año después se realizó un estudio de los foraminíferos y ostrácodos (Pascual *et al.*, 2006; Martín-Rubio *et al.*, 2006) para conocer la situación medioambiental de este estuario.

La cabecera está aislada del estuario mediante el muro del molino de marea de Santa Olaja, que limita la entrada de agua salada (Fig. 1). En esta zona, aparecieron en los últimos años abundantes macroalgas

oportunistas (IH Cantabria, 2012) que parecían indicar eutrofización (García *et al.*, 2010). De ahí que se llevara a cabo un nuevo muestreo de sedimento en 2013.

En 2017 se realizó un estudio sobre la restauración hidrodinámica del molino de mareas (IH Cantabria, 2017). Como resultado, se abrieron las compuertas del dique y se instalaron unas clapetas que permiten una mejor entrada de la onda mareal. Ade-

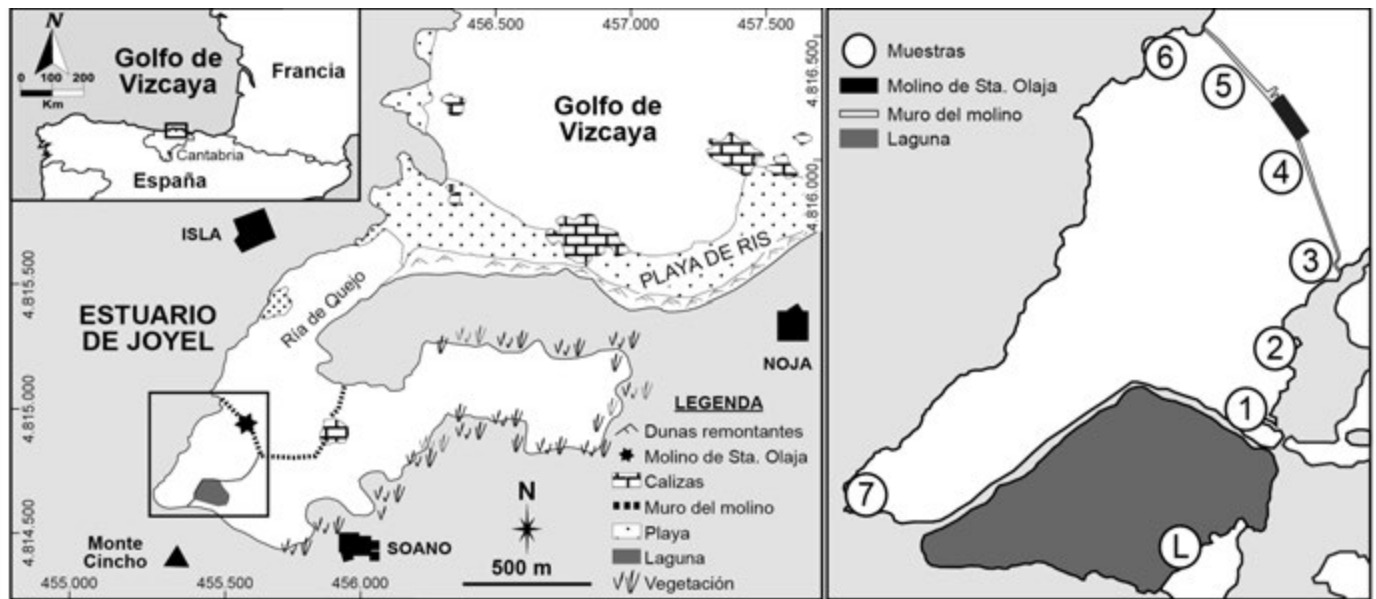


Fig. 1.- Localización geográfica de las muestras estudiadas (L, laguna).

Fig. 1.- Geographical location of the studied samples (L, lagoon).

más, la retirada de las algas permitiría reducir los procesos de eutrofización. Un año después, se llevó a cabo un nuevo análisis del sedimento.

Los foraminíferos son protistas muy abundantes en ambientes marinos y transicionales y los ostrácodos microcrustáceos que habitan en todos los medios acuáticos. Ambos son muy sensibles a los cambios medioambientales provocados por contaminación antrópica, por lo que han sido empleados como *proxies* en reconstrucciones de la evolución de la eutrofización en ambientes costeros (Murray, 2006; Gooday *et al.*, 2009; Rodríguez-Lázaro y Ruiz Muñoz, 2012).

En este trabajo se describen las asociaciones de foraminíferos bentónicos y ostrácodos vivos del estuario de Joyel, afectado por el molino de Santa Olaja. La comparativa entre los años 2013 y 2018, permitirá conocer la situación medioambiental de dicha zona tras los trabajos llevados a cabo para restaurar su hidrodinámica.

Material y métodos

Se recogieron 8 muestras superficiales (Fig. 1) en cada uno de los dos muestreos llevados a cabo en los meses de julio de 2013 y 2018 en bajamar, que fueron preservadas *in situ* con el colorante Rosa de Bengala disuelto en metanol (Murray, 2006) para diferenciar la biocenosis. A continuación, se lavaron y tamizaron, estudiándose la fracción >63µm, de donde se extrajeron,

siempre que fue posible, unos 300 ejemplares por muestra.

Para la clasificación taxonómica se ha seguido la normativa de Loeblich y Tappan (1988), actualizada en WoRMS (2019), para los foraminíferos, y la de Athersuch *et al.* (1989) para los ostrácodos. Se ha calculado la proporción entre tipos de caparazón (hialinos, porcelanáceos y aglutinantes) y obtenido diferentes índices de riqueza y diversidad: nF/nO (número de foraminíferos/ostrácodos por gramo de sedimento seco), S (número de especies) y α de Fisher (relación entre número de individuos y especies; Fisher *et al.*, 1943).

Resultados

Fueron extraídos 4359 foraminíferos bentónicos (vivos y muertos): 2223 en 2013 y 2136 en 2018 (Tabla I). El porcentaje de individuos vivos varía entre 57% (2013) y 45% (2018). Se han identificado 21 especies vivas, siendo dominantes en ambos años *Ammonia tepida* y *Trochammina inflata*, acompañadas de *Entzia macrescens*. También son abundantes, en algunas muestras, *Balticammina pseudomacrescens*, *Elphidium oceanense*, *Haynesina germanica*, *Miliolinella subrotunda* y *Rosalina globularis*. En los ostrácodos, se han obtenido 1784 ejemplares (vivos y muertos): 1618 en 2013 y 166 en 2018 (Tabla I). El porcentaje de ejemplares vivos oscila entre 54% (2013) y 37% (2018). Estos ostrácodos pertenecen a 10 especies vivas, dominando, en

ambos años, *Loxococoncha elliptica* y *Aurila woutersi*, y además, en 2013, *Leptocythere castanea*, *Cyprideis torosa* y *Leptocythere porcellanea*.

Año 2013

En el caso de los foraminíferos, Joy-1, Joy-3, Joy-4, Joy-5, Joy-7 y la laguna presentan como especie mayoritaria a *A. tepida*, con numerosos ejemplares deformados (Tabla I), acompañada por *H. germanica* (Joy-4), *M. subrotunda* (Joy-5) y *Rosalina* spp. (Joy-1). Son abundantes los caparazones hialinos. Joy-2 y Joy-6 presentan como asociación dominante a *T. inflata* y *E. macrescens* (Tabla I), acompañadas por *A. tepida*. Son mayoritarios los aglutinantes.

En referencia a los ostrácodos, en Joy-7 es dominante *L. castanea*, seguida por *L. porcellanea* (Tabla I). En el resto de las muestras, es más abundante *L. elliptica*, acompañada por *A. woutersi* (Joy-4, Joy-5 y Joy-2) y por *C. torosa* (laguna).

Año 2018

Aludiendo a los foraminíferos, en Joy-2, Joy-4, Joy-5 y Joy-7 es dominante *A. tepida*, con sólo 0,7% de ejemplares deformados en Joy-5, acompañada por *T. inflata* (Joy-2), *E. oceanensis* (Joy-4), *H. germanica* (Joy-5) y *B. pseudomacrescens* (Joy-7) (Tabla I). Son mayoritarios los hialinos. La riqueza y diversidad es más baja que en

2013. En Joy-1, Joy-3, Joy-6 y la laguna, *T. inflata* es la especie más abundante, siendo mayoritarios los aglutinantes. Los índices de riqueza y diversidad son inferiores a 2013.

En Joy-1, Joy-7 y la laguna, no han aparecido ostrácodos. En el resto de las muestras, *L. elliptica* vuelve a ser dominante, estando acompañada por *A. woutersi* (Joy-4 y Joy-5). Tanto la riqueza como la diversidad disminuyen con respecto a 2013 (Tabla I).

Discusión

Las especies dominantes en este trabajo habían sido ya identificadas previamente en las marismas de Noja (Martín-Rubio *et al.*, 2006; Pascual *et al.*, 2006). El cambio en las asociaciones en los muestreos de 2013 y 2018, permite identificar variaciones ambientales relacionadas con el flujo hidrodinámico.

El muro en el que se asienta el molino de marea provocaba un embalsamiento del

agua en la cabecera del estuario en 2013, momento en el cual el alga *Ulva* ocupaba más del 50% de su superficie, lo que indicaba un problema de eutrofización (Levin *et al.*, 2009). En zonas con eutrofización, los ejemplares de *Ammonia* presentan deformaciones en la concha (>10%) (Karlsen *et al.*, 2000). En Joyel, las malformaciones en *A. tepida* suponían en 2013 entre un 8,9 y un 28,6% (Tabla I). Sin embargo, en 2018 aparecen escasísimos individuos deformados, lo que pone de manifiesto la mejora ambiental del ecosistema. Por su parte, *M. subrotunda* domina en Joy-5 en 2013 pero no aparece en 2018 (Tabla I). Esta especie aparece en sedimentos limosos con altas concentraciones de materia orgánica y lodos contaminados con metales pesados (Bergamin *et al.*, 2003). Puesto que este estuario carece de vertidos industriales y urbanos, siendo escasos los agrícolas (Gutiérrez e Ibáñez, 2008), la presencia de *M. subrotunda* parece ser debida al embalsamiento del agua.

Así mismo, en Joy-1 aparecen numerosos ejemplares del género *Rosalina* en 2013 (Tabla I). *Rosalina globularis* es herbívora (Murray, 2006) y habita en áreas donde las corrientes suministran constantemente detritus en suspensión. En 2013 en Joyel, los restos del alga *Ulva* caerían al fondo siendo los nutrientes que hacían proliferar a *R. globularis*. Estos cambios microfauísticos entre 2013 y 2018, indican que la apertura de las compuertas del dique ha provocado que el agua circule con más facilidad, permitiendo su oxigenación e imposibilitando el estancamiento y la sedimentación de materia orgánica.

El índice α de Fisher en los foraminíferos separa los ambientes marinos-estuarinos. Así, $\alpha > 3$ representa la desembocadura del estuario (Murray, 2006). Este índice en Joyel muestra, en ambos años, la influencia marina en la zona cercana al dique del molino (Joy-4 y Joy-5) por donde penetra el agua en pleamar a través de las compuertas

| | Joy-1 | | Joy-2 | | Joy-3 | | Joy-4 | | Joy-5 | | Joy-6 | | Joy-7 | | Laguna | |
|--|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|--------|------|
| | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 | 2013 | 2018 |
| FORAMINÍFEROS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Adelosina longirostra</i> (d'Orbigny, 1826) | | | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| <i>Ammonia tepida</i> (Cushman, 1926) | 181 | 1 | 30 | 187 | 185 | 29 | 212 | 222 | 64 | 185 | 43 | 1 | 266 | 210 | 19 | 2 |
| <i>Asterigerinata mamilla</i> (Williamson, 1858) | | | | | | | 1 | | 4 | 2 | | | | | | |
| <i>Balticammina pseudomacrescens</i> Brönnimann <i>et al.</i> , 1989 | | | 12 | | | | 1 | | | | | | | 52 | | 8 |
| <i>Bolivina spathulata</i> (Williamson, 1858) | | | | | 1 | | 3 | | 2 | 2 | | | | | | |
| <i>Cibicides lobatulus</i> (Walker y Jacob, 1798) | | | | | | | 9 | 15 | 12 | 11 | | | 13 | | | |
| <i>Cribolephidium williamsoni</i> (Haynes, 1973) | 1 | | 2 | | 6 | 4 | 11 | 11 | 14 | 14 | 2 | | | | | |
| <i>Cribrostomoides jeffreysii</i> (Williamson, 1858) | | | 4 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| <i>Cyclammina cancellata</i> Brady, 1879 | | | 5 | | 2 | | | | | | 1 | | 6 | | | |
| <i>Elphidium oceanense</i> (d'Orbigny in Fornasini, 1904) | | | | | 3 | | 1 | 42 | | | | | | | | |
| <i>Entzia macrescens</i> (Brady, 1870) | 5 | 17 | 45 | 10 | 44 | 13 | | | | | 77 | 1 | 5 | 14 | 2 | |
| <i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg, 1840) | | | 4 | 20 | 15 | 5 | 31 | 32 | 6 | 39 | 6 | | 4 | | | |
| <i>Miliammina fusca</i> (Brady, 1870) | | | | | | | | | | | 3 | | 20 | | | |
| <i>Miliolinella subrotunda</i> (Montagu, 1803) | 5 | | | | 7 | | 17 | | 158 | | 5 | | | | | |
| <i>Quinqueloculina lamarckiana</i> d'Orbigny, 1839 | 1 | | 1 | | | | 1 | 2 | 11 | 11 | | | | | | |
| <i>Quinqueloculina oblonga</i> (Montagu, 1803) | | | | | | | 4 | | 13 | | | | | | | |
| <i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus, 1758) | | | 1 | 1 | | 4 | | 2 | 10 | 4 | | | | | | |
| <i>Rosalina globularis</i> d'Orbigny, 1826 | 80 | | 5 | | 6 | | 1 | 5 | 10 | 6 | | | | | | 1 |
| <i>Rosalina</i> sp. | 38 | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Triloculina oblonga</i> (Montagu, 1803) | | | | 3 | | 6 | | 11 | 3 | 14 | 2 | | | | | |
| <i>Trochammina inflata</i> (Montagu, 1808) | 1 | 187 | 219 | 72 | 38 | 275 | 8 | 2 | 2 | 2 | 171 | 6 | 1 | 37 | | 296 |
| n° individuos total (vivos y muertos) | 312 | 205 | 313 | 312 | 308 | 337 | 307 | 349 | 337 | 303 | 310 | 10 | 315 | 313 | 21 | 307 |
| % Vivos / Total | 56,4 | 43 | 50,5 | 65 | 64,9 | 33,5 | 51,8 | 41,8 | 40,3 | 44,5 | 73,5 | 20 | 61,6 | 46 | 67 | 43 |
| % Malformación | 11,8 | | 8,9 | | 13,3 | | 14,6 | | 21,7 | 0,7 | 18 | | 28,6 | | 19 | |
| S = n° de especies total (vivos y muertos) | 8 | 3 | 8 | 10 | 11 | 8 | 16 | 14 | 22 | 16 | 9 | 5 | 7 | 4 | 2 | 4 |
| Diversidad (α de Fisher) | 1,5 | 1 | 1,5 | 2 | 2,2 | 1,8 | 3,6 | 3 | 5,3 | 4 | 1,7 | | 1,3 | 0,8 | | 0,8 |
| Riqueza (nF = n° ind./gram) | 1006 | 14 | 580 | 52 | 550 | 18 | 141 | 67 | 262 | 101 | 153 | 4,3 | 21 | 9,5 | 105 | 18,8 |
| % Hialinos | 96,2 | 0,5 | 12,5 | 67 | 70,1 | 11,6 | 88,9 | 94,6 | 34,1 | 86,8 | 16,5 | 30 | 89,8 | 67,1 | 90,5 | 1 |
| % Porcelanáceos | 1,9 | | 0,3 | 2,9 | 2,3 | 3 | 8,5 | 4,6 | 65,28 | 13,2 | 2,258 | | | | | |
| % Aglutinantes | 1,9 | 99,5 | 87,2 | 30,1 | 27,6 | 85,4 | 2,6 | 0,8 | 0,6 | | 81,23 | 70 | 10,2 | 32,9 | 9,5 | 99 |
| OSTRÁCODOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Aurila convexa</i> (Baird, 1850) | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| <i>Aurila woutersi</i> Home, 1986 | | | 12 | 3 | 27 | | 57 | 2 | 81 | 9 | 5 | | | | | |
| <i>Bairdia</i> sp. | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| <i>Cyprideis torosa</i> (Jones, 1850) | | | | | 3 | | 1 | | 5 | 2 | 8 | | 1 | | 21 | |
| <i>Cythereis fisheri</i> (Sars, 1866) | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | |
| <i>Leptocythere castanea</i> (Sars, 1866) | | | | | | | | | | | | | | 49 | | |
| <i>Leptocythere pellucida</i> (Baird, 1850) | | | | | 1 | | | | 2 | | | | | | | |
| <i>Leptocythere porcellanea</i> (Brady, 1869) | | | | | | | | | | | | | 15 | | | |
| <i>Loxoconcha elliptica</i> Brady, 1868 | 302 | | 90 | 52 | 264 | 11 | 104 | 13 | 200 | 71 | 288 | 1 | 5 | | 55 | |
| juveniles spp. agua dulce | | | | | | | | | 5 | | | | 2 | | | |
| n° individuos total (vivos y muertos) | 302 | | 102 | 55 | 296 | 11 | 164 | 15 | 304 | 84 | 302 | 1 | 72 | | 76 | |
| % Vivos / Total | 48,3 | | 63,7 | 69,1 | 58,1 | 63,6 | 64 | 6,7 | 33,6 | 17,9 | 65,9 | 100 | 70,8 | | 52,6 | |
| S = n° de especies total (vivos y muertos) | 1 | | 2 | 2 | 5 | 1 | 5 | 2 | 7 | 5 | 4 | 1 | 5 | | 2 | |
| Diversidad (α de Fisher) | 0,1 | | 0,4 | | 0,9 | | 1 | | 1,3 | | 0,7 | | | | | |
| Riqueza (nO = n° ind./gram) | 26 | | 30 | 9 | 84 | <1 | 62 | <1 | 214 | 53 | 32 | <1 | 1 | | 405 | |

Tabla I.- Abundancia absoluta de los foraminíferos bentónicos y ostrácodos en las muestras estudiadas. Se incluyen: índices de riqueza y diversidad, porcentaje de ejemplares vivos por muestra y tipos de caparazón.

Table I.- Absolute abundance of benthic foraminifera and ostracoda in the studied samples. Richness and diversity index, percentage of live individuals and test composition types are included.

(Tabla I). También se refleja en la abundancia de *A. woutersi*, típica de medios litorales con salinidad marina normal (Athersuch *et al.*, 1989). En 2018 se reafirma el carácter estuarino de esta zona, debido al aumento de *L. elliptica*, especie típica de medios eurihalinos (Athersuch *et al.*, 1989), junto con la disminución de *A. woutersi* y la presencia de *H. germanica* y de *E. oceanense* (antes *E. lidoense*), que aparecía de forma puntual en 2013 y vive en ambientes con variaciones bruscas de salinidad (Cearreta *et al.*, 2002). Estos cambios indican también una mejor entrada mareal en la cabecera del estuario tras la apertura de las compuertas del molino en 2017.

En Joy-2 también se remarca esta variación hidrodinámica (Tabla I). En 2013 se desarrollaba un ambiente de marisma media-alta (*T. inflata*) cubierta de manera periódica por agua con grandes cambios en la salinidad (*L. elliptica* y *A. woutersi*), mientras que en 2018 domina una asociación típica de medios mareales o submareales de cabecera de estuario (*A. tepida* sin deformación; *L. elliptica*). Este cambio refleja una mayor ventilación del agua debido a una mejora en el sistema de entrada y salida de la onda mareal.

La apertura de las compuertas ha supuesto un descenso en el nivel del agua provocando el desecamiento de zonas anteriormente sumergidas (Fig. 1; Tabla I). Así, en 2013, Joy-1 y Joy-3 eran zonas embalsadas eurihalinas (*A. tepida* y *L. elliptica*). Joy-6 representaba un margen de canal vegetado cubierto periódicamente por agua salina (*T. inflata*, *E. macrescens*, *A. tepida* y *L. elliptica*). La laguna mantenía su carácter salobre, adquirido tras las obras de saneamiento de 2004 (Pascual *et al.*, 2006) (*A. tepida*, *L. elliptica* y *C. torosa*). Y, por último, Joy-7 aparecía como una marisma baja arenosa eurihalina (*A. tepida*, *Miliammina fusca*, *L. castanea* y *L. porcellanea*). Sin embargo, en 2018 el dominio de *T. inflata* y la práctica desaparición de los ostrácodos, confirmaría la transformación de esas áreas en una marisma alta colmatada.

En 2018 aparece *B. pseudomacrescens*, foraminífero aglutinante restringido a la marisma alta continentalizada (Murray, 2006). Fue descrito por vez primera en el sur del Golfo de Vizcaya en el estuario de Oyambre (Cantabria) (Pascual y Martínez-García, 2014), donde aparece en zonas cubiertas por la planta invasora *Baccharis halimifolia*. Esta planta va elimi-

nado el carrizal y el juncal, colmatando y reduciendo los canales estuarinos. Es tal el problema que representa, que su eliminación es una de las actuaciones propuestas en el proyecto de regeneración del estuario de Joyel (IH Cantabria, 2017). El muro del molino parece ser el causante de la invasión de esta planta, al impedir la entrada normalizada del agua en las pleamares, reduciéndose la salinidad y aumentando la tasa de sedimentación. La aparición de *B. pseudomacrescens* en los nichos ecológicos ocupados por *B. halimifolia* ha tenido lugar con posterioridad al año 2013 (Tabla I).

Conclusiones

Se han identificado 21 especies de foraminíferos bentónicos vivos y 10 de ostrácodos en la zona protegida por el dique del molino de Santa Olaja (Joyel) en 2013 y 2018. Las principales son *A. tepida* y *T. inflata*, (foraminíferos), y *L. elliptica* y *A. woutersi* (ostrácodos).

La abundancia de ejemplares deformados de *A. tepida*, junto con la presencia de *M. subrotunda* y del género *Rosalina*, indican la eutrofización de la zona en 2013.

Los cambios hidrodinámicos por la apertura de las compuertas del molino en 2017 se manifiestan por la aparición en 2018 de *A. tepida* (apenas deformados) y de *E. oceanense*, y por la disminución del porcentaje de *A. woutersi* y de la riqueza y diversidad de ostrácodos. Además, esa apertura ha ocasionado un descenso en el nivel del agua embalsada, aumentando las áreas de marisma alta donde domina *T. inflata* y no aparecen ostrácodos.

La presencia de *B. pseudomacrescens*, con posterioridad a 2013, parece ser la consecuencia de la instalación de la planta invasora *B. halimifolia*, que coloniza estuarios con perturbaciones antrópicas, probablemente ligadas a la escasa entrada de agua salada a la cabecera del estuario hasta el año 2017.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por HAREA Coastal Geology Research Group (EJ/GV, IT 976-16) y MINECO (proyecto CHIMERA, ref. CTM2016-75411-R). Se agradece al Dr. Alejandro Cearreta y a un revisor anónimo, por las sugerencias de mejora del manuscrito.

Referencias

- Athersuch, J., Horne, D.J. y Whittaker, J.E. (1989). *Marine and brackish water ostracods (superfamilies Cypridae and Cythereacea)*. E.J. Brill, Leiden, 343 p.
- Bergamin, I., Romano, E., Gabellini, M., Ausili, A. y Carboni, M. (2003). *Mediterranean Marine Science* 4, 5-20.
- Cearreta, A., Alday, M., Freitas, M.C., Andrade, C. y Cruces, A. (2002). *Hydrobiologia* 475-476, 21-27.
- Fisher, R.A., Corbet, A.S. y Williams, C. (1943). *Journal of Animal Ecology* 12, 42-58.
- García, A.I., Otero, S. y Tordesillas, E. (2010). <http://www.estudiosmarinos.com/patrimonio-litoral-cantabria/Patrimonio-litoral-Cantabria.pdf>
- Gooday, A.J., Jorissen, F., Levin, L.A., Middelburg, J.J., Naqvi, S.W.A., Rabalais, N.N., Scranton, M. y Zhang, J. (2009). *Biogeosciences* 6, 1707-1745.
- Gutiérrez, G. e Ibañez, A. (2008). http://www.medioambientecantabria.es/documentos_cotnidos/24175_2.doc2.pdf
- IH Cantabria (2012). http://dmacantabria.cantabria.es/informacion/Documentos/PlanHidrologico_AguasTransicion_Costeras.pdf
- IH Cantabria (2017). http://convivelifa.es/wp-content/uploads/2017/11/Annex_IIA2_Final1.pdf
- Karlsen, A.W., Cronin, T.M., Ishman, S.E., Willard, D.A., Holmes, C.W., Marot, M. y Kerhin, R. (2000). *Estuaries* 23, 488-508.
- Levin, L.A., Ekau, W., Gooday, A.J., Jorissen, F., Middelburg, J., Naqvi, W., Neira, C., Rabalais, N. y Zhang, J. (2009). *Biogeosciences* 6, 2063-209.
- Loeblich, A.R. y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification. Vol. 1-2*. Van Nostrand Reinhold, USA, 1728 p.
- Martín-Rubio, M., Elorza-Remón, M., Rodríguez-Lázaro, J. y Pascual, A. (2006). *Geogaceta* 40, 187-190.
- Murray, J.W. (2006). *Ecology and Applications of Benthic Foraminifera*. Cambridge University Press, New York, 426 p.
- Pascual, A. y Martínez-García, B. (2014). En: *XIV International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay*, 17.
- Pascual, A., Elorza-Remón, M., Martín-Rubio, M. y Rodríguez-Lázaro, J. (2006). *Geogaceta* 40, 183-186.
- Rodríguez-Lázaro, J. y Ruiz Muñoz, F. (2012). En: *Ostracoda as proxies for Quaternary climate change* (D.J. Horne, J. Holmes, J. Rodríguez-Lázaro y F. Viehberg, Eds.). Elsevier, The Netherlands, 1-14.
- WoRMS Editorial Board (2019). <http://www.marinespecies.org/foraminifera>