

El relleno sedimentario holoceno de la marisma de Txipio (Plentzia-Barrika, Vizcaya): registro de los cambios ambientales en el estuario del Butroe durante los últimos 8.500 años

Holocene sedimentary infilling of the Txipio salt marsh (Plentzia-Barrika, Biscay): record of environmental changes in the Butroe estuary during the last 8500 years

Alejandro Cearreta y Ziortza García-Fernández

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao, España.
alejandro.cearreta@ehu.es, ziortzagarciafernandez@hotmail.es

ABSTRACT

Eight boreholes were drilled in the Txipio salt marsh (Butroe estuary, Biscay) using a rotary drill down to the pre-Quaternary basement in order to reconstruct its environmental transformation process during the Holocene. Micropalaeontological (benthic foraminifera), sedimentological (grain size) and geochemical (carbon-14 dating) analyses were performed on these materials. Based on the obtained results and by comparison with previously published information for other estuaries of the eastern Cantabrian coast, the Holocene environmental evolution of the different sedimentary environments identified has been interpreted as the result of relative sea-level variation. Sea level exhibits a progressive rise until 3000 cal yrs BP, followed by a stabilization since then until human reclamation of this salt marsh during the second part of the 19th century.

Key-words: Foraminifera, palaeoenvironmental reconstruction, sea level, Holocene.

Geogaceta, 57 (2015), 111-114.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Introducción

La preocupación social y científica ante el posible ascenso del nivel marino como consecuencia del calentamiento antropogénico de la atmósfera y los océanos ha provocado un creciente interés por las fluctuaciones pretéritas del nivel marino, así como por los cambios ambientales que han experimentado las zonas costeras durante el Cuaternario (IPCC, 2014).

La costa cantábrica oriental es de naturaleza fundamentalmente acantilada y su frente rocoso se encuentra interrumpido por pequeños estuarios en los que se desarro-

llan marismas de dimensiones reducidas. A partir del estudio del contenido micropaleontológico, de las características sedimentológicas, de las dataciones radiométricas obtenidas, y de la altura topográfica de las distintas secuencias sedimentarias que rellenan estos ecosistemas, es posible reconstruir los ambientes sedimentarios originales y su evolución ambiental a lo largo del tiempo en respuesta a las variaciones del nivel marino relativo.

Los foraminíferos son protistas que habitan cualquier medio sedimentario acuático con un mínimo de salinidad. La mayoría segregan o construyen un caparazón mine-

RESUMEN

Se han perforado por rotación 8 sondeos hasta alcanzar el sustrato pre-cuaternario en la marisma de Txipio (Estuario del Butroe, Vizcaya) con el objetivo de reconstruir su proceso de transformación ambiental durante el Holoceno. Se ha realizado un análisis micropaleontológico (foraminíferos bentónicos), sedimentológico (tamaño de grano) y geoquímico (dataciones carbono-14) de sus materiales. A partir de los resultados obtenidos y de su comparación con información previamente publicada para otros estuarios de la costa cantábrica oriental, se ha interpretado la evolución ambiental holocena de los diferentes medios sedimentarios identificados en función de la variación del nivel marino relativo. El nivel marino muestra un ascenso progresivo hasta los 3.000 años cal BP, seguido por una estabilización desde entonces hasta la ocupación humana de esta marisma durante la segunda mitad del siglo XIX.

Palabras clave: Foraminíferos, reconstrucción paleoambiental, nivel del mar, Holoceno.

Fecha de recepción: 23 de junio de 2014
Fecha de revisión: 22 de octubre de 2014
Fecha de aceptación: 28 de noviembre de 2014

ralizado susceptible de preservarse en el registro sedimentario, y presentan una elevada sensibilidad a determinados parámetros ambientales como la salinidad o la duración de la inundación marina (dependiente de la altura topográfica). En consecuencia, estos organismos unicelulares pueden ser utilizados como herramientas para caracterizar o reconstruir las condiciones ambientales presentes y pretéritas en medios litorales.

Los primeros trabajos sobre las características geomorfológicas y ambientales del estuario del Butroe fueron publicados hace casi 50 años (Hernández Pacheco y Asensio

Amor, 1967; Gómez-Tejedor, 1975), mientras que los únicos trabajos previos sobre los microfósiles de este estuario han sido realizados por Cearreta *et al.* (2002, 2011), Leorri *et al.* (2008) y García-Artola *et al.* (2011) quienes analizaron 3 testigos cortos (50 cm de longitud) con el fin de reconstruir la evolución ambiental reciente de los principales ecosistemas de marisma, tanto como consecuencia de su reciente ocupación humana y posterior regeneración natural (marismas de Txipio e Isuskiza) como de las variaciones del nivel marino durante el siglo XX (marisma de Ostrada).

En este trabajo se estudian 8 sondeos que perforaron los sedimentos holocenos de la marisma de Txipio, con el fin de reconstruir el proceso de evolución natural de los diferentes ecosistemas desarrollados y la variación del nivel marino durante los últimos 8.500 años.

Materiales y métodos

Zona de trabajo

El estuario está constituido por la parte final del río Butroe sometida a la influencia de las mareas. Ocupa un área de 115 ha, presenta 7 km de longitud y una anchura media de 20 m (Gobierno Vasco, 1998). Es un estuario mesomareal donde la variación media del nivel de marea es 2,5 m (rango mareal entre +1,2 y +3,7 m), mientras que la variación mínima es 1 m (mareas muertas) y la máxima 4,5 m (mareas vivas) (Villate *et al.*, 1990).

La marisma de Txipio se encuentra en el estuario inferior, frente a la villa de Plentzia, y ocupa una superficie de 14,2 ha (Fig. 1). Está separada del cauce estuarino por una carretera construida sobre un antiguo dique, y fue ocupada con fines agrícolas alrededor de 1860 CE (Hormaza, 1998) y abandonada a finales de los años 1960s. A partir de entonces, esta zona se inunda periódicamente por las mareas que entran a través de dos compuertas artificiales situadas bajo la carretera y que han permitido la regeneración ambiental de este ecosistema.

Metodología de estudio

Dentro del estudio "Plan Especial Marina de Txipios (Diputación Foral de Bizkaia)", en el año 1989 se perforaron por rotación 8 sondeos obteniendo testigos continuos de aproximadamente 10 cm de



Fig. 1.- Localización de los sondeos perforados en la marisma de Txipio (Estuario del Butroe).

Fig.1.- Location of boreholes drilled in the Txipio salt marsh (Butroe estuary).

diámetro. Todos los sondeos alcanzaron el sustrato mesozoico (hasta 25 m de longitud). Asimismo, se estableció la elevación topográfica de la embocadura de los sondeos con un GPS Leica de doble frecuencia en relación con el nivel cero regional (bajamar más extrema en el Puerto de Bilbao el día 27 septiembre 1878).

Para su análisis micropaleontológico, las muestras fueron secadas en una estufa a 60° C y pesadas. Posteriormente se levigaron con agua utilizando tamices de 2 mm (con el fin de separar gravas y fragmentos orgánicos grandes) y 63 micras (para eliminar los materiales de tamaño limo y arcilla), y volvieron a secarse y pesarse para determinar la proporción de arena y grava. Los foraminíferos fueron concentrados en una campana de gases utilizando tricloroetileno. Generalmente se obtuvieron alrededor de 300 individuos en cada muestra analizada. Cuando esto no fue posible por la escasez de caparazones, se recogió el máximo número de individuos disponible por muestra y se examinaron bajo una lupa estereoscópica binocular de luz reflejada. En total se estudiaron 43 muestras de las que se extrajeron más de 13.000 caparazones de foraminíferos bentónicos que se clasificaron en 63 especies.

Además, 17 muestras fueron datadas por radiocarbono mediante recuento ató-

mico directo en un espectrómetro acelerador de masas, calibradas en años *before present* – cal BP (1950 CE) utilizando el software INTCAL09, y corregidas para el efecto de reservorio marino en Beta Analytic Inc. (USA) (Tabla I).

Resultados y discusión

Las características generales de las asociaciones de foraminíferos bentónicos en los medios actuales de la costa cantábrica oriental fueron definidas por Cearreta (1988) y las secuencias sedimentarias holocenas fueron descritas por Cearreta y Murray (1996), Leorri y Cearreta (2004), y Cearreta y Monge-Ganzuzas (2013).

Los materiales sedimentarios holocenos que rellenan la marisma de Txipio presentan un espesor que oscila entre 8 y 22 m, y están formados por una alternancia de gravas, arenas y fangos con contenido variable en arena (Fig. 2). Los sedimentos que se encuentran en la zona N de la marisma, junto al canal estuarino, son fundamentalmente arenas bioclásticas en la mitad superior de los sondeos (media 88% de arena) que presentan una asociación de foraminíferos abundante caracterizada por *Haynesina germanica* (Ehrenberg, 1840) (media 27%), *Cibicides lobatulus* (Walker y Jacob, 1798) (media 21%) y *Ammonia tepida* (Cushman,

Muestra	Código de publicación	Altitud (m)	Material	Método	Edad convencional C-14 BP*	$\delta^{13}C$ (‰)	Edad calibrada BP	2 σ calibrada BP
SM1-1	Beta-370860	-2,50	conchas	AMS	2350±30	-1,7	1960	2100-1850
SM1-2	Beta-370861	-2,95	conchas	AMS	2790±50	-0,1	2510	2690-2340
SM2-6	Beta-370862	-9,82	conchas	AMS	6860±60	-1,6	7390	7470-7260
SM3-2	Beta-370863	-3,10	conchas	AMS	2910±50	-0,3	2700	2760-2590 2580-2580
SM3-3	Beta-370864	-8,30	conchas	AMS	7440±60	-2,1	7910	8000-7780
SM3-4	Beta-370865	-8,75	conchas	AMS	8380±60	+1,4	6850	6990-6710
SM3-6	Beta-370866	-18,35	conchas	AMS	7530±60	+0,7	7970	8120-7870
SM4-1	Beta-370867	-1,75	conchas	AMS	4380±50	-2,5	4510	4680-4400
SM4-3	Beta-370868	-4,75	conchas	AMS	6430±60	-1,8	6910	7080-6760
SM4-4	Beta-370869	-5,20	conchas	AMS	1090±50	-2,0	650	720-550
SM4-5	Beta-370870	-9,35	conchas	AMS	7490±60	+1,1	7940	8040-7830
SM4-6	Beta-370871	-9,75	conchas	AMS	7430±60	+0,1	7910	7990-7770
SM5-1	Beta-370872	+0,75	conchas	AMS	1740±50	-2,6	1280	1370-1210
SM5-2	Beta-370873	+0,05	conchas	AMS	1600±50	-4,1	1160	1260-1040
SM7-1	Beta-370874	-0,65	conchas	AMS	2450±50	-2,5	2100	2260-1960
SM7-2	Beta-370875	-0,85	conchas	AMS	2480±50	-2,9	2120	2280-1990
SM7-3	Beta-370876	-1,10	conchas	AMS	2350±50	-4,1	1960	2100-1850

*corregida para el efecto reservorio marino local

Tabla I.- Dataciones por radiocarbono de los sondeos perforados en la marisma de Txipio (Estuario del Butroe).

Table I.- Radiocarbon dates from the Txipio salt marsh (Butroe estuary) boreholes.

1926) (media 12%) como especies dominantes, y *Criboelphidium williamsoni* Haynes, 1973 (media 7%), *Jadammina macrescens* (Brady, 1870) (media 5%), *Gaudryina rudis* Wright, 1900 (media 4%) y *Rosalina irregularis* (Rhumbler, 1906) (media 4%) como especies secundarias. Esta asociación presenta un número elevado de especies (media 25%) y de caparzones alóctonos (transportados desde la plataforma marina; media 43%), y se interpreta como depositada en un medio intermareal con salinidad marino-normal.

En la mitad inferior de estos sondeos, los materiales son fangos arenosos ricos en materia orgánica (media 40% de arena) y contienen una asociación de foraminíferos dominada por *A. tepida* (media 48%) y *H. germanica* (media 33%), junto con *R. irregularis* (media 6%) y *C. lobatulus* (media 4%), y un número moderado de especies (media 14) y pequeño de caparzones alóctonos (media 14%) que, en conjunto, son indicativos de un medio intermareal salobre. En la zona E aparecen unas gravas basales de origen fluvial directamente encima del sustrato (Fig. 2).

Hacia el S de la marisma se observa una rápida disminución en el espesor del relleno sedimentario holoceno y una transición hacia condiciones más restringidas conforme los sondeos se alejan paulatinamente del canal estuarino principal. Es posible diferenciar en la mitad superior de la secuen-

cia sedimentaria una disminución en el contenido arenoso, desde arenas biogénicas (media 88% de arena) a fango progresivamente menos arenoso (hasta 6% de arena). La asociación de foraminíferos experimenta una transformación paralela, desde un medio intermareal con salinidad marino-normal (dominado por *H. germanica* (media 35%), *A. tepida* (media 29%), *C. lobatulus* (media 14%) y *C. williamsoni* (media 7%), con 21 especies y 28% de caparzones alóctonos) hasta un medio intermareal salobre e incluso una marisma en la zona más marginal con *H. germanica* (media 40%), *A. tepida* (media 24%), *J. macrescens* (media 23%) y *C. williamsoni* (media 7%), 5 especies y sin apenas caparzones alóctonos (media 2%).

En la mitad inferior de esta secuencia sedimentaria, sólo la zona más próxima al canal estuarino muestra una asociación abundante dominada por condiciones intermareales salobres (con 32% de arena, *A. tepida* (media 50%), *H. germanica* (media 43%), 9 especies y 3% de caparzones alóctonos) que se van haciendo progresivamente más continentales con una disminución de su contenido en arena y en foraminíferos (Fig. 2).

En conjunto, este depósito se interpreta como el relleno sedimentario de un antiguo meandro del río Butroe actualmente colmatado por materiales estuarinos y otros de origen continental. Durante las condiciones

de nivel marino bajo en el Tardiglacial, la sedimentación en la zona E estuvo representada por gravas fluviales sin foraminíferos. Conforme se fue produciendo la transgresión marina tras el último cambio climático (datada regionalmente en 8.500-3.000 años cal BP), tuvo lugar una sedimentación estuarina incluida dentro del cortejo sedimentario transgresivo que presenta grandes volúmenes de sedimentos fango-arenosos de origen salobre y continental en esta zona del estuario inferior. Por último, el cortejo sedimentario de nivel marino alto, que se depositó durante el Holoceno superior (desde los 3.000 años cal BP hasta la ocupación humana de esta marisma en el siglo XIX), representa unas condiciones intermareales marino-normales y progresivamente más salobres y marginales conforme se aleja del canal estuarino actual, con un relleno sedimentario en condiciones de nivel marino estable.

Las observaciones de cambio en el nivel marino durante los últimos 8.500 años en la costa cantábrica oriental muestran una tendencia general con un ascenso rápido del nivel relativo del mar cuantificado en unos 9-12 mm/año desde los 8.500 hasta los 7.000 años cal BP, un incremento más lento del nivel del mar desde los 7.000 hasta los 3.000 años cal BP con una tasa de ascenso entre 0,3 y 0,7 mm/año, y una estabilización del nivel marino desde entonces (Leorri *et al.*, 2012).

Conclusiones

Las diferentes secuencias sedimentarias analizadas en este trabajo y las dataciones radiométricas obtenidas se enmarcan bien dentro del esquema general de evolución ambiental costera y variaciones relativas en el nivel marino establecido previamente para el litoral cantábrico oriental. Este esquema general está basado en diversos registros sedimentarios obtenidos en otros estuarios cercanos. Siguiendo el ascenso postglacial del nivel marino, los estuarios actuales comenzaron a desarrollarse alrededor de los 8.500 años cal BP y el nivel marino alcanzó aproximadamente su posición actual hacia los 3.000 años cal BP. El proceso de ascenso marino reconstruido a partir del análisis de las secuencias sedimentarias estuarinas holocenas es importante para entender el significado del comportamiento actual y futuro del nivel del mar.

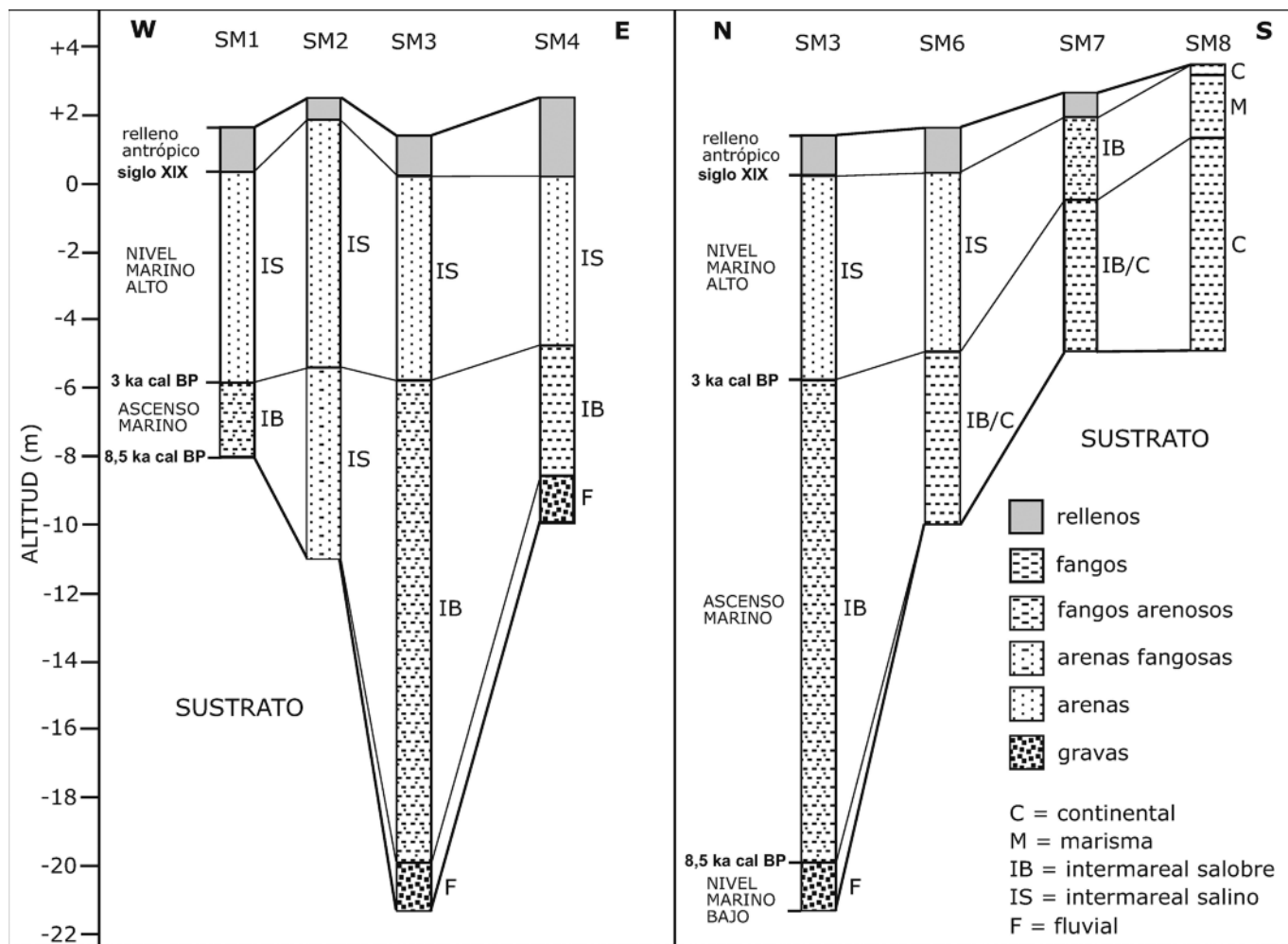


Fig. 2.- Interpretación paleoambiental de los sondeos perforados en la marisma de Txipio (Estuario del Butroe) basada en las asociaciones de foraminíferos. Aparecen representadas las distintas fases ambientales, la litología de los testigos, las líneas isócronas derivadas de las edades radiométricas calibradas, y la correlación entre sondeos este-oeste (izquierda) y norte-sur (derecha). La elevación topográfica está referida al nivel cero regional (bajamar más extrema en el Puerto de Bilbao el día 27 septiembre 1878).

Fig. 2.- Palaeoenvironmental interpretation of the boreholes drilled in the Txipio salt marsh (Butroe estuary). Environmental intervals, lithology of the cores, isochronous lines derived from the calibrated radiometric dates, and east-west (on the left) and north-south (on the right) boreholes correlation are represented. Topographic elevation is referred to the regional ordnance datum (lowest tide in the Bilbao harbour on 27th September 1878).

Agradecimientos

Las muestras analizadas fueron amablemente recogidas y donadas por el geólogo Raúl Ortega Blanco. Trabajo financiado por los proyectos Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (GV, IT767-13) y Unidad de Formación e Investigación en Cuaternario (UPV/EHU, UFI11/09). Francisco Fatela (Universidad de Lisboa, P), un/a revisor/a anónimo/a, y el editor de Geogaceta mejoraron la versión original de este manuscrito con sus indicaciones y sugerencias. Contribución nº 25 de la Unidad de Investigación Geo-Q Zentroa (Laboratorio Joaquín Gómez de Llarena). A la Asociación Naturalista Txipio Bai que ha defendido esta marisma durante los últimos 25 años.

Referencias

Cearreta, A. (1988). *Revista Española de Paleontología* 3, 23-38.
 Cearreta, A. y Monge-Ganuzas, M. (2013). *Geotemas* 14, 163-166.
 Cearreta, A. y Murray, J.W. (1996). *Journal of Foraminiferal Research* 26, 289-299.
 Cearreta, A., Irabien, M.J., Ulibarri, I., Yusta, I., Croudace, I.W. y Cundy, A.B. (2002). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 54, 863-886.
 Cearreta, A., García-Artola, A. y Leorri, E. (2011). *Lankidetzan Bilduma de Eusko Ikaskuntza* 57, 261-273.
 García-Artola, A., Cearreta, A., Leorri, E. e Irabien, M.J. (2011). *Geogaceta* 50, 161-164.
 Gobierno Vasco (1998). *Avance del Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas de la CAPV*. Servicio de Publicaciones de la Administración de la CAPV, Vitoria-Gasteiz, 290 p.

Gómez-Tejedor, J. (1975). *Estudios Geológicos* 31, 629-637.
 Hernández Pacheco, F. y Asensio Amor, I. (1967). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)* 65, 97-111.
 Hormaza, J.M. (1998). En: *Plasentia de Butrón-Plentzia-Plentzia. Apuntes II*. Ayuntamiento de Plentzia, Fundación Bilbao Bizkaia Kutxa, Plentzia, 99-117.
 IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, New York, 1535 p.
 Leorri, E. y Cearreta, A. (2004). *Marine Micropaleontology* 51, 75-94.
 Leorri, E., Horton, B.P. y Cearreta, A. (2008). *Marine Geology* 251, 60-74.
 Leorri, E., Cearreta, A. y Milne, G. (2012). *Quaternary Science Reviews* 42, 59-73.
 Villate, F., Valencia, V. y Urrutia, J. (1990). *Informes Técnicos del Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco* 32, 100 p.