

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/334785322>

Evolución ambiental de los estuarios del Geoparque de la Costa Vasca durante el Holoceno y el Antropoceno

Chapter · July 2019

CITATIONS

0

READS

18

7 authors, including:



Alejandro Cearreta

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

193 PUBLICATIONS 3,656 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



María Jesús Irabien

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

62 PUBLICATIONS 1,076 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Naima El bani Altuna

UiT The Arctic University of Norway

2 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Aintzane Goffard

Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea

3 PUBLICATIONS 4 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:

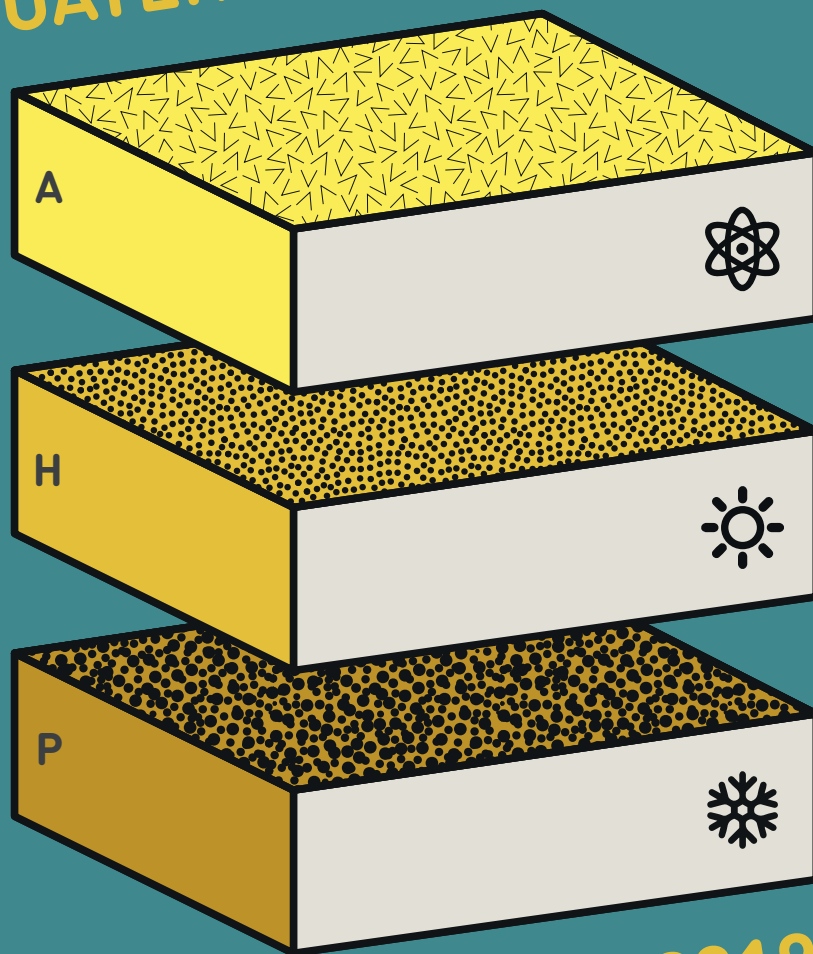


Temporal evolution of lower Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve). A geological tool for integrated coastal zone management [View project](#)



Impacto humano en los estuarios de la cuenca Vasco-Cantábrica [View project](#)

XV REUNIÓN
NACIONAL de
CUATERNARIO



Bilbao 2019
1-5 Julio / Uztaila
Bizkaia Aretoa

LIBRO DE RESÚMENES

XV REUNIÓN NACIONAL DE CUATERNARIO

Bizkaia Aretoa - Bilbao, 1-5 Julio 2019

LIBRO DE RESÚMENES



XV REUNIÓN NACIONAL
CUATERNARIO
Bilbao 2019

EVOLUCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTUARIOS DEL GEOPARQUE DE LA COSTA VASCA DURANTE EL HOLOCENO Y EL ANTROPOCENO



A. Cearreta ⁽¹⁾, M.J. Irabien ⁽²⁾, J. Gómez Arozamena ⁽³⁾, N. El bani Altuna ⁽⁴⁾, A. Goffard ⁽¹⁾, A. Fernández Martín-Consuegra ⁽¹⁾,
A. Hilario ⁽⁵⁾

(1) Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao. alejandro.cearreta@ehu.eus, aintzane.goffard@ehu.eus, aitor.fernandez@ehu.eus

(2) Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao. mariajesus.irabien@ehu.eus

(3) Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Facultad de Medicina, Universidad de Cantabria, Avenida Herrera Oria s/n, 39011 Santander. jose.gomez@unican.es

(4) CAGE-Centre for Arctic Gas Hydrate, Environment and Climate, Department of Geosciences, UiT the Arctic University of Norway, Dramsveien 201, 9037 Tromsø, Noruega. naima.e.altuna@uit.no

(5) Euskal Kostaldeko Geoparkea, Ifar Kalea 4, 20820 Deba. flysch@gipuzkoa.eus

Abstract (Environmental evolution of the estuaries from the Basque Coast Geopark during the Holocene and the Anthropocene): *In order to reconstruct the environmental evolution of the estuaries in the Basque Coast Geopark at different temporal scales (millennial, centennial, decadal), different long and short cores and surface samples were retrieved and studied. Their multiproxy analysis (metals, foraminifera, pollen and radioisotopes) shows their temporal transformation in response to regional sea-level variations and, more recently, an evident local human imprint corresponding to the industrial development of the area.*

Palabras clave: Sondeos, Metales, foraminíferos, polen, radioisótopos

Key words: Cores, Metals, foraminifera, pollen, radioisotopes

INTRODUCCIÓN

Los pequeños estuarios del Deba (5,5 km de longitud) y del Urola (Zumaia) (5,7 km) son los únicos ecosistemas de naturaleza salobre incluidos dentro del Geoparque de la Costa Vasca (Gipuzkoa) que presenta una naturaleza fundamentalmente acantilada. Los estuarios son sistemas sedimentarios que almacenan información geológica que permite conocer las condiciones ambientales pretéritas en esta zona litoral durante los últimos 10.000 años. Con el objetivo de reconstruir el proceso de transformación ambiental de estos estuarios en respuesta a las variaciones del nivel marino y a la intervención humana reciente, se han perforado distintos sondeos y recogido muestras superficiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

En Deba se perforaron tres sondeos (diámetro 10 cm) en diferentes partes del estuario. Los sondeos largos DB-1 (estuario superior, X: 551532,17; Y: 4793660,74; Z: +5,53 m; longitud 29,4 m) y DB-2 (estuario inferior, X: 551884; Y: 4793169; Z: +3,10 m; longitud 21 m) fueron perforados mediante rotopercusión en 2008 y 2014 respectivamente. El sondeo corto DB-3 (estuario medio, X: 551616; Y: 4793533; Z: +2 m; longitud 0,58 m) fue extraído manualmente en 2016. Además, se recogieron ocho muestras superficiales representativas de los distintos tramos en el año 2017 (Fig. 1). Por su parte, en el estuario del Urola se perforaron 4 sondeos. Los sondeos largos ZUM-1 (estuario inferior, X: 561069; Y: 4793612; Z: +3,46 m; longitud 25,8 m) y ZUM-2 (estuario superior, X: 560546; Y: 4792376; Z: +5,71 m; longitud 28,2 m) fueron perforados mediante rotopercusión en 2014, y los sondeos cortos ZM-1 (estuario inferior, X: 560858; Y: 4793713; Z: +0,22 m; longitud 0,50 m) y ZM-2 (estuario superior, X:

561.148; Y: 4792954; Z: +0,62 m; longitud 0,49 m) fueron extraídos a mano en 2015 y 2018 respectivamente. Además, también se recogieron cuatro muestras superficiales en el año 2018 (Fig. 1).

En los cuatro sondeos largos se tomaron muestras cada 90 cm aproximadamente para su análisis micropaleontológico (foraminíferos bentónicos) que tras su secado pesaron unos 300 g. Los tres sondeos cortos fueron divididos en muestras de 1 cm de espesor que, una vez secas, presentaron un peso individual de 80 g y se estudió su contenido en metales, foraminíferos, polen (sólo en ZM-2) y radioisótopos de origen natural y artificial. Las 12 muestras superficiales tenían un volumen de 80 cm³ y se analizó su contenido en metales y foraminíferos.

El análisis geoquímico de las muestras superficiales y los sondeos manuales se llevó a cabo mediante ICP-OES (espectrometría de emisión óptica por plasma acoplado inductivamente), tras digestión con agua regia (mezcla de ácido nítrico y clorhídrico) a 95°C durante dos horas en Activation Laboratories Ltd. en Ontario (Canadá).

Para el estudio de foraminíferos, las muestras se levigaron en agua corriente, recogiendo la fracción retenida en el tamiz de 63 µm. En el caso de las muestras superficiales, la arena resultante fue teñida con una solución de Rosa de Bengala (1 g/l l de agua destilada) durante una hora y lavada de nuevo para diferenciar las asociaciones vivas. Tras su secado se procedió a su concentración en microfósiles mediante tricloroetileno. El estudio de las distintas asociaciones de foraminíferos (vivas, muertas y enterradas) se llevó a cabo utilizando una lupa binocular. De cada muestra se obtuvieron un



Fig. 1: Localización de los sondeos (cuadrados) y las muestras superficiales (círculos) analizados en los estuarios del Deba (arriba) y del Urola (abajo).

total de 300 caparazones, o en su defecto todos los caparazones presentes, que fueron clasificados taxonómicamente siguiendo la normativa de Loeblich y Tappan (1988) y actualizada en Worms (última entrada 5 mayo 2019).

En el estudio del polen se separaron 5 g de sedimento de cada muestra y se procesaron químicamente en el Centro de Ciencias Humanas y Sociales del CSIC (Madrid). Tras su lavado, se atacaron con HCl para eliminar los carbonatos y con NaOH diluido al 20% para actuar sobre los silicatos. Una vez secas, con el licor de Thoulet, se realizó una separación densimétrica tras ser agitadas en un desintegrador celular ultrasónico y centrifugadas. Se decantó el licor con el polen y otros restos en recipientes diferentes para su filtrado a través de fibra de vidrio y, de nuevo, fueron sometidas a un ataque ácido, en este caso HF para deshacer la fibra. Se añadió una gota de KOH al 10%, se neutralizó el pH y se almacenaron en tubos eppendorf con glicerina al 50%. Posteriormente se montaron en portaobjetos y fueron observadas al microscopio óptico. Se contaron e identificaron taxonómicamente 500 granos polínicos terrestres, más las esporas y microfósiles no polínicos de cada muestra.

Los sondeos largos se dataron mediante radiocarbono sobre caparazones de bivalvos y materia orgánica vegetal en Beta Analytic (USA) utilizando AMS (espectrometría de masas con aceleradores). Las dataciones de los sondeos cortos se realizaron a partir de la distribución vertical del radioisótopo de origen natural ^{210}Pb y del isótopo artificial ^{137}Cs como posible validación de los resultados obtenidos. Las muestras se prepararon para medir ambos radioisótopos por espectrometría gamma con detector de GeHP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sondeos holocenos

En base a su contenido micropaleontológico, en el sondeo DB-1 se diferenciaron 5 Asociaciones de Foraminíferos (AF) (Hernández-Martín, 2013). Sobre el sustrato rocoso, la AF5 (datada entre 10.150 y 9.130 años cal BP) está dominada por las especies *Ammonia tepida* (Cushman) y *Haynesina germanica* (Ehrenberg) como formas principales, y *Rosalina irregularis* (Rhumbler) y *Cibicides williamsoni* (Haynes) como secundarias. Las formas de origen marino llegan a representar hasta el 20% de la asociación. Presenta la mayor diversidad de todo el sondeo y se interpreta como un ambiente intermareal con influencia marina. Por encima, en la AF4 (entre 9.280 y 9.010 años cal BP) *A. tepida*, *H. germanica* y *C. williamsoni* son las especies dominantes, siendo la media de caparazones alóctonos muy baja (0,8%). Se interpreta como un ambiente intermareal salobre con poca influencia marina. En la siguiente AF3 (7.170 y 6.810 años cal BP) los taxones dominantes fueron *H. germanica*, *A. tepida* y *C. williamsoni*. El porcentaje de foraminíferos marinos es anecdótico (0,4%). Fue depositada en un medio intermareal salobre más restringido que la asociación anterior. AF2 no contenía ningún foraminífero y se considera una fase dulceacuícola que restringió el desarrollo de estos organismos de afinidad salina. Finalmente, en AF1 se observaron únicamente *A. tepida*, *H. germanica* y *Elphidium oceanense* (d'Orbigny in Fornasini) indicando un medio intermareal salobre muy restringido.

El sondeo DB-2 muestra 4 asociaciones diferentes de muro a techo (El bani Altuna et al., 2019). AF4 (entre 8.360 y 8.070 años cal BP) es el intervalo con mayor diversidad y dominan *A. tepida*, *H. germanica* y *C. williamsoni*. Aunque los caparazones alóctonos presentan un escaso 6% de media, se trata de su mayor abundancia en este sondeo. Por encima, AF3 es muy pobre en foraminíferos de carácter intermareal con aguas muy dulces. La siguiente AF2 (edades 1.200 y 1.100 años cal BP) no contiene ningún foraminífero y se considera un ambiente dulceacuícola. Por último, en AF1 la abundancia de caparazones aumenta hacia techo y aparecen únicamente las especies aglutinantes *Trochammina inflata* (Montagu) y *Entzia macrescens* (Brady), típicas de marisma alta.

En el sondeo ZUM-1, se han distinguido 5 AFs: sobre el sustrato rocoso, el intervalo AF5 contiene muy pocos foraminíferos y se interpreta como un ambiente fluvial con una reducida influencia marina. En la siguiente AF4 (datada alrededor de 8.540 años cal BP) dominan *Cibicides lobatulus* (Walker y

Jacob), *Connemarella rudis* (Wright) y *Elphidium crispum* (Linnaeus). El contenido de caparazones de origen marino es muy dominante (>96%) y se interpreta como un ambiente de llanura intermareal con salinidad marino normal. La asociación AF3 (entre los 7.880 y 7.050 años cal. BP) está dominada por *C. lobatulus*, *A. tepida* y *H. germanica*. El porcentaje de foraminíferos alóctonos es elevado (60%), aunque disminuyen hacia techo. Se interpreta como un medio intermareal salobre con una influencia significativa del mar abierto. Por encima, AF2 se compone mayoritariamente de *A. tepida*, *H. germanica* y *C. williamsoni*. Presenta pocos foraminíferos marinos (7%) y un ambiente deposicional de llanura intermareal salobre desarrollado entre 6.920 y 5.910 años cal. BP. El último nivel, AF1, está dominado por *T. inflata* y *E. macrescens* que representan una marisma alta.

Finalmente, el sondeo ZUM-2 muestra 4 asociaciones. AF4 (desde 10.090 a 8.320 años cal. BP) se encuentra directamente sobre el sustrato rocoso y presenta un número muy reducido de foraminíferos que se interpreta como un ambiente deposicional fluvial con influencia salina muy reducida. Por encima, AF3 contiene una asociación abundante de foraminíferos pero un número de especies reducido. Las formas dominantes son *H. germanica*, *A. tepida* y *C. williamsoni* y se interpreta como un medio intermareal salobre muy restringido depositado entre los 8.030 y 5.320 años cal. BP. AF2 es un intervalo que no contiene apenas foraminíferos depositado en un ambiente dulceacuícola. Por último, AF1 está dominada por *T. inflata* y *E. macrescens* en un medio de marisma alta.

Sondeos antropocenos

Soualili (2018) diferenció 3 AFs en DB-3 a pesar de la baja cantidad de foraminíferos encontrados (108 caparazones en total). AF3 contiene únicamente algunos ejemplares de *E. macrescens*, *T. inflata* y *A. tepida*. Además, este intervalo basal presenta contenidos elevados de metales (máximo 87 mg kg⁻¹ de Pb y 111 mg kg⁻¹ de Ni) con un pico máximo de Cu (190 mg kg⁻¹) y de Cr y Zn (158 y 877 mg kg⁻¹ respectivamente). Ha sido datado entre los años <1950-1970 CE y se interpreta como un ambiente intermareal de marisma. A continuación, AF2 es un intervalo con un solo caparazón de *E. macrescens*. Las concentraciones de metales disminuyen gradualmente hacia techo. Es un nivel con una gran influencia de agua dulce donde aparecen escasos ejemplares. Las dataciones radiométricas indican edades entre los años 1970-2006 CE. Por último, la mitad superior del sondeo (AF1) contiene una mayor presencia de foraminíferos de las especies *T. inflata*, *H. germanica*, *A. tepida* y *E. macrescens*. Se interpreta como un ambiente intermareal salobre desarrollado durante los últimos 10 años. En lo que respecta a los metales pesados, presenta los niveles más bajos de todo el sondeo (inferiores a 54, 381, 88, 77 y 79 mg kg⁻¹ para Pb, Zn, Cu, Ni and Cr respectivamente).

En el sondeo corto ZM-1, Goffard (2016) distinguió tres intervalos diferentes de muro a techo: AF3 con un número de foraminíferos extremadamente abundante en la base que va disminuyendo hacia

techo (media 1.038 caparazones/100 g de sedimento). Dominan las formas salobres *H. germanica* y *A. tepida* con *E. oceanense* como secundaria. El porcentaje de caparazones de origen marino es muy bajo (2%). Este intervalo ha sido datado desde el inicio del siglo XX hasta el año 1965 CE y muestra un contenido moderado en metales creciente hacia techo. La concentración de Zn en el cm más profundo es 128 mg kg⁻¹, mientras que las de Pb, Cu, Ni y Cr son inferiores a 35 mg kg⁻¹. AF2 es un intervalo que muestra un número de foraminíferos muy escaso (101 caparazones/100 g de sedimento). Se alcanzan las concentraciones más elevadas de Pb, Zn, Ni y Cr (116, 488, 56 y 76 mg kg⁻¹ respectivamente). La edad determinada para este intervalo más contaminado y con pocos foraminíferos fue 1965-1980 CE (coincidente con el auge demográfico e industrial de la comarca). Por último, AF1 muestra un número de caparazones que se incrementa hacia techo (media 1.107/100 g de sedimento). Dominan *E. oceanense*, *A. tepida* y *H. germanica*. El porcentaje de caparazones marinos es muy bajo (1%). Ha sido datado entre los años 1980-2015 CE y muestra un contenido en metales moderado y claramente decreciente hacia techo, coincidiendo en el tiempo con la crisis industrial en la comarca (mínimos valores de Pb, Zn, Cu, Ni y Cr, correspondientes a la muestra superficial, son 51, 227, 44, 35 y 52 mg kg⁻¹ respectivamente). Se encontraron además una serie de partículas esféricas diferentes, cuya composición se analizó mediante SEM-EDX (microscopía electrónica de barrido con detector de energía dispersiva) en el Laboratorio Singular de Multiespectroscopía Acoplada (UPV/EHU). Se distinguieron "esferoides carbonáceos" que aparecieron en todas las muestras y con mayor abundancia en los niveles inferiores del sondeo. A partir de 1960 se encontraron esferoides metálicos enriquecidos en Fe coincidentes con el auge industrial de la zona, y a partir de 1980 se suman los esferoides poliméricos. La presencia de estos esferoides en los sedimentos se considera un indicador de diferentes actividades industriales.

Por último, el sondeo ZM-2 presenta dos asociaciones de foraminíferos. Un intervalo inferior (AF2) con un número de caparazones muy elevado y dominado por las formas salobres *A. tepida* y *H. germanica*, con *C. williamsoni* como secundaria. La abundancia de caparazones marinos es mínima (1%) y aparecen frecuentes esferoides carbonáceos. Los niveles de metales son bajos en la mitad inferior del sondeo (Pb, Zn y Cu son incluso menores que los determinados en la zona basal del sondeo ZM-1) pero aumentan en el tercio superior de esta AF2 hasta alcanzar 190, 827 y 63 mg kg⁻¹ respectivamente. La tasa de sedimentación estimada mediante ²¹⁰Pb_{exceso} es 0,22±0,02 cm/año. Asimismo, la máxima concentración de ¹³⁷Cs se encuentra a 13 cm de profundidad. Por tanto, este intervalo inferior se depositó entre el inicio del siglo XX y 1963 CE. Por encima, los últimos 13 cm (AF1) se caracterizan por un número menor de caparazones y el dominio de *H. germanica*, *A. tepida* y *Criboelphidium excavatum* (Terquem) con presencia de esferoides poliméricos. Las concentraciones de Pb y Zn disminuyen con respecto al techo del intervalo anterior, pero incluso en la superficie (64 y 276 mg

kg⁻¹ respectivamente) se mantienen por encima de sus valores en la base del sondeo. El Cu muestra una trayectoria diferente, aumentando hasta 120 mg kg⁻¹ antes de comenzar a disminuir (64 mg kg⁻¹) en superficie. Este intervalo superior representa los últimos 55 años de registro sedimentario. El estudio polínico muestra también dos zonas polínicas diferentes. La parte inferior con taxones herbáceos dominantes (Apiaceae, Cichorioideae, Poaceae y *Cerealia* t.) respondiendo a la deforestación ligada a la industrialización y agricultura. En los 20 cm superiores ganan protagonismo los taxones arbóreos (*Alnus*, *Carpinus betulus* Linneo y *Pinus pinaster* Aiton) tras el abandono de estas actividades y las posteriores reforestaciones del siglo XX.

Muestras superficiales

En el estuario del Deba, Soualili (2018) observó que las asociaciones vivas presentan un número de individuos muy escaso en la parte superior del estuario que se va acrecentando paulatinamente hacia la desembocadura. Respecto a las asociaciones muertas, sólo las muestras de la zona media del estuario superaron los 100 caparazones. Las especies dominantes, tanto vivas como muertas, fueron *A. tepida* y *C. excavatum*, mientras que *H. germanica* y *E. macrescens* fueron especies secundarias en las asociaciones muertas. En estas últimas, el número de caparazones de origen marino es muy bajo. Geoquímicamente muestran niveles moderadamente elevados de Pb, Zn, Cu, Ni y Cr en las partes superior y media del estuario (máximas concentraciones 104, 65, 519, 76 y 93 mg kg⁻¹ respectivamente) disminuyendo hacia la desembocadura. El estuario del Deba ha sido considerado como un ambiente sometido a una presión humana relativamente elevada, asociada a la existencia de vertidos urbanos e industriales ya desde la zona fluvial (Martínez-Santos et al., 2015).

A lo largo del estuario del Urola, tanto las asociaciones vivas como muertas de foraminíferos son muy abundantes y están dominadas exclusivamente por *H. germanica*, que muestra una mayor abundancia en la zona superior y disminuye ligeramente hacia la desembocadura, *A. tepida* que, por el contrario, incrementa su presencia desde la zona superior a la inferior, y *C. excavatum* que mantiene una concentración similar en todo el estuario. En cuanto a los metales, las concentraciones son bastante similares a las determinadas en las muestras superiores de los sondeos, aunque destacan los altos niveles de Zn encontrados en la estación Zumaia-3 (Fig. 1)

CONCLUSIONES

El ascenso relativo del nivel del mar en la costa vasca durante el Holoceno presenta una primera etapa de aumento rápido (6,3±0,8 mm/año) desde los 9.000 hasta 7.000 años cal BP, una segunda fase de reducción en la tasa de elevación (0,7±0,5 mm/año) desde los 7.000 hasta 4.000 años cal BP, y un tercer intervalo de práctica estabilidad desde entonces hasta el siglo XX (0,5±0,5 mm/año)

(García-Artola et al., 2018). Estas tres etapas con velocidades de ascenso marino decrecientes son observables en los sondeos largos estudiados en el Geoparque de la Costa Vasca, donde la secuencia deposicional está constituida, de muro a techo, por ambientes intermareales con influencia marina menguante hasta una eventual marisma vegetada, pasando por periodos de fuerte influencia fluvial. Las dataciones indican que estos estuarios comenzaron a desarrollarse antes de los 9.000 años cal BP.

El registro sedimentario reciente, además de mostrar contaminación por metales durante el siglo XX, en Deba parece responder sobre todo a variaciones temporales en la gran influencia del agua dulce fluvial que provocan asociaciones microfaunísticas muy pobres. Sin embargo, en el estuario del Urola aparece claramente la señal geoquímica del creciente desarrollo industrial durante el siglo XX y su posterior declive en las últimas décadas en un medio que, asimismo, produjo un impacto sobre las asociaciones de foraminíferos que se han ido recuperando recientemente.

Agradecimientos: Trabajo financiado por los proyectos Estudio geológico del entorno de la cavidad de Praileaitz (Deba), Estuarios del Geoparque de la Costa Vasca (US13/02), Antropicosta (CGL2013-41083-P), Antropicosta-2 (RTI2018-095678-B-C21, MCIU/AEI/FEDER, UE) y Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (IT365-10, IT767-13 y IT976-16). Contribución nº 51 de la Unidad de Investigación Geo-Q Zentroa (Laboratorio Joaquín Gómez de Llarena).

REFERENCIAS

- El bani Altuna, N., Cearreta, A., Irabien, M.J., Gómez Arozamena, J., Hernández, S., Soualili, K., Hilario, A. (2019). Evolución ambiental del estuario del Deba (Geoparque de la Costa Vasca) durante el Holoceno y el Antropoceno. *Geogaceta*, 66 (en prensa).
- García-Artola, A., Stéphan, P., Cearreta, A., Kopp, R.E., Khan, N.S., Horton, B.P. (2018). Holocene sea-level database from the Atlantic coast of Europe. *Quaternary Science Reviews*, 196, 177-192.
- Goffard, A. (2016). Registro geológico del impacto humano en el estuario del Urola (Geoparque de la Costa Vasca) durante el Antropoceno. *CKQ-Estudios de Cuaternario*, 6, 43-60.
- Hernández Martín, S. (2013). Evolución ambiental de los estuarios vascos (Urdaibai y Deba) durante el Holoceno como consecuencia del ascenso en el nivel marino. *CKQ-Estudios de Cuaternario*, 3, 51-63.
- Loeblich, A.R., Tappan, H. (1988). *Foraminiferal Genera and Their Classification*, Van Nostrand Reinhold, New York, 970 pp.
- Martínez-Santos, M.M., Probst, A., García, J.G., Romera, E.R. (2015). Influence of anthropogenic inputs and a high-magnitude flood event on metal contamination pattern in surface bottom sediments from the Deba River urban catchment. *Science of the Total Environment*, 514, 10-25.
- Soualili, K. (2018). El registro sedimentario antropoceno en el estuario del Deba (Geoparque de la Costa Vasca). *CKQ-Estudios de Cuaternario*, 8, 147-165.
- WoRMS <http://www.marinespecies.org/foraminifera>



**XV REUNIÓN NACIONAL
CUATERNARIO
Bilbao 2019**

www.ehu.eus/xvreunioncuaternario
xvreunioncuaternario.estrati-paleo@ehu.eus

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea



**Unidad de Formación e Investigación
en Cuaternario: Cambios Ambientales
y Huella Humana**



aranzadi
zientzia elkartea

SOCIEDAD DE CIENCIAS
SCIENCE SOCIETY
SOCIÉTÉ DE SCIENCES



**ASOCIACION ESPAÑOLA PARA EL
ESTUDIO DEL CUATERNARIO**



**EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO**

HEZKUNTZA SAILA
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN