

# El registro geológico antropoceno en el Abra de Bilbao: evidencias de su historia natural y humana

*The Anthropocene geological record in the Abra of Bilbao: evidences of its natural and human history*

Alejandro Cearreta<sup>1</sup>, María Jesús Irabien<sup>2</sup>, José Gómez Arozamena<sup>3</sup>, Ibai Kortabitarte<sup>1</sup> y Alba González-Lanchas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao. alejandro.cearreta@ehu.es, ibaikorta@gmail.com, albag.lanchas@gmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Apartado 644, 48080 Bilbao. mariajesus.irabien@ehu.es

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

## ABSTRACT

The recent sedimentary record in the subtidal area of the inner Abra of Bilbao has been studied using 2 cores of 64 and 56 cm in length. General accumulation of materials shows mainly a muddy character with a moderate abundance of benthic foraminifera and a decrease in metal concentrations through time as a consequence of the local industrial history. However, an anomalous sandier, intermediate section has been identified and it is considered as re-sedimentation of preindustrial subtidal deposits (lower and variable concentrations of metals, absence of radioisotopes, and very abundant marine microfauna) as a result of the 1983 riverine flooding. This alerts on the possibility of remobilization of recent sediments (polluted and/or clean) in this environment due to natural and anthropogenic processes.

**Key-words:** Metals, foraminifera, radionuclides, coastal sediments, Anthropocene.

## RESUMEN

El registro sedimentario reciente en la zona submareal del Abra interior de Bilbao ha sido estudiado mediante 2 sondeos de 64 y 56 cm de longitud. La acumulación general de materiales muestra mayoritariamente un carácter fangoso con una abundancia moderada de foraminíferos bentónicos y un descenso en la concentración de metales a lo largo del tiempo como consecuencia de la historia industrial de esta zona. Sin embargo, se ha identificado un intervalo anómalo intermedio de carácter más arenoso que se considera el resultado de la re-sedimentación de depósitos preindustriales submareales (niveles menores y variables de metales, ausencia de radioisótopos, y muy abundante microfauna marina) como consecuencia de las inundaciones fluviales del año 1983. Este hecho alerta sobre la posibilidad de remobilización de sedimentos recientes (contaminados y/o limpios) en este entorno como consecuencia de procesos naturales y antrópicos.

**Palabras clave:** Metales, foraminíferos, radioisótopos, sedimentos costeros, Antropoceno.

Geogaceta, 61 (2017), 11-14  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 27 de junio de 2016  
Revisión: 3 de noviembre de 2016  
Aceptación: 25 de noviembre 2016

## Introducción

El estuario de Bilbao está formado por una ría en forma de canal estrecho (50-150 m) e intermareal de 15 km de longitud que desemboca en una bahía costera semicerrada con una superficie original de 2200 ha y una profundidad media de 20 m denominada El Abra. La explotación de los yacimientos de hierro condujo al temprano desarrollo industrial de Bilbao a mediados del siglo XIX. La ría original fue reducida de tamaño mediante su ocupación con diques para construir un canal mareal navegable desde la ciudad hasta el mar abierto que ya estaba completado en 1885. La primera industria de hierro y acero fue implantada

sobre antiguas marismas de su tramo medio en 1854. Actualmente la ría es un sistema artificial que no guarda parecido con sus condiciones originales.

Con el fin de crear un gran puerto exterior, a finales del siglo XIX comenzó la construcción del rompeolas de Santurtzi (orilla izquierda), que finalizó en 1905, y el contramuelle de Algorta (orilla derecha), que se terminó en 1903. Estas infraestructuras permitieron la división del Abra de Bilbao en una zona interior más restringida y otra zona exterior más abierta. Su construcción modificó el sistema de corrientes y la retención del flujo marino de arena, provocando en la zona interior el inicio de la sedimentación fangosa, la casi desaparición

de la gran playa de Las Arenas y la necesidad de obras defensivas frente a la erosión en la zona de trasplaya (muelle de Las Arenas). En los años 1950 se inauguraron los amarres del Real Club Marítimo, en 1999 finalizó la construcción del puerto deportivo de Getxo y en 2006 concluyó el primer muelle de cruceros del Puerto de Bilbao (Fig. 1). Esta paulatina ocupación con distintas infraestructuras portuarias ha ido reduciendo la superficie del Abra interior que actualmente presenta 192 ha.

Durante los últimos 160 años, el estuario de Bilbao ha recibido una gran cantidad de residuos contaminantes provenientes de las actividades mineras, industriales y domésticas que degradaron significativamente

su calidad ambiental. Sin embargo, en las últimas décadas, la puesta en marcha de políticas de protección ambiental, la mejora de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y el cierre de las principales actividades industriales han hecho posible la disminución de los flujos contaminantes (Cearreta *et al.*, 2000). Estudios previos en la ría han permitido identificar 4 niveles diferentes en su registro geológico reciente: inicialmente unas condiciones preindustriales con asociaciones abundantes de foraminíferos bentónicos y niveles naturales de metales, seguidas por una etapa industrial antigua (datada 1850-1950) con elevados contenidos en metales y asociaciones abundantes de foraminíferos, que desaparecieron durante la etapa industrial moderna (1950-2000) como resultado de los mínimos niveles de oxígeno alcanzados durante ese periodo (Cearreta *et al.*, 2002). Posteriormente, la monitorización de la calidad de los sedimentos superficiales realizada entre 1997 y 2006 (Leorri *et al.*, 2008) puso de manifiesto una disminución en la concentración de metales y un incremento en la abundancia de foraminíferos, consecuencia de la mejora reciente en las condiciones ambientales.

Por otra parte, Guerrero *et al.* (1988), el Consorcio de Aguas del Gran Bilbao (1989) y Greenpeace (1991) ya detectaron elevadas concentraciones de metales pesados en los sedimentos del Abra, concluyendo que esta zona estaba afectada por la contaminación proveniente de la ría. Las mayores concentraciones se registraron en su zona interior, donde se detecta un giro en sentido horario de la corriente vaciante como consecuencia del efecto barrera producido por el contra-muelle de Algorta (Fig. 1).

Este trabajo incluye la utilización de indicadores geoquímicos (metales) y microfaunísticos (foraminíferos bentónicos) obtenidos a partir del análisis de 2 sondeos submareales con el fin de examinar la historia reciente de contaminación y transformación ambiental en la zona interior del Abra de Bilbao. Se han llevado a cabo también determinaciones de los radionúclidos Pb-210 y Cs-137 con el fin de analizar la evolución temporal de las tasas de sedimentación a partir de la datación de las distintas capas de los sondeos, estableciendo así una cronología de los aportes contaminantes y de los cambios ambientales registrados en esta zona costera.



**Fig. 1.-** Localización de los sondeos estudiados en El Abra interior de Bilbao (arriba); Fotografía oblicua del Abra en 1970s (centro); Fotografía aérea del Abra interior en 1957 (abajo).

*Fig. 1.-* Location of the cores studied in the inner Abra of Bilbao (above); Oblique photograph of the Abra in 1970s (middle); Aerial photograph of the inner Abra in 1957 (below).



## Materiales y Métodos

En septiembre 2015 se perforaron 6 sondeos (2 réplicas de cada sondeo) en El Abra interior mediante un muestreador hammer corer operado por buceadores. Los lugares de muestreo fueron seleccionados con el fin de caracterizar distintas zonas de este medio submareal y la profundidad osciló entre 6,0 y 8,5 m. En este trabajo se muestran los resultados de los testigos Abra 1 (43°20'04.7"N, 3°01'01.0"W, longitud 64 cm) y Abra 4 (43°20'05.9"N, 3°00'48.3"W, longitud 56 cm) (Fig. 1).

En el laboratorio, los tubos de sondeo fueron abiertos longitudinalmente y se tomaron muestras cada centímetro con el fin de analizar su contenido en metales, foraminíferos bentónicos y radioisótopos.

Los sedimentos destinados al estudio geoquímico se recogieron con una espátula de plástico. Tras su secado y tamizado en el laboratorio se procedió a la molienda en mortero de ágata de la fracción <2 mm. Estas muestras pulverizadas se enviaron a Activation Laboratories Ltd. (Ontario, Canadá) donde se analizaron mediante ICP-MS tras ataque con una mezcla de ácido clorhídrico, nítrico, perclórico y fluorhídrico.

Para su análisis microfaunístico, cada muestra fue inicialmente secada en una estufa a 40° C, pesada y tamizada en húmedo (mallas 2 mm y 63 µm). El material arenoso así obtenido, una vez secado de nuevo, fue concentrado en foraminíferos en una campana de gases mediante flotación con tricloroetileno. Se extrajeron unos 300 caparazones por muestra, y en el caso de aquellas con un número menor fueron extraídos todos los ejemplares existentes y estudiados bajo una lupa estereoscópica binocular de luz reflejada. Sólo en las asociaciones que presentaron más de 100 caparazones fueron realizados cálculos estadísticos. Los resultados se muestran en el texto como porcentajes y como número de foraminíferos por 15 g de peso seco de muestra original. Cada testigo ha sido dividido en intervalos de profundidad (IP) en base a la presencia, abundancia y dominancia de las distintas especies de foraminíferos. En total se extrajeron más de 16.800 ejemplares de foraminíferos bentónicos en las 62 muestras analizadas, que se clasificaron en 55 especies.

Se utilizó el método basado en el radioisótopo natural Pb-210 para datar los sedimentos. Una vez secadas, las muestras se

tamizaron y envasaron en recipientes cilíndricos cerrados herméticamente. Se almacenaron durante 30 días hasta que se alcanzó el equilibrio radioactivo entre el Ra-226, el Rn-222 y los descendientes de este último. Se midieron las concentraciones de la actividad de Pb-210 total y de Ra-226, y de la diferencia entre ambos se obtuvo el Pb-210exceso. En las mismas muestras se midieron las concentraciones del radioisótopo artificial Cs-137 con el fin de contrastar los resultados de ambos métodos y establecer una fecha de referencia. Las muestras se midieron por espectrometría gamma utilizando un detector de Ge HP marca Canberra.

## Resultados

### Metales

En el sondeo Abra 1 es posible diferenciar dos tramos respecto al contenido en metales. Por debajo de 46 cm de profundidad las concentraciones son extraordinariamente altas: Pb (848-2900 mg/kg), Zn (1100-2450 mg/kg), Cu (374-764 mg/kg) y Cd (4-14,4 mg/kg). Por otra parte, los sedimentos de la zona suprayacente presentan unos niveles sensiblemente más bajos: Pb (130-640 mg/kg), Zn (345-1390 mg/kg), Cu (79-421 mg/kg) y Cd (0,7-7,1 mg/kg). Los perfiles descritos por los metales en este tramo superior muestran una morfología irregular, con niveles bajos y prácticamente constantes en los ocho centímetros superficiales.

En el sondeo Abra 4 los niveles de metales son muy similares a los determinados en los 46 cm superiores del Abra 1: Pb (136-701 mg/kg), Zn (397-1010 mg/kg), Cu (121-429 mg/kg) y Cd (0,9-9,8 mg/kg). Los valores más bajos corresponden a los cuatro centímetros superficiales, destacando la existencia de algunos picos de concentración metálica a distintas profundidades.

### Foraminíferos bentónicos

En el sondeo Abra 1 es posible diferenciar 3 intervalos de profundidad. Desde 64 a 49 cm, IP1 se caracteriza por un número muy bajo de foraminíferos (media 68 caparazones/15 g), un contenido mínimo en arena (media 2%) y un número moderado de especies (media 13) cuyas formas más abundantes son de origen marino (*Bulimina gibba* Fornasini, *Rosalina irregularis* (Rhum-

bler), *Cibicides lobatulus* (Walker y Jacob) y *Triloculina oblonga* (Montagu)). Por encima, el intervalo IP2 más arenoso (18,7%) aparece entre 49 y 22 cm, y muestra un número extremadamente elevado de caparazones (1.003/15 g) y un incremento en el número de especies (16), con un dominio de especies marinas (media 72%) principalmente *R. irregularis* (26,7%), *C. lobatulus* (18,4%) y *T. oblonga* (10,3%), junto con la forma estuarina *Ammonia tepida* (Cushman) (18,8%). Por último, IP3 se presenta en los 22 cm más superficiales con una reducción importante en el contenido de arena (5,3%) y de caparazones (460/15 g), un mayor número de especies (20) y una mezcla de taxones marinos y estuarinos donde son dominantes *A. tepida* (32,2%), *R. irregularis* (15,8%) y *C. lobatulus* (12,1%).

Por su parte, el sondeo Abra 4 presenta 2 intervalos de profundidad diferentes. En la base, desde 56 hasta 39 cm, aparece IP1 caracterizado por contenidos muy elevados en arena (57,3%), caparazones (989/15 g) y especies (23), y una mezcla de formas marinas y estuarinas dominadas por *A. tepida* (32,7%) y *C. lobatulus* (20,5%). Los 39 cm superiores forman IP2 que presenta muy bajo contenido en arena (5,4%), abundancia de caparazones elevada pero más moderada (574/15 g), un número de especies algo inferior (16), y una gran mayoría de caparazones de origen estuarino (77,5%) con *A. tepida* (65,8%) como único taxón dominante. Los 5 cm iniciales de esta IP2 (34-39 cm) presentan un número muy bajo de caparazones (61/15 g).

### Datación

Las medidas de las concentraciones de Pb-210 en ambos testigos muestran que éstas disminuyen con la profundidad, siendo sus valores significativamente mayores que las medidas de Ra-226 pero sin alcanzar el equilibrio entre ambas, e indicando que el Pb-210exceso no ha decaído completamente. Ambos perfiles presentan una anomalía en el tramo medio con un significativo aumento de la acumulación másica, siendo la de mayor magnitud la medida en el sondeo Abra 1, donde la concentración de Pb-210exceso es prácticamente constante entre los 32 y 46 cm de profundidad. La aplicación de un modelo como el CRS, que permite datar las diferentes capas del testigo, requiere el conocimiento del inventario total de Pb-210exceso que aquí se

desconoce debido a que éste no se llega a anular en la base de ambas secuencias. Para solventar esta limitación, se ha realizado una estimación del inventario restante a partir de la concentración medida de Pb-210 exceso en la última capa del testigo y de la tasa de acumulación másica, asumiendo que ésta es prácticamente constante en el tramo inicial y calculándose con un ajuste de regresión lineal. El inventario así estimado se suma al calculado previamente, pudiéndose aplicar el modelo CRS. Las fechas obtenidas para cada sección de los testigos muestran la evolución temporal de la tasa de sedimentación. La base de los sondeos ha sido datada en  $1959 \pm 2$  años, y para el intervalo arenoso se ha estimado una fecha comprendida entre 1983-1988  $\pm 2$  años.

## Discusión

En conjunto, los dos testigos muestran una secuencia característica de sedimentación en condiciones submareales someras con una mezcla de influencias marina y estuarina, haciéndose esta última más evidente conforme la secuencia se hace paulatinamente más reciente. El sondeo Abra 1 comienza con un intervalo fangoso que presenta unos valores muy elevados de contaminantes metálicos y una abundancia de foraminíferos muy escasa, y que se desarrolló entre los años 1959 y 1983, en plena etapa industrial del estuario de Bilbao. Algunas de estas muestras superan para Pb, Zn, Cu y Cd los niveles de Acción C propuestos por la Comisión Interministerial de Estrategias Marinas (CIEM, 2015) para la caracterización de los materiales dragados, poniendo de manifiesto su baja calidad ambiental. Esta sedimentación de grano fino se vio interrumpida bruscamente por un tramo más arenoso que muestra un número muy elevado de caparazones (mayoritariamente marinos) y un descenso en la concentración de metales. Este intervalo de 27 cm de espesor fue depositado muy rápidamente y sus características sedimentarias (más arenoso), geoquímicas (niveles menores y variables de metales, y ausencia de radioisótopos) y micropaleontológicas (gran abundancia de caparazones y mayoritaria-

mente de origen marino) apuntan a una resedimentación de materiales preindustriales acumulados históricamente en este entorno submareal. La naturaleza de este intervalo más arenoso resedimentado sugiere un evento catastrófico capaz de mezclar los sedimentos depositados previamente, y su edad radiométrica calculada apunta claramente a las inundaciones fluviales de Bilbao que en agosto de 1983 provocaron desbordamientos catastróficos en todo el cauce del río Nervión, incluido su estuario. De hecho, existe un registro histórico desde el siglo XIV de las violentas pulsaciones del río a su paso por Bilbao que se convertían en graves inundaciones fluviales 3 ó 4 veces cada siglo, llegando a sacar los barcos de la ría y provocando enormes destrozos en las calles de la villa (García Merino, 1987). Por último, desde mediados de los años 1980 el testigo vuelve a registrar sedimentos fangosos con una contaminación moderada que va descendiendo hacia techo como consecuencia de la mejora en las condiciones ambientales de la ría tras la recesión económica y el declive de la actividad industrial (Gorostiaga y Díez, 1996).

En el sondeo Abra 4, que se localiza en una posición más interna del Abra fuera de la influencia directa del desagüe de la ría, este episodio histórico catastrófico sólo ha sido identificado con cierta claridad, aunque más atenuado, a partir del análisis de los radionúclidos, ya que los metales y los foraminíferos (a excepción del tramo 34-39 cm que muestra un descenso pronunciado en el abundancia de caparazones) no muestran un intervalo tan evidente de esa naturaleza anómala.

## Conclusiones

El registro sedimentario del Abra contiene materiales correspondientes a las diferentes etapas ambientales definidas previamente en el estuario de Bilbao. En ese registro coexisten sedimentos con diferentes grados de contaminación industrial junto con materiales preindustriales. Tanto la actuación de episodios naturales de alta energía (por ejemplo, inundaciones fluviales) como la ejecución de actividades antrópicas (por ejemplo, dragados) son capaces de re-

movilizar y resedimentar materiales geológicos históricos, algunos potencialmente muy contaminantes, que representarían una seria amenaza para el proceso de regeneración ambiental de esta zona costera.

## Agradecimientos

Trabajo financiado por los proyectos ANTROPICOSTA-El registro sedimentario antropoceno en los medios litorales cantábricos (CGL2013-41083-P), Harea-Grupo de Investigación en Geología Litoral (GV, IT976-16) y Unidad de Formación e Investigación en Cuaternario (UPV/EHU, UFI11/09). Juan Usera (Universitat de València) y Hugo Corbí (Universitat d'Alacant) mejoraron la versión original de este manuscrito con sus indicaciones y sugerencias. Contribución nº 39 de la Unidad de Investigación Geo-Q Zentroa (Laboratorio Joaquín Gómez de Llarena).

## Referencias

- Cearreta, A., Irabien, M.J., Leorri, E., Yusta, I., Croudace, I.W. y Cundy, A.B. (2000). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50, 571-592.
- Cearreta, A., Irabien, M.J., Leorri, E., Yusta, I., Quintanilla, A. y Zabaleta, A. (2002). *Marine Pollution Bulletin* 44, 487-503.
- CIEM (2015). *Directrices para la caracterización del material dragado y su reubicación en aguas del dominio público marítimo-terrestre*. Madrid, 173 p.
- Consorcio de Aguas (1989). *Chequeo y afino del modelo matemático del estuario del Nervión y para el seguimiento del estudio oceanográfico del Abra y su entorno (1988)*. Bilbao (inédito).
- García Merino, L.V. (1987). *La formación de una ciudad industrial. El despegue urbano de Bilbao*. Bilbao, 844 p.
- Gorostiaga, J.M. y Díez, I. (1996). *Marine Ecology Progress Series* 130, 157-167.
- Greenpeace (1991). *Verter con otro nombre*. Amsterdam, 68 p.
- Guerrero, J., Rodríguez, C. y Jornet, A. (1988). *Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía* 64, 1-16.
- Leorri, E., Cearreta, A., Irabien, M.J. y Yusta, I. (2008). *Science of the Total Environment* 396, 12-27.