

Primeros datos de hidrotermalismo cretácico en el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica

First data of Cretaceous hydrothermalism in the eastern margin of the Basque-Cantabrian basin

Arantxa Bodego¹, Arantza Aranburu², Eneko Iriarte³, Mikel A. López-Horgue¹ y Laura Damas-Mollá⁴

¹Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), B° Sarriena, s/n, 48940 Leioa, Bizkaia. arantxa.bodego@ehu.eus; mikel.lopezhorgue@ehu.eus

²Dpto. de Mineralogía y Petrología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), B° Sarriena, s/n, 48940 2 Leioa, Bizkaia. arantza.aranburu@ehu.eus

³Laboratorio de Evolución Humana, Dpto. de Historia, Geografía y Comunicación, Universidad de Burgos, 09001 Burgos. eiriarte@ubu.es

⁴Dpto. de Geodinámica, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), B° Sarriena, s/n, 48940 Leioa, Bizkaia. laura.damas@ehu.eus

ABSTRACT

In the Eastern margin of the Basque-Cantabrian Basin, fissures filled with sediments crop out in a red Albian-Cenomanian limestone, near the Txoritokieta mount (Erreterria, Gipuzkoa). In this work we study the sedimentology, petrology and tectosedimentary character of fissures and their fills, in order to establish the evolutive sequence of the formation of fractures and the infill of them. It has been inferred the tectonic origin of the fissures, linked to the synsedimentary folding of the host limestone. Moreover, most of the studied sedimentary fissure fills are mineralized, suggesting that fracturing and fluid flow occurred during the deposition of the fissure fills.

Key-words: *Neptunian dykes, fissure fill, Albian, Cenomanian, Basque-Cantabrian Basin.*

RESUMEN

En el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica afloran fisuras rellenas de sedimento encajadas en calizas rojas Albiense-Cenomaniense, en las inmediaciones del monte Txoritokieta (Erreterria, Gipuzkoa). El objetivo de este estudio ha sido estudiar las fracturas y sus rellenos desde el punto de vista sedimentológico, petrológico y tectosedimentario, para establecer la secuencia evolutiva de la formación de las fisuras rellenas. Así, se ha inferido el origen tectónico de las fracturas, ligado al plegamiento sinsedimentario de la propia formación que engloba las calizas encajantes. Asimismo, los rellenos de las fracturas, que se encuentran mineralizados en su gran mayoría, sugieren que su formación (fracturación) se localizó cerca de la superficie de sedimentación y la circulación de fluidos mineralizantes ocurrió en momentos próximos al depósito de los rellenos.

Palabras clave: *Diques neptunianos, fracturas rellenas, Albiense, Cenomaniense, Cuenca Vasco-Cantábrica.*

Geogaceta, 64 (2018), 35-38
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 15 de febrero de 2018
Revisión: 20 de abril de 2018
Aceptación: 25 de abril de 2018

Introducción

El estudio de distintos enclaves de calizas llamativamente rojas de edad Albiense-Cenomaniense del margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica (CVC) ha puesto de manifiesto la existencia de numerosas fisuras que muestran distintos tipos de rellenos. Una fisura es una fractura en la que hay una separación entre las paredes de la roca encajante (Bates y Jackson, 1980) y cuando tienen un origen tectónico (normalmente extensivo), suelen presentar morfologías planares y tienden a orientarse según el régimen tectónico regional (e.g., Dunne y Hancock, 1994). Sin embargo, es también posible la formación de fracturas extensivas

por plegamiento, debido a que, en el proceso de plegamiento, los esfuerzos que se concentran en el arco exterior son netamente tensionales (e.g., Hatcher, 1995).

Por otro lado, si estas fisuras se rellenan por sedimento que queda estratigráficamente por encima, estas fracturas son denominadas "diques neptunianos" (Bates y Jackson, 1980) e implican la conexión entre la fractura abierta y la superficie de sedimentación. En este contexto, las fracturas abiertas y/o rellenas de sedimento son también un medio permeable por el que pueden circular preferentemente los fluidos.

En este trabajo se ha realizado el estudio de distintas fracturas y de su relleno con el objetivo de establecer los distintos tipos

de rellenos, los procesos geológicos que las generaron y su ordenamiento temporal y espacial.

Contexto geológico

El área de estudio se encuentra en el margen oriental de la CVC (Fig. 1A), más concretamente en el área del monte Txoritokieta (Erreterria, Gipuzkoa; Fig. 1B). En su margen oriental, la CVC presenta unidades sedimentarias mesozoicas y cenozoicas, resultado de la fase de rifting y posterior inversión debido a la orogenia alpina.

Las rocas que afloran en el área de estudio (Fig. 1B) son principalmente calizas, conglomerados, areniscas y lutitas de edad

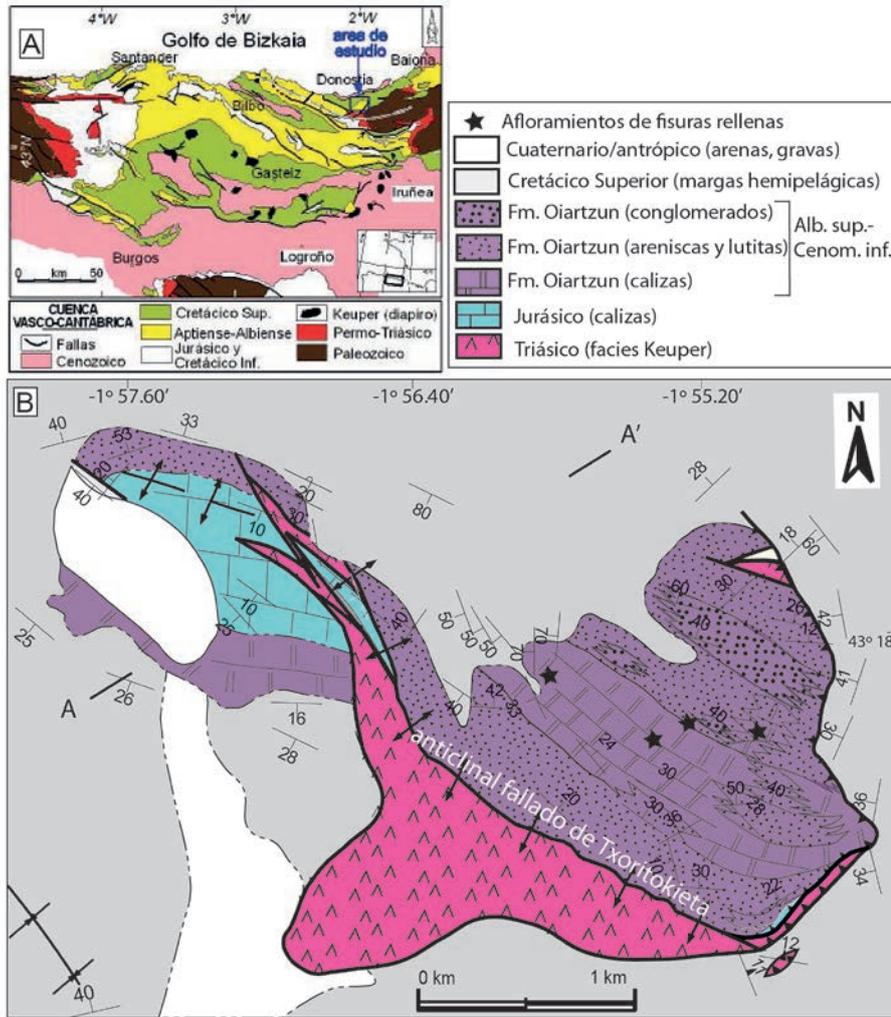


Fig. 1.- A) Localización del área de estudio en la Cuenca Vasco-Cantábrica. B) Mapa geológico del área de estudio. Las estrellas marcan zonas de medida y muestreo de fracturas. Ver figura en color en la web.
 Fig. 1.- A) Location of the study area in the Basque-Cantabrian Basin. B) Geological map of the study area. The stars indicate the measuring and sampling outcrops. See color figure in the web.

Albiense-Cenomaniense (Fm. Oiartzun; Garrate *et al.*, 1990; Bodego *et al.*, 2015). Forman un pliegue fallado, en cuyo núcleo afloran arcillas triásicas de facies Keuper. Una alternancia de margas y margocalizas de edad Cretácico Superior (Turoniense-Campaniense) se dispone discordantemente sobre los materiales plegados (Fig. 1B). Esta relación indica que el plegamiento tuvo lugar durante el Albiense superior-Cenomaniense inferior, coetáneo a la sedimentación de la Fm. Oiartzun (Bodego *et al.*, 2018).

La roca encajante de las fisuras estudiadas corresponde a calizas albienses de plataforma carbonatada somera, con orbitolinas, algas rojas, rudistas, esponjas (chaetetidos) y corales. Las calizas pueden llegar a ser muy arenosas y presentan cambios laterales y verticales a facies de conglomerados, areniscas y lutitas de frente

deltaico (Fm. Oiartzun). Asimismo, estas calizas presentan tinciones rojizas más o menos intensas de manera no homogénea. Por su similitud con otras calizas rojas similares presentes en la CVC, se asocia esta tinción a la presencia de minerales de hematites de tamaño de grano muy pequeño y en cantidades inferiores al 1%, producto de flujos hidrotermales (Damas-Mollá *et al.*, 2008; Damas-Mollá, 2011).

Fisuras rellenas

Las fisuras rellenas muestran distintas morfologías, desde planares a subplanares con aberturas inferiores a 4 cm y pocos metros de longitud, a fisuras de 15-20 cm de abertura y aspecto oqueroso. Presentan orientaciones preferentes hacia el NO-SE y NE-SO. También muestran variabilidad en los tipos de relleno, que se describen a continuación.

Fisuras rellenas de calcarenita

Se han encontrado fracturas rellenas de calcarenita tanto en el techo como en la base de la unidad de caliza. Una de las fracturas más significativas de la base de la unidad presenta una morfología planar, con contactos netos entre la roca encajante y su relleno. Se trata de una fractura de longitud métrica y con una anchura excepcionalmente grande, cercana al metro. Se encuentra rellena de una calcarenita arenosa con clastos de 3-5 cm, aunque pueden alcanzar los 10 cm, de caliza angulosa de facies similares a la de la roca encajante, pero con tinciones rojizas, y cuyos clastos están soportados por la matriz calcarenítica (Fig. 2A).

En lámina delgada (Fig. 2B), este tipo de fracturas rellenas de calcarenita presenta límites netos con la roca encajante, la cual es un *wackestone-packstone* de grano fino, con orbitolinas, fragmentos de bivalvos, valvas de ostrácodos, fragmentos de esponjas, y bioclastos no identificados parcialmente recristalizados. Contiene también abundantes granos de cuarzo de tamaño arena fina-limo. El relleno se compone de bioclastos de mayor tamaño que el de la roca encajante (algas rojas, orbitolinas, placas de equinodermos, fragmentos de bivalvos, etc.) micritizados en los bordes y englobados en cristales de esparrita de grano medio.

Fisuras rellenas de arenisca gris

Este tipo de fracturas presentan morfologías planares más o menos irregulares, con anchuras centimétricas. Presentan un relleno de arenisca de grano fino a medio, de coloración gris (amarillento cuando se encuentra alterado).

En lámina delgada (Fig. 2C), presenta granos angulosos de cuarzo monocristalino y policristalino. Contiene también granos de minerales de la arcilla, mica moscovita, clorita y glauconita. La matriz es microesparítica, con algunos cristales poiquilótópicos de calcita.

Fisuras rellenas de arenisca roja

Son fracturas planares que presentan contacto neto entre la roca caja y el relleno. El relleno está formado por arenisca de color rojizo, de grano fino a medio. En lámina delgada (Fig. 2D), abundan los granos angulosos de cuarzo, mono- y policristalino y contiene también granos de glauconita y clorita autígenica (<5%), además de escasos bioclastos (briozoos) que

se encuentran embebidos en cristales de calcita sintaxial. La trama está rodeada de microesparita-micrita de tonos rojos (¿óxidos de hierro?).

Asimismo, se observan cristales de calcita elongados en una dirección preferencial, en cuyos bordes se concentra la micrita enrojecida.

Fisuras rellenas de margas rojas

Estas fisuras presentan formas planares pero también morfologías más equidimensionales, con superficies de aspecto oqueroso. El relleno es margoso con fuertes tinciones rojas. Son comunes los clastos milimétricos a centimétricos de la roca encajante "flotando" en el relleno (Fig. 2E). Ocasionalmente, estos rellenos presentan una laminación observable a simple vista.

En lámina delgada se observa micrita a microesparita de tinción roja y mica detrítica, de textura más o menos masiva. Las laminaciones están formadas por la alternancia de micrita arcillosa rojiza y cristales de calcita angulosa con matriz de micrita y/o esparita de grano fino-medio (Fig. 2F).

Fisuras rellenas de calcita

Son fracturas planares, de contactos netos entre la caliza (roca encajante) y la calcita, que presentan anchuras de hasta 5 cm. Los rellenos son cristales de calcita alargados de gran tamaño, hasta 1,5 mm, que crecen perpendiculares a las paredes de la fractura (Fig. 2G). La calcita muestra varias fases de crecimiento, paralelo a los límites de las fisuras, y algunos monocristales (poiquilotopicos) de tamaño centimétrico.

Fisuras rellenas de calcita y margas rojas

Estas fracturas son una combinación de las anteriormente descritas. Algunas fracturas muestran en la parte exterior calcita y en el interior margas rojas, mientras que otras muestran margas rojas en la parte externa de la fractura y relleno calcítico en el interior (Fig. 2H).

Discusión e Interpretación

Origen tectónico de las fracturas

Debido a la morfología planar de la mayoría de las fisuras, su origen se asocia a fracturación tectónica (e.g., Wall y Jenkyns, 2004; Bodego y Agirrezabala, 2007). Las morfologías más equidimensionales u oquerosas podrían reflejar la ampliación de fracturas tectónicas planares por disolución. Una de las familias de fracturas estudiadas es paralela al eje del anticlinal fallado de Txoritokieta. Esto sugiere que la fracturación fue provocada por el plegamiento (durante el Albiense-sup.-Cenomaniense inf.), mediante la concentración de esfuerzos tensionales (σ_3) en el arco externo del pliegue de manera perpendicular al eje del mismo (Fig. 3; e.g., Dunne y Hancock, 1994; Hatcher, 1995). Ello implica la litificación temprana de la caliza.

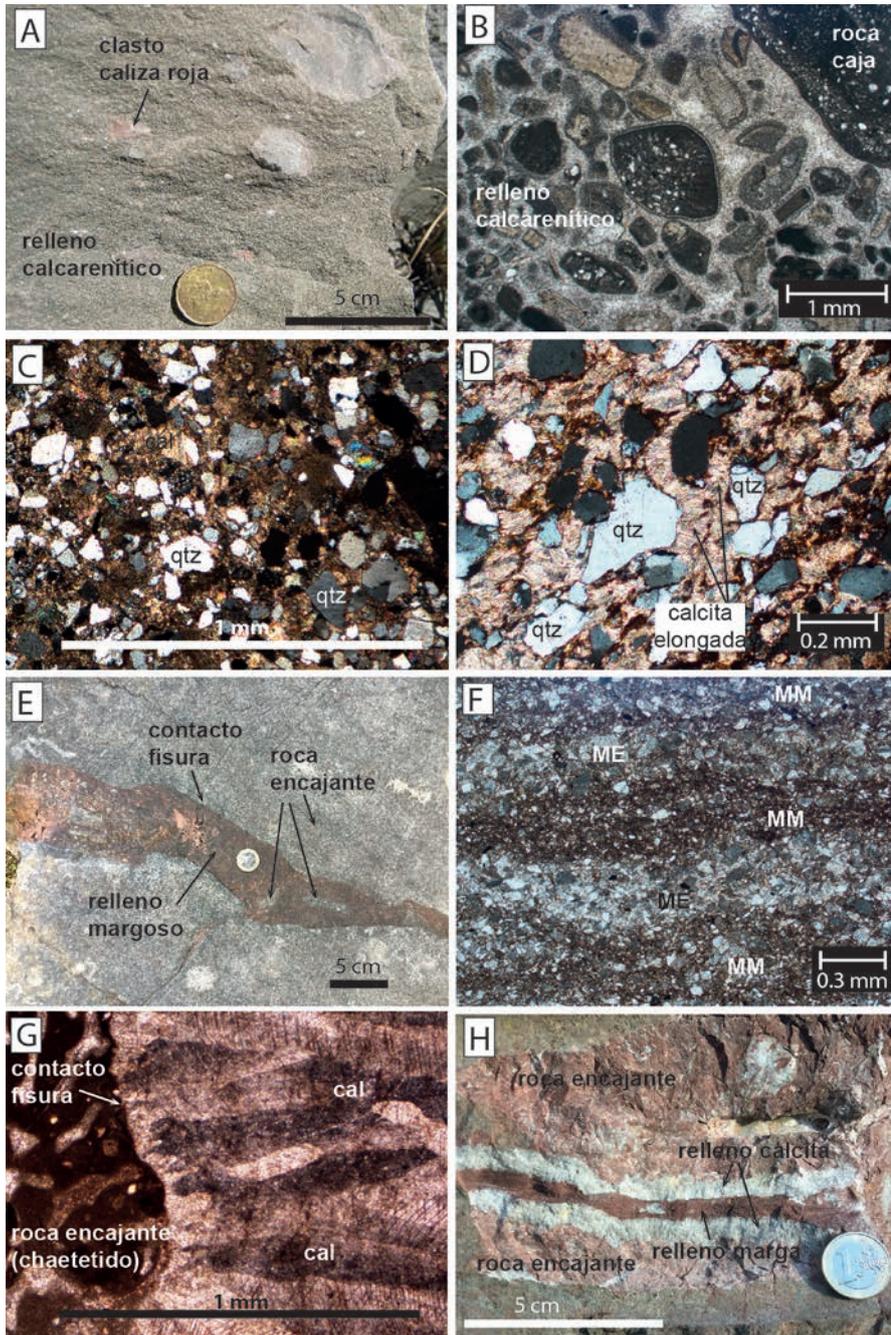


Fig. 2.- Fotografías de los distintos rellenos de las fisuras. A) Fotografía de afloramiento de un relleno de fractura calcarenítico. Nótese las tinciones rojas en algunos clastos de caliza. B) Microfotografía de relleno calcarenítico, con bioclastos englobados en esparita y el contacto con la roca encajante (parte superior derecha). C) Relleno de arenisca gris. D) Relleno de arenisca roja. Nótese la calcita elongada y orientada preferencialmente. E) Relleno de margas rojas, con clastos de la roca encajante "flotando" en el relleno. F) Microfotografía de relleno de margas rojas laminada (MM: matriz micrítica; ME: Matriz microesparítica). G) Microfotografía de grandes cristales de calcita con hábito alargado en contacto con la roca encajante. H) Fotografía de afloramiento de relleno combinado de calcita con margas rojas. Ver figura en color en la web.

Fig. 2.- Photographies of fissure fills. A) Outcrop photograph of calcarenitic fill of a fracture. Note the red limestone clasts. B) Microphotograph of calcarenitic fill, with bioclasts embedded in sparite and the contact with the host limestone (upper right hand). C) Greyey sandstone fill. D) Red sandstone fill. Note the elongate and preferential orientation of the calcitic crystals. E) Reddish marl fill, with host limestone clasts floating in the fill. F) Microphotograph of a laminated redish marl. G) Microphotograph of large calcitic crystals of a calcite fill, elongated and perpendicular to fracture walls. H) Outcrop photograph of a combined fissure fill with calcite and reddish marl. See color figure in the web.

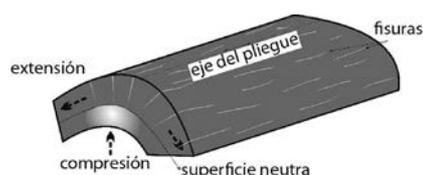


Fig. 3.- Esquema sintético de la formación de fisuras tensionales por plegamiento.

Fig. 3.- Sketch of the formation of tension fractures in a fold.

Origen del relleno de las fracturas

A excepción de las fisuras rellenas de calcita, el resto de los rellenos presentan aporte de sedimento detrítico: bioclastos de plataforma marina somera en el caso del relleno calcarenítico (Fig. 2B) (algas rojas, orbitolinas, bivalvos, etc.) y arena de cuarzo monocristalino y policristalino (fragmentos de roca) con escasos bioclastos (briozoos) que indican su procedencia de un sistema siliciclástico/carbonatado marino somero (Fig. 2C). Estos rellenos son semejantes a los sedimentos de la Fm. Oiartzun del área: sedimentos de plataforma carbonatada somera y de *braidplain* delta (Bodego *et al.*, 2015). Esto sugiere que la fracturación de la roca caja debió de producirse durante el depósito de la Fm. Oiartzun, descartando rellenos posteriores, ya que la sedimentación en el área de estudio a partir del Cenomaniense inferior cambió a margas hemipelágicas (Bodego *et al.*, 2018).

Sin embargo, la mayoría de los rellenos muestran mineralogías y texturas que sugieren recristalización y/o reemplazamiento del material (sedimentario) original. Estos rasgos sugieren la circulación de fluidos, probablemente hidrotermales, a través de estas fisuras. El ejemplo más claro son los rellenos de calcita que cementan espacios creados por la apertura de las fisuras. La formación de grandes cristales calcíticos macrados y poiquilótípicos (Fig. 2G) sugiere condiciones de temperaturas elevadas. La calcita que crece perpendicular a las paredes de las fracturas a lo largo de varias fases de crecimiento indican su precipitación durante distintos eventos extensivos a lo largo de la fase de deformación (plegamiento cretácico). Estos datos, junto con la presencia de hematites (Damas-Mollá, 2011), sugieren un posible origen hidrotermal.

Asimismo, el gran parecido composicional de los dos tipos de rellenos de areniscas, grises y rojizos, hace pensar en el mismo origen para ambos (relleno de arenas) y que fluidos posteriores que transportaban óxidos de hierro sólo atravesaron las fracturas que actualmente se observan enrojecidas. Sin embargo, estos fluidos no pudieron ser muy posteriores al relleno de las fisuras, dada

la presencia de calcita elongada y orientada, preferencialmente cementando las areniscas enrojecidas (Fig. 2D), que parece indicar su precipitación y crecimiento durante la fase de extensión.

En el caso de las fracturas rellenas de calcita de grano grueso en la parte externa y margas rojas en la parte interior (Fig. 2H), éstas indicarían i) sucesivas fases o pulsos de extensión y ii) que posteriormente a la precipitación de la calcita, la fisura volvió a abrirse y ser rellena de material detrítico.

Por último, la presencia de clastos de caliza encajante gris y roja en uno de los rellenos calcareníticos (Fig. 2A) sugiere: i) que la roca encajante ya tenía esa coloración cuando se relleno la fractura o ii) que fluidos hidrotermales ricos en óxidos de hierro impregnaron el relleno, afectándolo de manera desigual.

Considerando los argumentos presentados en conjunto, se interpreta que flujos hidrotermales sintectónicos (de probable origen profundo y ricos en CaCO₃ y Fe) modificaron la petrología de los rellenos sedimentarios durante el Cretácico medio.

Interacción entre fracturación y circulación de fluidos

De los datos presentados se puede inferir la interacción entre la fracturación tectónica, la sedimentación y la circulación de fluidos hidrotermales debido a: (1) la sedimentación de la Fm. Oiartzun coetánea a la formación de un pliegue forzado anticlinal; (2) la rápida litificación de la roca encajante (caliza de plataforma somera), y su fracturación por esfuerzos extensivos en el arco externo del pliegue; (3) el relleno por sedimento calcarenítico/arenoso/margoso de las fisuras en contacto con la superficie marina y (4) el flujo de fluidos hidrotermales de origen profundo a través de las fracturas y/o del relleno no litificado.

La presencia de fracturas que combinan distintos tipos de rellenos sugiere que distintos procesos de los enunciados se dieron de manera coetánea, por lo que se interpreta que la fracturación, el relleno y la circulación de fluidos ocurrieron durante la formación del anticlinal. Un contexto similar de formación de fracturas y flujo de fluidos debido a plegamiento ha sido descrito en el Cretácico medio-Superior del margen oeste de la CVC (Iriarte *et al.*, 2012).

Conclusiones

En este trabajo se han identificado fracturas con 6 tipos de rellenos en las calizas Albiense-Cenomanienses del monte Txori-

tokieta: 4 rellenos sedimentarios (clacarenitas, arenas y margas), 1 relleno de calcita y 1 relleno mixto (sedimento y calcita). Las fisuras se crearon por fracturación de la roca encajante debido a su plegamiento y se formaron cerca de la superficie, lo que provocó su relleno por sedimento suprayacente. Las fracturas facilitaron la circulación de fluidos hidrotermales, mineralizando los rellenos de las fisuras y la roca encajante. El estudio tecto-sedimentario indica que la circulación de fluidos ocurrió de manera coetánea a la sedimentación de la Fm. Oiartzun, durante el Albiense sup.-Cenomaniense inf.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por los proyectos EHUA15/18 (UPV/EHU) y CGL2014-52096-P (MINECO). Queremos agradecer las correcciones y sugerencias de los revisores Cristino Dabrio e Idoia Rosales y a los editores Óscar Pueyo y Manuel Díaz-Azpiroz.

Referencias

- Bates, R.L. y Jackson, J.A. (1980). *Glossary of Geology*. American Geological Institute, Washington, D.C., U.S.A. 416pp.
- Bodego, A. y Agirrezabala, L.M. (2007). *Geogaceta* 41, 27-30.
- Bodego, A., Iriarte, E., Agirrezabala, L.M., García-Mondéjar, J. y López-Horgue, M.A. (2015). *Cretaceous Research* 55, 229-261.
- Bodego, A., Iriarte, E., López-Horgue, M.A. y Álvarez, I. (2018). *Marine and Petroleum Geology* 91, 667-682.
- Damas-Mollá, L. (2011). *Las calizas rojas de Ereño: facies, mineralización y diagénesis. Patrimonio geológico-histórico de Bizkaia*. Tesis Doctoral, UPV/EHU, 313 p.
- Damas-Mollá, L., Zuluaga, M.C., Aranburu, A. y García-Garmilla, F. (2008). *Macla* 9, 77-78.
- Dunne, W.M. y Hancock, P.L. (1994). En: *Continental Deformation* (Hancock, P.L., Ed.). Pergamon Press, 101-120.
- Garrote, A., García-Portero, J., Muñoz, L., Fernández-Carrasco, J., Cerezo, A., Tijero, F. y Zapata, M. (1990). *Hoja de San Sebastián.64-II. Mapa geológico del País Vasco 1:25.000*. EVE, Bilbao.
- Hatcher, R. D. (1995). *Structural Geology: Principles, Concepts and Problems*. 2nd edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 525 pp.
- Iriarte, E., López-Horgue, M.A., Schroeder, S. y Caline, B. (2012). *Geological Society, London, Special Publication* 370(1), 207-227.
- Wall, G.R. y Jenkyns, H.C. (2004). *Geological Magazine* 141, 471-504.