

Influencia del crecimiento de anticlinales salinos en un sistema de *braidplain delta* del Cretácico medio: Formación Oiartzun, margen NE de la Cuenca Vasco-Cantábrica

Influence of salt-antiform growth on a mid-Cretaceous braidplain delta system: Oiartzun Formation, NE margin of the Basque-Cantabrian Basin

Arantxa Bodego¹, Eneko Iriarte² y Mikel A. López-Horgue¹

¹ Estratigrafía eta Paleontología Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU), 48940 Leioa, Bizkaia. arantxa.bodego@ehu.eus; mikel.lopezhorgue@ehu.eus

² Laboratorio de Evolución Humana, Dpto. de Historia, Geografía y Comunicación, Universidad de Burgos, 09001 Burgos. eiriarte@ubu.es

ABSTRACT

The siliciclastic and carbonate deposits of the upper Albian to lower Cenomanian Oiartzun Formation, which crop out to the southeast of Donostia-San Sebastián (NE margin of the Basque-Cantabrian Basin), record the evolution of the coeval growth of salt-influenced forced-folds (anticlines), in an extensional rifting context. Facies analysis indicates the distinct spatial distribution of sedimentary environments in a braidplain delta depositional system over a relatively reduced area, due to the syndepositional growth of the Txoritokieta and Oiartzun forced-folds. The growth of these folds conditions the depositional relief and impact not only in the facies distribution but also in stratigraphic thicknesses in the fold limbs.

Key-words: rifting, salt-tectonics, Oiartzun Formation, braidplain delta, Basque-Cantabrian Basin

RESUMEN

Los depósitos siliciclásticos y carbonatados de la Formación Oiartzun (Albiense superior-Cenomaniense inferior) al sureste de Donostia-San Sebastián (margen NE de la Cuenca Vasco-Cantábrica) registran la evolución de la formación de pliegues forzados causados por la tectónica salina coetánea dentro de un contexto de rifting. El análisis de facies indica la localización espacial de distintos ambientes sedimentarios dentro de un sistema deposicional de tipo braidplain delta en un espacio relativamente reducido debido a la evolución y formación de los antiforques de Txoritokieta y Oiartzun. Asimismo, el crecimiento de estos pliegues modifica el relieve deposicional, condicionando notablemente el espesor estratigráfico sobre cada uno de los flancos.

Palabras clave: rifting, tectónica salina, Formación Oiartzun, braidplain delta, Cuenca Vasco-Cantábrica

Geogaceta, 66 (2019), 39-42
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 1 de febrero de 2019
Revisión: 25 de abril de 2019
Aceptación: 24 de mayo de 2019

Introducción

En cuencas sedimentarias de tipo *rift* que contienen abundantes depósitos salinos y/o arcillosos se desarrollan habitualmente estructuras halocinéticas sinsedimentarias (anticlinales, antiforques, *salt walls*, etc.; e.g., Rowan *et al.*, 2004; Martín-Martín *et al.*, 2017). La evolución de estas estructuras puede generar mini-cuencas, en las que se registran los sedimentos sintectónicos (e.g., Ribes *et al.*, 2018). En estos contextos, además del estudio estructural, el análisis detallado de estos sedimentos permite dilucidar y acotar los movimientos halocinéticos tanto en du-

ración como en intensidad (e.g., Giles y Rowan, 2012).

En este trabajo presentamos el estudio sedimentológico de la Formación Oiartzun (Garrote *et al.*, 1990; Bodego, 2011; Bodego *et al.*, 2015) al este de Donostia-San Sebastián (Gipuzkoa), para interpretar los ambientes deposicionales y su distribución espacial durante la formación de antiforques forzados de origen halocinético.

Contexto geológico

El área de estudio (Fig. 1) se encuentra en el margen oriental de la Cuenca Vasco-Cantábrica, al norte del macizo de Bortzi-

riak-Cinco Villas, cuyo basamento está compuesto principalmente por materiales paleozoicos y triásicos (facies Buntsandstein). Durante las fases de *rifting* mesozoico y post-*rift* mesozoico-cenozoico, los bloques subsidentes se rellenaron de sedimentos, incluyendo importantes acumulaciones de facies Keuper durante el Triásico Superior, posteriormente invertidos durante la Orogenia Alpina.

Los materiales estudiados pertenecen a la Fm. Oiartzun al sureste de Donostia-San Sebastián. Los afloramientos son reducidos y están fuertemente tectonizados debido a la Orogenia Alpina. Su edad es Albiense superior-Cenomaniense inferior. Reposan en

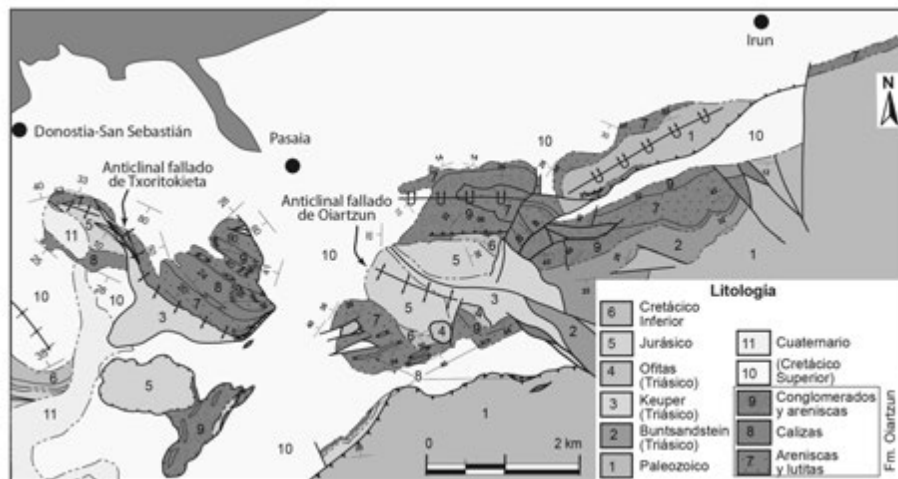


Fig. 1.- Mapa geológico con indicación de los afloramientos de la Fm. Oiartzun al sureste de Donostia-San Sebastián. Ver figura en color en la web.

Fig. 1.- Geological map of the Oiartzun Fm. outcrops to the southeast of Donostia-San Sebastián. See color figure in the web.

disconformidad sobre materiales de distinta edad, desde el Paleozoico hasta el Aptiense, y están limitados a techo por una discordancia angular (Bodego *et al.*, 2015).

El área de estudio registró una intensa tectónica salina sinsedimentaria durante el depósito de la Fm. Oiartzun. Bodego *et al.* (2018) describen la presencia de fallas normales de basamento activas durante el Albiense-Cenomaniense, de orientación NO-SE, E-O y NE-SO. La actividad de estas fallas bajo esfuerzos tensionales provocó el movimiento y migración de los materiales arcillosos del Triásico (facies Keuper) subyacentes, generando pliegues antiformes (pliegues forzados) sobre las fallas del basamento. Materiales del Cretácico Superior (Cenomaniense medio-Santonense) fosilizan los pliegues forzados, por lo que su formación se limita al Albiense superior-Cenomaniense inferior.

En el área son dos los pliegues forzados descritos: los anticlinales de Txoritokieta y Oiartzun (Fig. 1). Estos pliegues presentan un registro de la Fm. Oiartzun distinto en cada flanco, tanto en espesor como en facies sedimentarias. En el flanco SO del anticlinal de Txoritokieta la Fm. Oiartzun está representada únicamente por una serie de 170 m de calizas, mientras que en el flanco NE la potencia total asciende a 830 m de sedimentos calizos y terrígenos. El anticlinal de Oiartzun presenta un espesor de hasta 260 m de materiales terrígenos (principalmente areniscas) con intercalaciones de calizas en su flanco SO, mientras que el flanco noreste muestra espesores de hasta 500 m en el que predominan los conglomerados.

Análisis de facies

En la Fm. Oiartzun se han reconocido cuatro asociaciones de facies en el área estudiada, cada una de las cuales es atribuible a un subambiente diferente de un sistema *braidplain delta*:

Asociación de facies 1

Aflora en mayor medida en la parte más oriental, al norte del pliegue de Oiartzun, y en menor medida en el flanco NE de Txoritokieta.

Se compone de conglomerados y areniscas intercaladas, y ocasionalmente lutitas. Son ortoconglomerados de moderada selección con un tamaño de grano de 2-4 cm (en ocasiones de hasta 14 cm), bien redondeados. Presentan una matriz arenosa de grano medio-grosso. Las capas son de hasta 1,5 m, con bases cóncavas y erosivas, y muestran estratificación horizontal, con cantos imbricados (hacia N252°E; Fig. 2A) o bien un carácter masivo. Las areniscas son de grano medio a grueso y presentan estratificación cruzada en surco (sets de 5-30 cm) o una apariencia masiva. Las paleocorrientes de las estratificaciones cruzadas indican una amplia dispersión (media hacia N107°E; Fig. 2b), incluso sentidos opuestos. Se han reconocido trazas fósiles de *Ophiomorpha* igen., moldes externos de bivalvos y abundantes restos vegetales de tamaño centimétrico.

Se interpretan como rellenos multiépisódicos de canales distribuidores amalgamados de ríos trenzados sobre una llanura

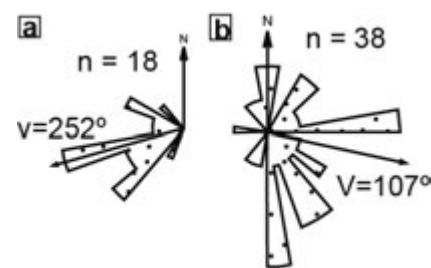


Fig. 2.- Paleocorrientes de la Fm. Oiartzun. A) Paleocorrientes en cantos imbricados de conglomerados. B) Paleocorrientes de estratificaciones cruzadas en areniscas.

Fig. 2.- Paleocurrents of the Oiartzun Fm. A) Paleocurrents of imbrications in conglomerates. B) Paleocurrents in cross stratification in sandstones.

deltaica (proximal). Los conglomerados se interpretan como depósitos de corrientes fluviales en momentos de avenida, con aporte general hacia el oeste. Las areniscas se corresponden con la parte final del relleno bajo un influjo mareal (corrientes bidireccionales y fósiles marinos como *Ophiomorpha* igen.).

Asociación de facies 2

Esta asociación es muy expansiva y aflora en los alrededores del flanco NE del anticlinal de Txoritokieta, así como en el flanco SO del anticlinal de Oiartzun y en el extremo NE de los afloramientos. Se compone de dos facies. La facies areniscas bioturbadas presentan tamaño de grano medio-grosso y cantos de grava dispersos, con bases de arenisca de grano muy grueso a grava y con imbricaciones. Se presentan fuertemente bioturbadas (*Ophiomorpha* igen. y *Skolithos* igen.), con porosidad mólida (orbitolinas y bivalvos disueltos), pero localmente se reconoce estratificación cruzada de media escala en capas de hasta un metro de espesor.

Son depósitos formados por flujos energéticos expansivos en condiciones marinas someras con formas de lecho móviles (dunas). La presencia de *Skolithos* igen. (Seilacher, 1967) es indicativa de batimetrías intermareales.

La facies areniscas y lutitas arenosas se compone de areniscas de grano fino-medio, localmente limosas y micáceas (grauvacas) con estratificación horizontal y cruzada de surco de pequeña a media escala, en capas de 5-30 cm y bases planas. Cantos lutíticos de tamaño grava marcan la estratificación horizontal. Las lutitas arenosas no muestran organización interna. Localmente pueden

presentar capas de paraconglomerados de hasta 2 m de potencia con matriz arenosa. Son abundantes las trazas de *Ophiomorpha* igen. o *Thalassinoides* igen., orbitolinas y abundantes restos vegetales detríticos.

Esta asociación de facies se interpreta como depositada en un ambiente de frente deltaico, con flujos energéticos y arenosos con formación y migración de *ripples* y dunas de pequeña escala, intensa actividad orgánica (bioturbación) y episodios de avenidas que depositarían las gravas (conglomerados) y erosionarían el substrato dando cantos lutíticos.

Asociación de facies 3

Se presenta en un único afloramiento al norte del anticlinal de Txoritokieta (flanco NE). Se compone de lutitas masivas, brechas de cantos y matriz lutíticos y ocasionalmente debritas. Representan el depósito de material fino por decantación, así como por resedimentación (*debris flow*), lo que sugiere la presencia de una pendiente (talud) que causaría la inestabilidad de los sedimentos semiconsolidados. Dichas características indican un ambiente de prodelta.

Asociación de facies 4

Aflora principalmente en el flanco NE del pliegue de Txoritokieta (250 m), de manera muy reducida en su flanco NO y al SO del pliegue de Oiartzun. Está constituida por discretos lentejones calizos de espesor decamétrico en transición lateral a materiales terrígenos. Las calizas muestran tinciones rojas, y en las mismas se reconocen varios tipos de facies. Calizas *wackestone-boundstone*: presentan orbitolinas, algas rojas, placas de equinodermos, rudistas, ostreidos, otros bivalvos, esponjas y corales masivos, embebidos en una matriz micrítica. Contienen granos de cuarzo de tamaño limo-arena. Las margas son muy arenosas y contienen conchas de ostreidos de pequeño tamaño dispersas; aparecen en litosomos de espesor centimétrico y extensión lateral decamétrica a hectométrica.

Estas calizas representan depósitos de plataformas carbonatadas someras, formadas dentro de la zona fótica. La abundancia de micrita sugiere ambientes sedimentarios de baja energía. Las margas sugieren áreas ligeramente más profundas y/o periodos de elevados aportes terrígenos que inhibirían el desarrollo de algunos organismos (e.g.,

escasa producción de micrita). Las pequeñas dimensiones de los litosomos carbonatados sugieren su implantación y desarrollo en áreas relativamente elevadas con menor influjo terrígeno. Sus reducidas dimensiones y espesores serían el reflejo de condiciones poco favorables a la producción carbonatada debido al influjo de sedimentos terrígenos.

Facies *wackestone*: contienen orbitolinas, rudistas, algas rojas articuladas, corales masivos y ramosos, bivalvos, ostreidos, esponjas (Chaetétidos), placas de equinodermo, gasterópodos, miliólidos y foraminíferos bentónicos biseriados. Localmente los rudistas y corales aparecen relativamente enteros, pero no en posición de vida (*rudstone*). Esta facies es relativamente arenosa, en particular en la parte baja de la unidad, con granos de cuarzo de hasta 2 mm. La bioturbación es localmente importante.

Esta facies caliza se interpreta como depositada en una plataforma carbonatada de baja energía y escaso transporte (algas rojas articuladas), a excepción de los depósitos *rudstone*, indicativos de ambientes más energéticos, pero de baja capacidad de transporte y escaso retrabajamiento (rudistas enteros).

Calizas *packstone* arenosas: están compuestas por orbitolinas, fragmentos de rudistas, algas rojas, esponjas, corales, bivalvos, ostreidos, foraminíferos bentónicos biseriados y placas de crinoideos y equinodermos. Presentan gran cantidad de arena de tamaño medio grueso.

Representan un ambiente de plataforma carbonatada de energía moderada, con grandes aportes de contaminación terrígena.

En general, esta asociación representa subambientes de plataforma carbonatada somera, de salinidad normal pero con importante aporte de material siliciclástico, indicando la presencia de aguas turbias en zonas más deprimidas, y su cercanía al continente.

Modelo deposicional y control tectónico

Los materiales que afloran entre Irún y el anticlinal de Txoritokieta se encuentran confinados a un surco de orientación aproximada este-oeste (Fig. 3). En la parte más oriental, al norte del anticlinal de Oiartzun, afloran de manera exclusiva los materiales de llanura deltaica y frente deltaico, en com-

paración con la parte más occidental (anticlinal de Txoritokieta) y suroccidental (flanco SO del anticlinal de Oiartzun), donde predominan y/o se intercalan materiales de plataforma carbonatada entre materiales de frente deltaico y llanura deltaica. Las facies correspondientes al prodelta se limitan a la zona más septentrional, al norte del pliegue de Txoritokieta.

Los datos de paleocorrientes indican sentidos de dispersión general de N252°E, relativamente confinados, indicativos de flujos unidireccionales predominantes. Asimismo, las paleocorrientes que presentan bidireccionalidad en las areniscas, pese a presentar mayor dispersión, tienen una dirección media de N107°E, que apoya la interpretación de un surco confinado con orientación este-oeste en el que las mareas retrabajarían el sedimento arenoso hacia el continente (al este), en periodos de menor influencia fluvial (e.g., Fernández *et al.*, 1988).

La alta esfericidad de los granos se atribuye a que sean materiales heredados de conglomerados triásicos (facies Buntsandstein), por lo que su esfericidad no implica grandes distancias de transporte, ya que podrían ser erosionados de macizos cercanos. El área fuente de estos materiales estaría al sur-sureste, en el macizo de Bortziariak, cuyos materiales serían rejuvenecidos por la actividad de las fallas normales de basamento (fallas de Ereñozu y Aritxulegi; Bodego *et al.*, 2018). Estos materiales, tras ser transportados de sur a norte, serían retrabajados en el surco de orientación este-oeste (*braidplain delta*), tal y como lo indican las paleocorrientes. Igualmente, el área al norte-noreste de los afloramientos podría ser otra área fuente, ya que el macizo de Las Landas estaría emergido durante el Albiense superior (Razin, 1989).

Además de las fallas que limitaban el macizo paleozoico, la formación sinsedimentaria de los pliegues NO-SE controló la distribución de las facies. Así, la creación de altos topográficos en las zonas de charnela junto a áreas subsidentes adyacentes en las zonas de sinclinal, actuarían de barrera para la dispersión de los materiales siliciclásticos más groseros, atrapándolos en el flanco noreste del pliegue de Oiartzun. La sedimentación de material menos grosero mediante flujos menos energéticos en el flanco suroeste del anticlinal permitió la sedimentación carbonatada en pequeños parches, cuando la dinámica costera lo permitía.

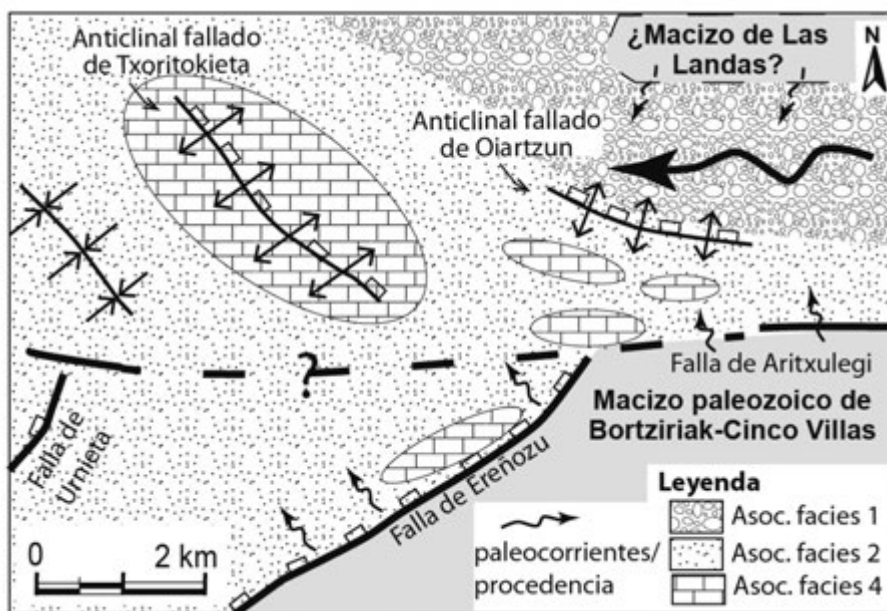


Fig. 3.- Esquema tectosedimentario del área de estudio durante el Albiense superior-Cenomaniense inferior, con distribución de las facies terrígenas y carbonatadas de la Fm. Oiartzun. Nótese la influencia de las estructuras sinsedimentarias salinas en su distribución.

Fig. 3.- Tectosedimentary sketch of the study area during the upper Albian to lower Cenomanian, with terrigenous and carbonate facies distribution due to the synsedimentary growth of salt-antiforms.

Asimismo, el pliegue de Txoritokieta influyó en la sedimentación. Además del cambio de espesores en los flancos, la formación del anticlinal y su elevación topográfica permitió el desarrollo de plataformas carbonatadas de hasta 250 m de espesor en su charnela, debido a que esta área quedaría más elevada, y por lo tanto, relativamente libre de aportes terrígenos provenientes del este (Fig. 3).

Conclusiones

Se ha realizado el estudio sedimentológico de la Fm. Oiartzun al este de Donostia-San Sebastián. El análisis de facies indica distintos ambientes deposicionales, dentro de un sistema de *braidplain delta*, influenciado por la tectónica extensional que provocó la creación de pliegues forzados por halocinesis que controlaron la sedimentación del área.

La elevación topográfica provocada por el crecimiento de los pliegues forzados actuó como barrera para la distribución de

materiales siliciclásticos groseros, permitiendo el desarrollo de plataformas carbonatadas en lugares más elevados y/o protegidos de los aportes siliciclásticos gruesos. La posición distal respecto al influjo de los aportes terrígenos principales y la constante elevación del anticlinal de Txoritokieta permitió la formación y evolución de una plataforma carbonatada de extensión hectométrica a kilométrica rodeada por un entorno siliciclástico.

Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por una beca del Gobierno Vasco (BFI05.398), los proyectos CGL2006-05491/BTE, CGL2009-08545 y CGL2014-52096-P (MINECO), EHUA15/18, EHU06/62 y UNESCO06/03 (UPV/EHU) y financiación del grupo consolidado IT-1029-16 del Gobierno Vasco y el proyecto 312117RECQ (TOTAL S.L.). Queremos agradecer las correcciones y sugerencias de Marcos Aureli y de un revisor anónimo.

Referencias

- Bodego, A. (2011). *Evolución tectosedimentaria durante el Cretácico medio del borde noreste de la cuenca Vasco-Cantábrica (Pirineo occidental)*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco (UPV/EHU), 319 p.
- Bodego, A., Iriarte, E., Agirrezabal, 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.
- Fernández, L.P., Agueda, J.A., Colmenero, J.R., Salvador, C.I. y Barba, P. (1988). En: *Fan deltas: Sedimentology and Tectonic Setting* (W. Nemeck y R.J. Steel, Eds.). Blackie, London, 286-302.
- Garrote, A., García-Portero, J., Muñoz, L., Fernández-Carrasco, J., Cerezo, A., Tijero, F. y Zapata, M. (1990). *Mapa geológico del País Vasco 1:25.000. Hoja de San Sebastián.64-II*. EVE, Bilbao.
- Giles, K.A. y Rowan, M.G. (2012). En: *Salt Tectonics, Sediments and Prospectivity* (G.I. Alsop, S.G. Archer, A.J. Hartley, N.T. Grant y R. Hodgkinson, Eds.). Geological Society, Special Publications, London 363, 7-31.
- Martín-Martín, J.D., Vergés, J., Saura, E., Moragas, M., Messager, G., Baqués, V., Razin, P., Grélaud, C., Malaval, M., Jousiaume, R., Casciello, E., Cruz-Orosa, I. y Hunt, D.W. (2017). *Tectonics* 36, 2-32.
- Razin, P. (1989). *Évolution tecto-sédimentaire alpine des Pyrénées Basques a l'ouest de la transformante de Pamplona (Province du Labourd)*. Tesis Doctoral, Univ. de Bordeaux III, 464 p.
- Ribes, C., López, M., Kergaravat, C., Cru-meyrolle, P., Poisson, A., Callot, J.P., Paquette, J.L. y Ringenbach, J.C. (2018). *Marine and Petroleum Geology* 93, 468-496.
- Rowan, M.G., Peel, F.J. y Vendeville, B.C. (2004). En: *Thrust tectonics and hydrocarbon systems* (K.R. McKlay, Ed.). AAPG Memoir, Tulsa, 157-182.
- Seilacher, A. (1967). *Marine Geology* 5, 413-428.