

# El modelo de bajío calcarenítico de Aramendia (Cenomaniense inferior, Estella-Lizarra, Navarra)

*The Aramendia calcarenite-shoal model (early Cenomanian, Estella-Lizarra, Navarra)*

M. A. López-Horgue, P. A. Fernández-Mendiola y J. García-Mondéjar.

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea. Apartado 644, 48080 Bilbao.

## ABSTRACT

*A detailed mapping of the Zufia Formation near Estella-Lizarra (Navarra) has led to the discovery of a shallow-water marine carbonate-terrigenous unit of early Cenomanian age. The Aramendia unit consists basically of calcarenites. Facies analysis, lateral and vertical distribution are used to build a sedimentary model of a carbonate shoal. The calcarenitic shoal separates two principal domains: 1/ to the south, a back-shoal trough with calcarenitic material exported from the shoal and terrigenous input derived from the terrestrial hinterland, and 2/ a deeper fore-shoal trough with marly sedimentation and occasional intercalation of shoal derived beds. This fore-shoal area is devoid of terrigenous input after the shoal-barrier effect. A tectonic control influenced the foundation of the shoal on a structural paleohigh.*

**Key words:** carbonate shoal, sedimentary model, tectonic control, lower Cenomanian, Estella-Lizarra, Spain.

*Geogaceta*, 24 (1998), 191-194  
ISSN: 0213683X

## Introducción

Los sistemas calcareníticos son actualmente objeto de especial atención, entre otras cuestiones, por lo que concierne a su origen y significado (Tucker y Wright, 1990). Estos sistemas pueden ser generados *in situ* en plataformas y rampas someras, o bien pueden formarse resedimentados en medios de talud o cuenca relativa (Burchette y Wright, 1992).

En la Cuenca Vasco-Cantábrica son típicos los ejemplos de calcarenitas de plataforma: rampas urgonianas aptiense-albienses, de dimensiones hectométricas (e. g. Calcarenitas de Peñalba, Aranburu, 1998); grandes plataformas calcareníticas del Cretácico superior, de dimensiones kilométricas (e. g. Coniaciense de la región Navarro-Cántabra, Amiot, 1982); y plataformas someras del Eoceno de Navarra, de dimensiones medias (Payros, 1997).

En este trabajo se caracteriza por vez primera un sistema de plataforma somera calcarenítica del Cenomaniense inferior, generado en una fase de transgresión general en la cuenca. Aunque no es de gran dimensión (unos pocos km), presenta cinturones de facies bien desarrollados.

## Contexto geológico

El diapiro de Estella-Lizarra se presenta como accidente principal de la zona

de estudio; se integra en una lineación estructural con otros diapiros, configurando la llamada falla de Pamplona, límite SE de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Fig. 1). A favor de este diapiro se desarrolló una estructura de plegamiento denominada Domo de Zufia (Pflug, 1967). Las calcarenitas objeto de estudio afloran en los límites externos de esta estructura, en el Valle de Allín (Fig. 2).

El Albiense superior-Cenomaniense inferior de la zona de estudio se integra en la Formación Zufia (García-Mondéjar, 1982), constituida por lutitas y limolitas calcáreas principalmente, además contener areniscas en su parte inferior y dos discretos episodios intercalados de calizas someras (López-Horgue *et. al.* en revisión). El más importante de estos cuerpos carbonatados, las calcarenitas de Aramendia, constituye el litosoma de techo de la mencionada formación, objetivo principal de este trabajo. Presenta buenos afloramientos en las localidades de Metauten, Aramendia y Larrión, y dibuja perfectamente el contorno exterior de la estructura domal de Zufia (Fig. 2).

## Estratigrafía y divisiones del sistema

La serie infrayacente de las calcarenitas está compuesta por los términos superiores de la serie general de limolitas calcáreas de la formación Zufia; en esta altu-

ra estratigráfica, la serie se hace más margosa, ganando en carbonato cálcico y perdiendo contenido terrígeno. Entre estas margas se observan nodulos carbonatados que han proporcionado una fauna de ammonites que data claramente el Cenomaniense inferior (López-Horgue *et. al.*, en revisión).

La base de las calcarenitas es neta. En Metauten descansan sobre una superficie erosiva a techo de las margas infrayacentes. En Aramendia, también con base brusca, no se observan facies margosas intermedias previas. En Larrión, reposan sobre un contacto erosivo en la serie margosa.

El sistema calcarenítico presenta cambios laterales de espesor desde un mínimo de 30 m a un máximo cercano a 100 m. Asimismo, las facies de calcarenitas cambian lateralmente, en función de la distribución ambiental, a facies arenosas y margosas.

En las secciones de Metauten y Aramendia, así como en las cercanías de Zubielki, las calcarenitas ofrecen una rica fauna de foraminíferos bentónicos, entre los que se han reconocido: *Orbitolina* (*Mesorbitolina*) *aperta* (Erman), *O.* (*Orbitolina*) *gr. sefini-duranddelgai*, *O.* (*Conicorbitolina*) *cuvillieri* (Moullade), *O.* (*C.*) *conica* (D'Archiac) y *Daxia cenomana* Cuvillier y Szakall; esta asociación indica claramente una edad Cenomaniense inferior.

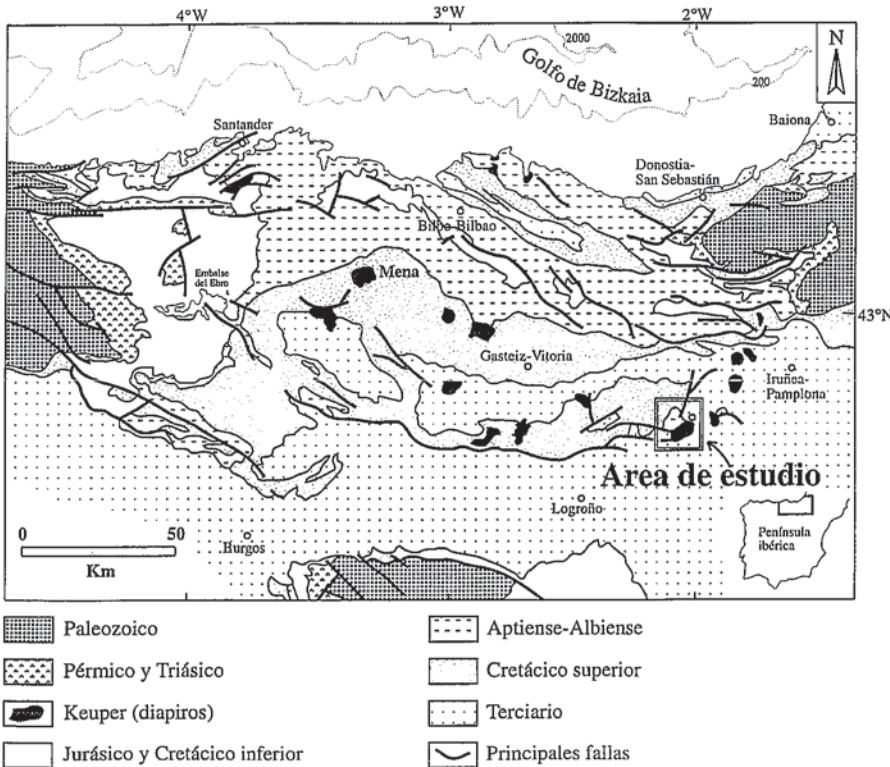


Fig. 1- Mapa geológico simplificado de la Cuenca Vasco-Cantábrica y situación de la zona de estudio, cerca de Estella-Lizarra.

Fig. 1- Simplified geological map of the Basque-Cantabrian Basin and location of the studied area, near Estella-Lizarra.

El techo de las calcarenitas es también neto, representando una rápida recuperación de las facies margosas: margas grises sin fracción terrígena de limo o arena, que alternan con margocalizas nodulosas hacia tramos superiores de la serie. Se integran en la formación Ollogoyen (Amiot, 1982). Estos materiales han suministrado los ammonites *Calycoceras* cf. *boulei* Collignon y *C.* cf. *asiaticum* (Jimbo), así como los foraminíferos planctónicos *Rotalipora reicheli* Mornod y *R. appenninica* (Renz), faunas que apoyan una edad Cenomaniense medio (Wiedmann, 1979).

Se distinguen tres cinturones de facies dibujando un sistema de polaridad noreste (Fig.3): a/ calcarenitas puras en Aramendia, b/ cinturón meridional de calcarenitas bien segregadas con margas y areniscas en Metauten y c/ cinturón septentrional de calcarenitas bien segregadas entre margas sin contenido arenoso en Larrion. Estos rasgos indican facies más distales hacia el norte y más proximales hacia el sur, separadas por una barrera de tipo bajo (*shoal*).

**Cinturón de facies de bajo ("shoal").**

Presenta su sección-tipo en Aramendia, con afloramientos que no sobrepasan dos kilómetros de extensión lateral.

Consta de 30m de calcarenitas bioclásticas con un contenido en arena fina y limo que no sobrepasa el 10 %, dispuestas en una secuencia general granocreciente. Los bioclastos son fragmentos de equínidos, algas rojas, orbitolínidos y bivalvos.

La parte inferior se dispone de manera neta sobre las margas infrayacentes y se compone de calcarenitas de grano fino con estratificación horizontal. La parte media contiene calcarenitas de grano grueso dispuestas en un set de estratificación cruzada de acreción lateral de 10 m de espesor, dispuesto sobre una superficie erosiva. Las calcarenitas de la parte superior contienen bioclastos de tamaño gránulo y arena de grano grueso, así como intraclastos; forman sets de estratificación cruzada que no sobrepasan 50 cm de espesor, amalgamados, con superficies erosivas cóncavas hacia arriba. Estas características sugieren estratificación de tipo hummocky amalgamada (Cheel y Leckie, 1993).

El techo de la serie es neto sobre las calcarenitas, disponiéndose margas grises de la serie superior.

Estas características sugieren que las calcarenitas se formaron en una zona de *shoal* marino sometido a la acción de oleaje intenso. La tendencia general granocreciente sugiere el crecimiento progresivo del *shoal*, empezando en una primera fase con acumulación de material por mareas y tormentas; la acreción lateral de la parte media sobre una superficie erosiva sugiere migración de un canal mareal. La última fase, o *shoal* propiamente dicho, sugiere acción predominante de oleaje y tormentas de cierta intensidad.

Las facies de la sección de Aramendia reflejan en su conjunto la creación en esta zona de un *shoal* con cierto comportamiento de barrera submarina (e. g. Reinson, 1984), la cual posibilitó la diferenciación en los cinturones de tras-*shoal* y ante-*shoal* que trataremos a continuación.

**Cinturón de facies de tras-bajo ("back-shoal").**

La sección tipo de este cinturón, con cerca de 50 m, se sitúa en la localidad de Metauten, y corresponde a los afloramientos meridionales del sistema.

La serie comienza con la instauración brusca y de manera erosiva de la primera capa de calcarenita de grano grueso, bioclástica, de 30 cm de espesor, sobre las margas limosas infrayacentes. Esta capa marca el inicio de un primer tramo de 20 m de espesor de margas y margas arcillosas blancas en capas centimétricas.

A continuación se desarrollan cerca de 30 m de margas limosas micáceas entre las que se disponen capas de calcarenitas arenosas y areniscas. Las calcarenitas tienen bases erosivas y techos netos; son de grano grueso (a veces con cantos blandos milimétricos) y naturaleza bioclástica, con hasta un 10% de cuarzo de tamaño arena fina; presentan en ocasiones laminación paralela mal desarrollada y sus potencias oscilan entre 10 y 30 cm. Hacia techo esta facies contiene hasta un 40 % de orbitolínidos. Las capas de areniscas son también de base erosiva y techo algo alabeado, de grano de cuarzo fino y muy fino; se observan laminaciones paralelas que pasan, en ocasiones, a laminación ondulada. El techo del sistema en esta serie es rápido pero gradual, con pérdida paulatina de material terrígeno e instauración de margas grises.

La capa basal de la serie sugiere la primera introducción en la zona de material carbonatado, probablemente por tormentas, las cuales transportarían el material desde

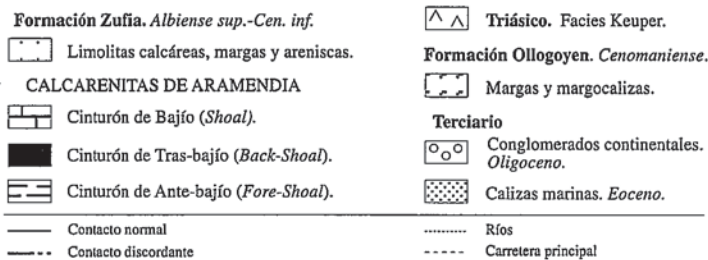
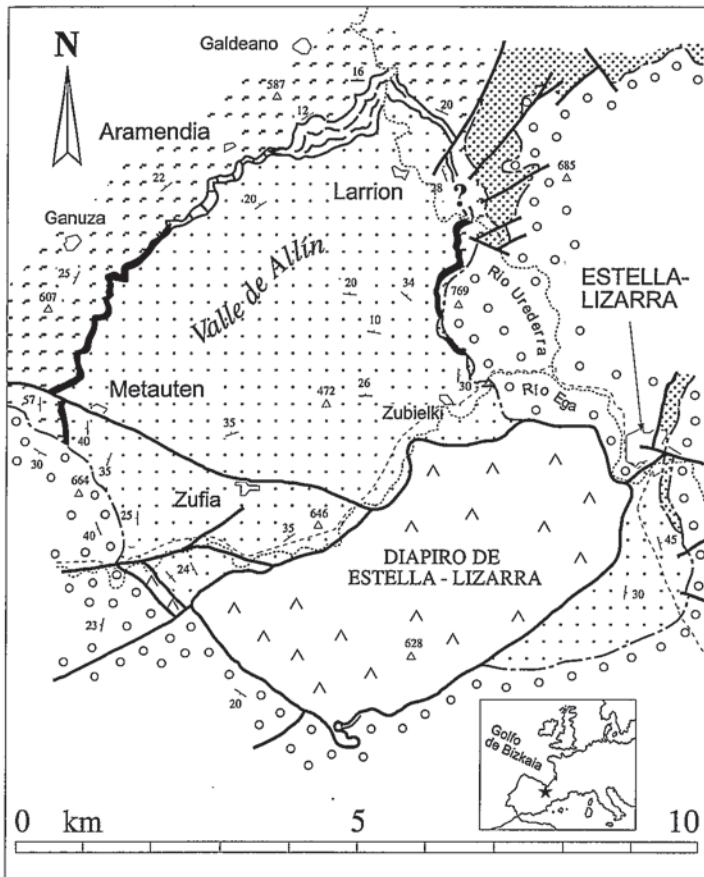


Fig. 2- Mapa de detalle de la zona estudiada, con indicación de los cinturones de bajío, tras-bajío y ante-bajío de la unidad de Aramendia.

Fig. 2- Detailed geological map of the studied area. Shoal, back-shoal and fore-shoal facies are differentiated in the Aramendia unit.

la zona de producción carbonatada situada en el cinturón de facies de shoal; el desarrollo de margas en este primer estadio sugiere un momento de menor energía relativa en el sistema. Las facies del segundo tramo sugieren la recuperación de la influencia terrígena en el sistema, así como el retorno de condiciones energéticas. Las capas con laminación paralela y ondulada y bases erosivas se atribuyen a oleaje de tormentas; las margas limosas se depositarían en periodos de tranquilidad relativa entre episodios tormentosos. Este área de sedimentación representa una trampa de materiales terrígenos al sur del cinturón de shoal, el cual habría actuado de barrera impidiendo su distribución hacia el norte.

Al igual que en el cinturón anterior, también se observa una tendencia general granocreciente, que se corresponde con un aumento relativo de las condiciones energéticas del sistema.

**Cinturón de facies de ante-bajío ("fore-shoal").**

Los afloramientos de este cinturón se localizan al norte de la localidad de Larrion sobre una extensión de poco menos de tres kilómetros. Su potencia total alcanza cerca de 100 m.

La serie en esta zona comienza con la instauración brusca de una capa de calcarenita de grano grueso de 1 m de espesor

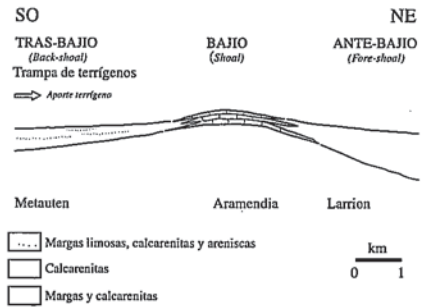


Fig. 3- Modelo de facies del shoal calcarenítico de Aramendia. La influencia terrígena es notoria en el surco proximal meridional, en tanto que el área más distal de ante-bajío recibe aportes terrígenos limitados.

Fig. 3- Facies model of the Aramendia calcarenitic shoal. The terrigenous input occurs in the southern back-shoal trough. Meanwhile the northern fore-shoal area is devoid of significant siliciclastic input.

y base erosiva, sobre las margas del sistema infrayacente. El resto de la sucesión está básicamente compuesto por margas algo limosas, entre las que se intercalan capas de 10 a 20 cm de calcarenitas bioclásticas de grano fino con base neta erosiva y techo neto. No se observan estructuras internas ni ordenamiento interno. No obstante, los afloramientos son escasos a lo largo de toda la serie y el techo no es observable.

Estos materiales se interpretan como generados en la parte distal del sistema calcarenítico. Esta zona se habría situado por debajo del nivel de base de oleaje de buen tiempo (sedimentación margosa), pero por encima del nivel de base de oleaje o corriente de tormenta (desarrollo de calcarenitas).

La correlación de estos materiales con el cinturón de facies de shoal y la falta de terrígenos tamaño arena apoyan la idea de que se formaron en una zona protegida de la influencia siliciclástica al norte de la barrera (shoal) de Aramendia.

**Controles del sistema**

La distribución lateral de los cinturones de facies deja ver un sistema de plataforma calcarenítica de polaridad noreste, con desarrollo de una barrera paleogeográfica (shoal) que separó una parte proximal meridional (Metauten) de una distal septentrional (Larrion), y que a su vez confinó los escasos aportes de material arenoso en aquella (trampa de terrígenos, Fig. 3).

Las series infrayacentes al sistema calcarenítico de Aramendia no presentan

un ordenamiento interno que pueda sugerir en principio un control sedimentario alofclico de rango mayor con el cual explicar a su vez la estructuración del sistema objeto de estudio. Podemos considerar dos controles mayores:

#### *Control estructural.*

La aparición de un *shoal* que actúa como barrera del avance terrígeno no se explica de manera autocíclica sobre materiales margosos de un sistema de plataforma abierta. Para su génesis se necesita una zona de alto relativo en un fondo marino somero que provoque esa compartimentación. Una elevación parcial del fondo marino en la zona de Aramendia puede ser explicada tectónicamente bien por una intumescencia diapírica o un pliegue, o bien por la subida relativa de un bloque fallado. El gran espesor de sedimento registrado en la parte distal del sistema (zona septentrional, ver Figs. 2 y 3) respecto a los otros dos cinturones es causa de una marcada subsidencia diferencial. Subsidiencias de este tipo se explican bien con fracturas profundas que permitan el hundimiento de un bloque y la consiguiente ganancia en espacio de acomodación. Asimismo, el carácter asimétrico del sistema apoyaría la hipótesis de una fractura profunda de dirección aproximada E-W.

No obstante, si consideramos la estructura actual del domo de Zufia como un accidente que pudo actuar en el Cenomaniense, podría servir para explicar la creación del alto relativo, pero la escasa dimensión de este alto y la falta de criterios en el entorno del diapiro de Estella-Lizarrá impide demostrar esta hipótesis.

De hecho, es bien sabido que este diapiro se encuentra alineado con otros, formando la representación en superficie de la falla de Pamplona, la cual tuvo una actuación sinsedimentaria clara en el Terciario (Pflug, 1967; Payros, 1997). Este accidente está ligado a otros de dirección NO-SE que se consideran como líneas que actuaron en el Albiense; tal es el caso del accidente marcado por la línea de diapíros Mena-Estella (García-Mondéjar *et al.*, 1996; Fig. 1). La polaridad del sistema de Aramendia y la mayor subsidencia diferencial localizada en el cinturón de tras-bajío y, sobre todo, en el de ante-bajío apoyan la actuación de un

accidente (un pliegue elongado o una falla profunda) relacionado con esta última línea y, a su vez, con la falla de Pamplona.

Ejemplos recientes de ambientes del Caribe presentan ciertas similitudes con el ejemplo aquí descrito del sistema de Aramendia. En la plataforma Caicos del SE del Caribe (British West Indies), se observan diversos acúmulos de arenas esqueléticas y oolíticas formadas en áreas de paleoalto relativo controlado por actuación tectónica sinsedimentaria reciente. Los *shoals* de arenas carbonatadas se encuentran casi a ras de agua y están flanqueados por surcos intraplataforma, elongados y desarrollados en *graben*es, de hasta 15 m de profundidad (Harris y Kowalik, 1994).

#### *Variaciones relativas del nivel del mar.*

El sistema de Aramendia, con desarrollo de ambientes energéticos muy someros no representados anteriormente, sugiere una somerización en relación con la serie infrayacente. No obstante, el sistema terrígeno previo ofrece una tendencia general granodecreciente que sugiere un contexto transgresivo, con retracción hacia el sur de los sistemas siliciclásticos (López-Horgue *et al.*, en revisión). Estos factores, en conjunto, permiten atribuir la somerización relativa a causas tectónicas. Asimismo, un aumento de la actividad tectónica pudo reactivar parcialmente los sistemas terrígenos, explicando la incursión de estos materiales en el cinturón de facies de plataforma interna.

El fin del sistema de Aramendia viene marcado por un evento transgresivo importante que culminó la tendencia general comentada, y que implicó el cese del diastrofismo en el área.

Esta transgresión mayor a techo de las calcarenitas provocaría el *drowning* del *shoal* somero y el cese de la producción bioclástica, suponiendo el fin del sistema e instaurándose condiciones de plataforma margosa distal profunda.

#### **Conclusiones**

- Se diferencia por vez primera el sistema de plataforma calcarenítica de Aramendia, en la parte superior de la formación Zufia.

- Se data el sistema en el Cenomaniense inferior con faunas de ammonites

y foraminíferos bentónicos.

- Se caracteriza sedimentológicamente el mencionado sistema, distinguiéndose tres cinturones de facies: bajío (*shoal*), tras-bajío (*back-shoal*) y ante-bajío (*fore-shoal*). Estos cinturones definen una polaridad noreste de este sistema.

- Se sugiere la actuación de accidentes tectónicos de dirección aproximada NO-SE y SO-NE (falla de Pamplona), para la génesis y distribución paleogeográfica de este sistema.

- Se deduce una somerización en la zona de Aramendia dentro de un contexto general transgresivo, lo que apoya un origen tectónico para el *shoal* calcarenítico de Aramendia.

#### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido subvencionado por el Proyecto de Investigación del Gobierno Vasco PI 96/64.

#### **Referencias**

- Amiot, M. (1982): *El Cretácico de España*: 88-111. Univ. Compl. Madrid.
- Aranburu, A. (1998): *Tesis Doctoral*, Univ. País Vasco: 550 p.
- Burchette, T. P. y Wright, V. P. (1992): *Sed. Geology*, 79: 3-57.
- Cheel, R. J. y Leckie, D. A. (1993): *Sedimentology review 1*: 103-122.
- García-Mondéjar, J. (1982): *El Cretácico de España*: 63-84. Univ. Compl. Madrid.
- García-Mondéjar, J., Agirrezabala, L. M., Aranburu, A., Fernández-Mendiola, P. A., Gómez-Pérez, I., López-Horgue, M. A. y Rosales, I. (1996): *Geol. Journal*, 31: 13-45.
- Harris, P. M. y Kowalik, W. S. (1994): *AAPG. Methods in Exploration Series*, 11: 147 p.
- López-Horgue, M. A., Owen, H. G., Rodríguez-Lázaro, J., Orue-Etxebarria, X., Fernández-Mendiola, P. A. y García-Mondéjar, J. (en revisión). *Cretaceous Research*.
- Payros, A. (1997): *Tesis Doctoral*, Univ. País Vasco: 403 p.
- Pflug, R. (1967): *Beih. geol. Jb.*, 66: 21-59.
- Reinson, G. E. (1984): *Facies models 2nd ed.*, Geoscience Canada: 119-140.
- Tucker, M. E. y Wright, V. P. (1990): *Carbonate Sedimentology*, Blackwell Sci. Publ.: 1-482.
- Wiedmann, J. (1979): *Cuadernos Geol. Ib.*, 5: 127-214.