

# Concreciones de arenisca como criterio de identificación y correlación estratigráfica de regresiones forzadas. Un ejemplo desde las areniscas cretácicas de la Formación Cerrajón (Zonas Externas de la Cordillera Bética)

*Calcite-cemented concretions as a field outcrop criterion to identify forced-regressions. A field outcrop example in Lower Cretaceous sandstone of the Cerrajón Formation (External Zones, Betic Cordillera)*

Fernando García-García <sup>(1)</sup>, Ginés A. de Gea <sup>(1)</sup> y Vicente Navarro <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus las Lagunillas, s/n, 23071 Jaén. fegarcia@ujaen.es; gadegea@ujaen.es

<sup>(2)</sup> IES Cástulo, Av. San Cristóbal, s/n, 23700 Linares, Jaén. vnavarro@ujaen.es

## ABSTRACT

*Calcite-cemented concretions were studied from Lower Cretaceous forced-regressive shoreface sandstones (Cerrajón Fm, External Zones, Betic Cordillera). During early diagenetic, patchy calcite cement consolidates clean and well-sorted sand in the form of concretions of spheroidal to oval shape within host sand uncemented. Then a new relative sea level fall characterised by incised valleys cutting the overlying TST and HST pelagic marls and also cutting shoreface sandstones (concretions host) is reported. Coastal and presumably subaerial reworking of exposed sandstone concretions by relative sea-level fall erosion (intensively bored by lithophaga, Fe-oxidized surface, oysters and corals attached) fill the incised valleys in proximal areas and they are also found isolated into distal marls.*

**Key words:** Sandstone concretions, shoreface sandstone, forced-regressions, Early Cretaceous, Betic Cordillera

*Geogaceta*, 48 (2010), 55-58  
ISSN: 0213-683X

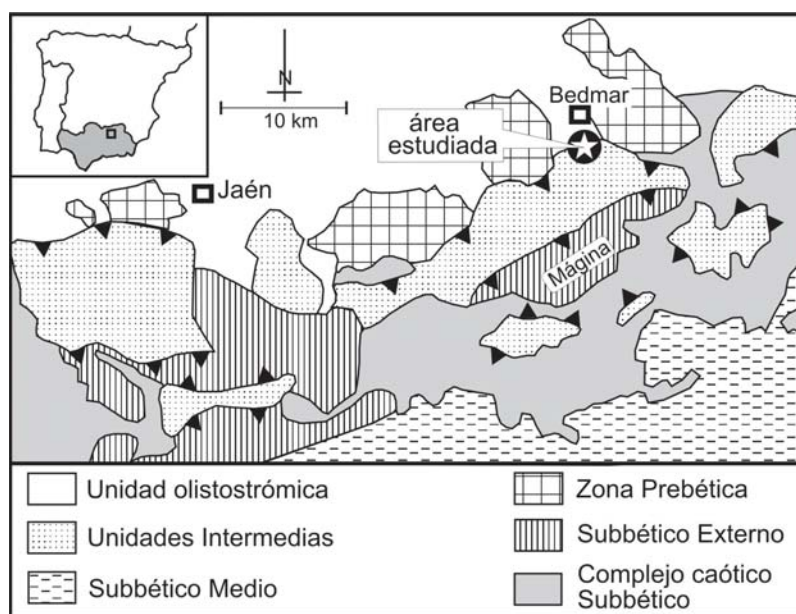
Fecha de recepción: 15 de febrero de 2010  
Fecha de revisión: 21 de abril de 2010  
Fecha de aceptación: 28 de mayo de 2010

## Introducción

Concreciones de cemento calcítico han sido descritas en areniscas marinas someras, comúnmente en depósitos de *shoreface* y estratigráficamente localizadas bajo superficies de máxima inundación marina (Cole y Young, 1991; Taylor *et al.*, 1995; Taylor *et al.*, 2000; McBride *et al.*, 2003). Reducidas tasas de sedimentación ligadas a la etapa de máxima inundación favorecen la estancia larga de la arenisca a poca profundidad de enterramiento en la zona de diagénesis anaerobia donde tiene lugar la cementación además de favorecer la disolución de conchas y precipitación del bicarbonato en forma de cemento calcítico (McBride *et al.*, 2003).

En este trabajo se describen concreciones de arenisca desarrolladas en sistemas deposicionales progradantes de *shoreface* ligados a regresiones forzadas, presumiblemente controladas por la tectónica.

La elección de qué superficie marca la discontinuidad de límite de secuencia en depósitos de regresión forzada ha sido



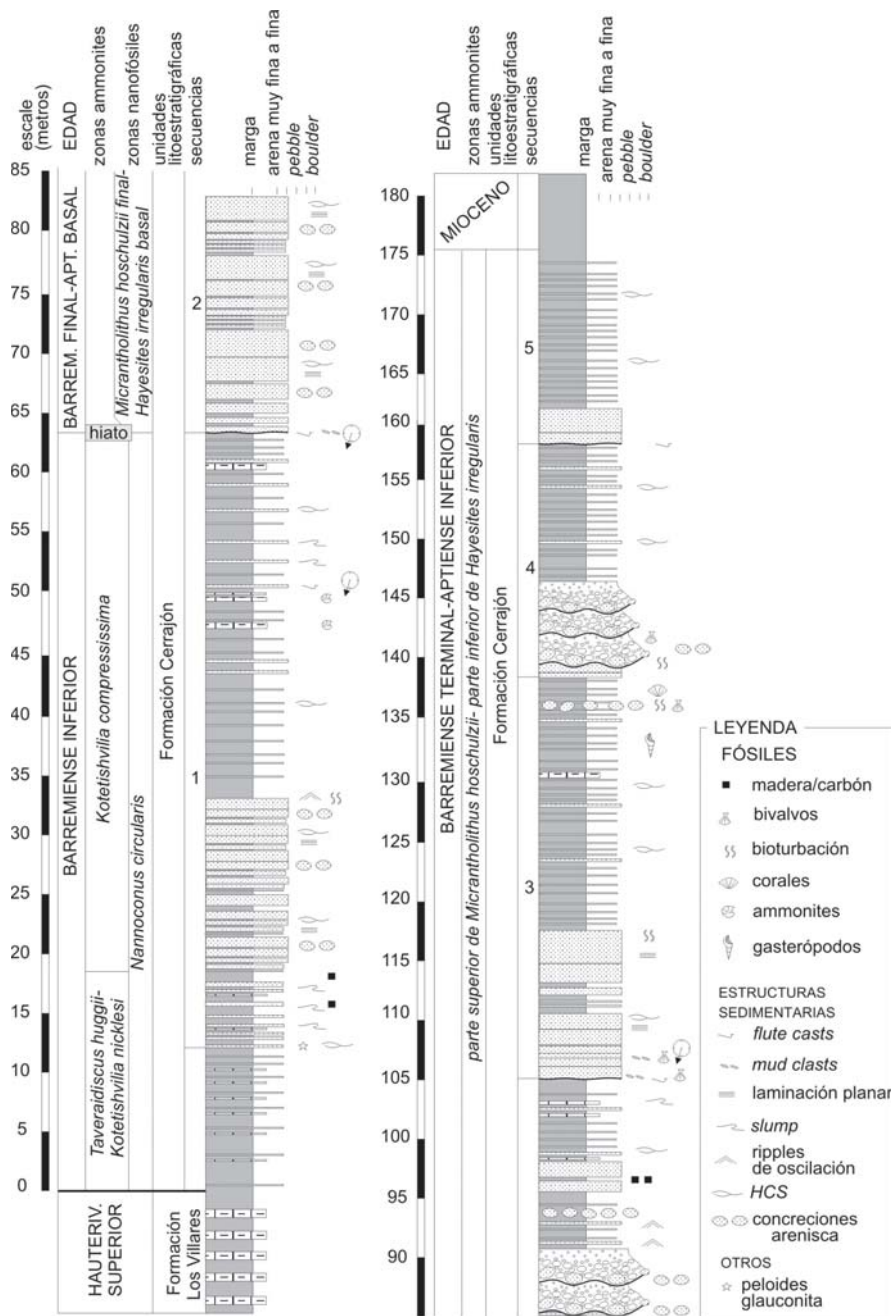
**Fig. 1.-** Esquema geológico de las Zonas Externas de la Cordillera Bética entre Jaén y Bedmar (provincia de Jaén), donde se encuentran localizados los afloramientos estudiados.

*Fig. 1.- Geological sketch of the External Zones of the Betic Cordillera in the Jaén-Bedmar section, where studied outcrops are located.*

proximales a sectores relativamente distales.

**Contexto geológico**

Las concreciones de arenisca objeto de este estudio se han encontrado alojadas en las tres litofacies, conglomerados, areniscas y margas que conforman la Formación Cerrajón (Ruiz-Ortiz, 1980) de las Zonas Externas de la Cordillera Bética en los afloramientos situados al este de Jaén, en las proximidades de la localidad de Bedmar (Fig. 1). Areniscas, excepcionalmente conglomeradas, y margas de edad cretácico inferior (Barremiense Superior-Aptiense inferior) (De Gea, 2003) se repiten rítmicamente en una sucesión de 160 m de potencia organizadas en 5 secuencias grano y estratocrecientes a granodecrecientes. Las areniscas se organizan en ciclos de escala métrica a decamétrica estratocrecientes configurando geoméricamente cuerpos que se acuñan hacia sectores proximales, hacia el este, entre margas pelágicas. Laminaciones planares, laminaciones cruzadas de bajo ángulo, laminaciones cruzadas tipo *hummocky* y laminaciones cruzadas simétricas han permitido interpretar estos cuerpos como cuñas progredientes de *shoreface* (García-García *et al.*, sometido). La identificación en estas areniscas de los principales criterios de reconocimiento en afloramiento de regresiones forzadas (Ainsworth *et al.*, 2000; Posamentier y Morris, 2000) ha permitido interpretarlos desde el punto de vista de la estratigrafía secuencial como cuñas de regresión forzada (FRWST) y depósitos de nivel del mar bajo estable (LST) físicamente desconectadas de los previos depósitos de nivel del mar estable alto (HST). Las litofacies predominantemente margosas se superponen estratigráficamente a las cuñas de arenisca. Las margas alternan con niveles finos de areniscas con una secuencia vertical de estructuras sedimentarias que, cuando se encuentra completa, consiste en una división inferior con laminación planar de alto régimen de flujo y una división superior con laminación cruzada tipo *hummocky*. Estas estructuras sedimentarias y el alto contenido de fauna pelágica ha llevado a interpretar el depósito de las margas con intercalaciones finas de areniscas en un ambiente de rampa externa mixta carbonatada-siliciclástica situada sobre el nivel de base del oleaje de tormentas. Dentro de las margas se han identificado de abajo a arriba en la sucesión estratigráfica un tramo inferior con incremento hacia arriba



**Fig. 2.-** Columna estratigráfica de la sucesión en la que aparecen situadas las concreciones de arenisca.

*Fig. 2.- Stratigraphic log of the succession with the location of sandstone concretions.*

motivo de amplio debate, situándola unos en el contacto entre los depósitos de HST y la primera cuña de regresión forzada (Posamentier y Morris, 2000) y otros a techo de cuña de regresión forzada (Plint y Nummedal, 2000). Sin duda, la superficie basal de los depósitos de regresión forzada data el comienzo de la caída relativa del nivel del mar. Esta superficie que, en áreas proximales, está definida como una reconocible superficie de erosión marina (RSME, Posamentier y Morris, 2000) en áreas distales está representada

por una continuidad correlativa, comúnmente delimitando margas pelágicas. La dificultad para reconocer esta superficie en sectores distales es lo que ha llevado a algunos autores a descartarla como límite secuencial y proponer la superficie más fácilmente reconocible, por ejemplo en sondeos, del techo de la cuña de regresión forzada. El principal objetivo de este trabajo es poner en valor concreciones resedimentadas de arenisca como criterio estratigráfico para correlacionar superficies de regresión forzada desde sectores

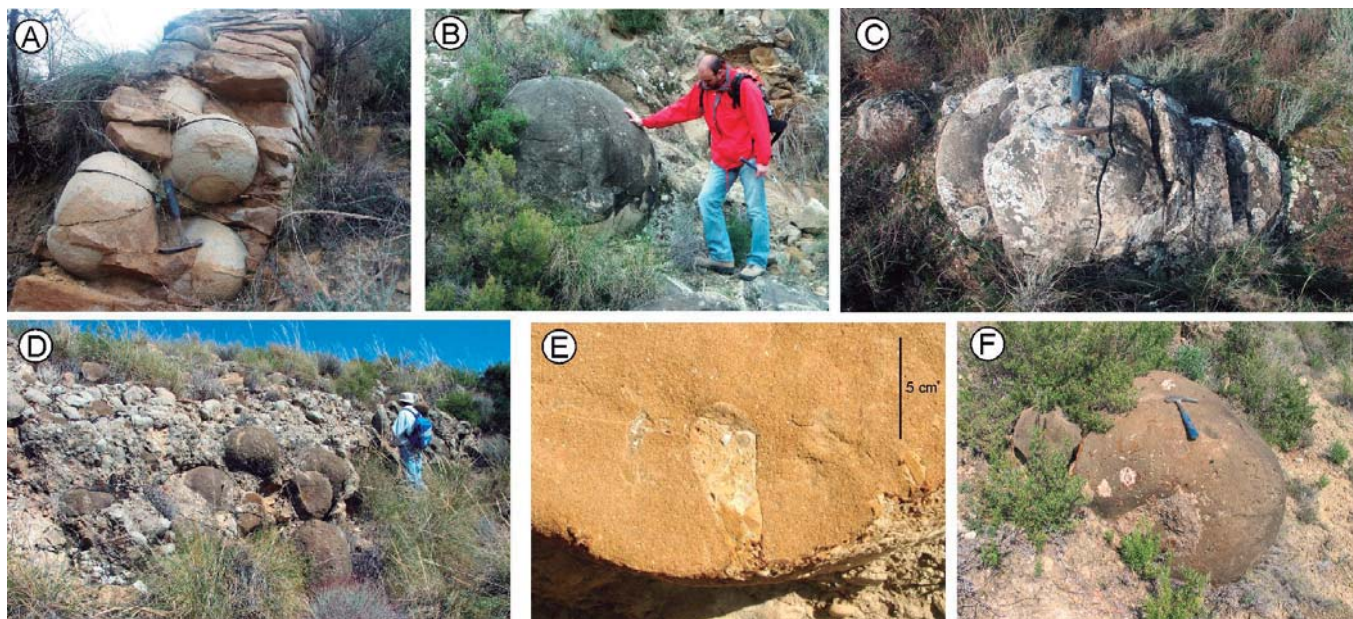


Fig. 3.- Lámina de fotos con diferentes aspectos de campo de las concreciones de areniscas *in situ* (A-C) y concreciones transportadas fuera de la arenisca donde se generaron (D-F): A) Concreciones de arenisca con formas esféricas interconectadas en el seno de un estrato de areniscas de *shoreface* (*host*), B) Concreción esférica de un metro de diámetro, C) Concreción de forma ovoide, D) Relleno de un valle incidido por secuencias grano-decrecientes de clastos de calizas y concreciones de arenisca bioturbada, E) Detalle de una perforación por litófago en una concreción, a su vez rellena la perforación por arcillas/margas con bioclastos, F) Concreción bioturbada de arenisca aislada y embebida en margas pelágicas.

Fig. 3.- Pictures sheet from field outcrop showing sandstone concretions in sandstone host (A-C) and out of sandstone host (D-F): A) Spheroidal sandstone concretions into host shoreface sandstones, B) 1 m in diameter spheroidal concretion. C) Oval-shape concretion, D) Incised valley fill by normal-grading limestones pebbles and bored sandstone concretions, E) Detail of a boring by lithophaga in a concretion fill with bioclastic marls, F) Bored sandstone concretions isolated into pelagic marls.

del contenido de planctónicos y granos carbonatados sobre siliciclásticos interpretado como un cortejo transgresivo (TST), un intervalo representado por niveles calizos con abundancia de ammonites interpretado su depósito en un contexto de máxima inundación marina (mfs) y, finalmente, un tramo superior de margas ricas en carbonato, especialmente foraminíferos planctónicos interpretado como un cortejo de nivel del mar estable y relativamente alto (HST). Ciclos de 4º orden de caída y subida relativa del nivel del mar controlaron la repetición en la vertical de los cortejos sedimentarios descritos (García-García *et al.*, sometido).

#### Facies de las concreciones de arenisca

Geometría, tamaño, color, granulometría, contenido fosilífero, estructuras de ordenación interna y separación entre concreciones adyacentes fueron los rasgos examinados en afloramiento y en lámina delgada para un grupo representativo de concreciones de arenisca. Además de estas características propias de la concreción, se ha analizado las facies de la roca donde se encuentra ubicada la concreción para interpretar el contexto sedimentario último de la concreción. Se

han diferenciado dos grupos de concreciones a partir de la roca en la que se encuentran alojadas. Un grupo es el constituido por aquellas concreciones que aparecen interestratificadas en los paquetes de arenisca (*host*) donde se generaron. El segundo grupo es el formado por aquellas concreciones emancipadas de la arenisca matriz y ubicadas en el seno de cuerpos conglomeráticos o margas ricas en foraminíferos planctónicos. Ambos grupos presentan unos rasgos comunes descritos a continuación.

Las concreciones están constituidas por areniscas fina a media, pardas, masivas y bien seleccionadas con predominio de granos de cuarzo subanguloso (>70%), feldespatos, micas (biotita, moscovita y, excepcionalmente, concentraciones de glauconita), además de minerales pesados (pirita). Algunas capas de arenisca presentan concentraciones importantes de granos esqueletales carbonatados (equinodermos, tanto radiolas de erizos como crinoides, bivalvos y orbitolinas) además de cantos de carbón y restos de plantas. Calcita microesparítica cementa la trama de granos. Habitualmente masivas, las concreciones excepcionalmente preservan la estructura de ordenamiento interno original de la arenisca (*host*) donde se formó la

concreción. Ésta suele consistir en laminación horizontal o cruzada de bajo ángulo y laminación tipo *hummocky*, a menudo marcadas por cantos blandos. No se ha encontrado partícula alguna en el núcleo de las concreciones. No se ha identificado ninguna variación de las microfacies entre el núcleo y la periferia de la concreción. Aunque la geometría y tamaño de las concreciones es variable predominan 3 morfologías: (1) formas hemisféricas achatadas unas veces por el muro y otras por el techo con espesor (perpendicular a  $S_0$ ) entre 40 y 60 cm y extensión lateral (paralelo a  $S_0$ ) entre 100 y 170 cm, (2) formas casi esféricas con diámetro de hasta 120 cm (40 a 80 cm es el rango medio del diámetro) y (3) formas ovoidales tumbadas con el eje más largo (hasta 130 cm) paralelo a la estratificación y el más corto (hasta de 80 cm) perpendicular a la estratificación (Figs. 3A-C). Otras morfologías más complejas y menos abundantes han sido identificadas.

Las concreciones que se encuentran rellenando cuerpos con superficies fuertemente erosivas encajadas en los paquetes de areniscas e interpretados como valles incididos y las concreciones alineadas en el seno de margas ricas en planctónicos presentan los siguientes rasgos distintivos

respecto a las concreciones *in situ* (Figs. 3D-F). Estos rasgos afectan a la superficie de la concreción que aparece extensamente perforada por litófagos. Habitualmente las perforaciones se concentran en un hemisferio de las concreciones esféricas y ovoides o en la superficie curva de las concreciones hemisféricas achatadas. Cubriendo la superficie de algunas concreciones, incluyendo el hueco de la perforación, se extiende una pátina de óxidos presumiblemente de Fe. Sobre la pátina, en la secuencia de relleno de las perforaciones, se ha identificado una arcilla vercosa. Adosado a la concreción y encima de la arcilla de relleno de la perforación se encuentran ostreidos y colonias de corales. Finalmente, restos de un microconglomerado calizo-dolomítico se preserva cementado sobre el ostreido en aquellas concreciones embebidas en margas.

### Historia de las concreciones

Las concreciones se forman en las arenas bien seleccionadas de los depósitos de *shoreface* interpretados en términos de estratigrafía secuencial como cuñas de regresión forzada (FRWST) que progradan durante la etapa de nivel del mar bajo estable (LST). Tras el depósito sobre estas cuñas de arenisca de una serie predominantemente margosa durante los contextos transgresivos (TST) y de nivel del mar alto estable (HST), tiene lugar una segunda caída relativa del nivel del mar. Esta caída situó el nivel del mar bajo el techo de la cuña de areniscas de regresión forzada provocando la erosión de las margas del TST y HST hasta las areniscas del LST en forma de valles incididos. Al llegar estos valles en su encajamiento a cortar las cuñas de areniscas provocan la exhumación de las concreciones ya formadas. Las concreciones son retrabajadas en medios subaéreos y litorales como queda puesto de manifiesto por las perforaciones de litófagos, pátinas de óxidos de Fe y fauna marina

somera adosada a la concreción. Éstas concreciones retrabajadas rellenan los valles incididos que, distalmente, canalizan las concreciones hacia margas distales de *shoreface* donde llegan, probablemente por rodamiento, las concreciones esferoidales.

### Conclusiones

La abundancia de concreciones de arenisca puede ser un buen criterio de identificación de cuñas de regresión forzada. Las características granulométricas y texturales de la arenisca de *shoreface* que habitualmente conforman estas cuñas las hacen favorables para la formación de estas concreciones durante la etapa de sedimentación de los cortejos transgresivos y de alto nivel del mar estable suprayacentes a la cuña de regresión forzada. Una segunda caída del nivel del mar hasta la posición de la cuña de arenisca provocará la incisión de valles que en su encajamiento exhumarán las concreciones que, retrabajadas en medios subaéreos y/o litorales rellenan los valles erosivos y podrán rodar canalizados a través de esos valles hasta posiciones distales. En estos casos las concreciones de arenisca constituyen un magnífico criterio de correlación estratigráfica de superficies de regresión forzada/límite de secuencia tanto en posiciones proximales como relativamente distales.

### Agradecimientos

Esta investigación ha sido llevada a cabo en el seno de los proyectos CGL2009-07830/BTE, CGL2009-05768-E/BTE y CGL2009-10329 financiados por el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), la Fundación Europea de Desarrollo Regional (FEDER). Los autores son miembros del Grupo de Investigación RNM-200 de la Junta de Andalucía. Además queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a Raquel Charte, Julio Calero y Juan Jiménez por la interpretación de los difractogramas de rayos X así como

a Antonio Piedra por la preparación de las láminas delgadas.

### Referencias

- Ainsworth, R.B., Bosscher, H.B. y Newall, M.J. (2000). En: *Sedimentary Response to Forced Regressions* (D. Hunt y R.L. Gawthorpe, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ., 172, 163-176.
- De Gea, G.A. (2003). *Bioestratigrafía y eventos del Cretácico Inferior en las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Univ. de Jaén, 272 p.
- Cole, R.D. y Young, R.G. (1991) En: *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery* (A.D. Miall y N. Tyler, Eds.) SEPM, Concepts in Sedimentology and Paleontology, 3, 277-287.
- García-García, F., De Gea, G.A. y Ruiz-Ortiz, P.A. (sometido). *Journal of Sedimentary Research*.
- McBride, E.F., Picard, M.D. y Milliken, K.L. (2003). *Journal of Sedimentary Research*, 37(3), 462-483.
- Plint, A.G. y Nummedal, D. (2000) En: *Sedimentary Responses to Forced Regressions*. (D. Hunt y R.L. Gawthorpe, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ., vol. 172, 1-17.
- Posamentier, H.W. y Morris, W.R. (2000) En: *Sedimentary Responses to Forced Regressions*. Geological Society, London, Spec. Publ. (D. Hunt y R.L. Gawthorpe, Eds.), 172, 19-46.
- Ruiz-Ortiz, P.A. (1980). *Análisis de facies del Mesozoico de las Unidades Intermedias (entre Castril-Prov. De Granada y Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 272 p.
- Taylor, K.G., Gawthorpe, R.L. y Van Wagoner, J.C. (1995). *Geological Society of London, Journal*, 152, 225-228.
- Taylor, K.G., Gawthorpe, R.L., Curtis, C.D., Marshall, J.D. y Awwiller, D.N. (2000). *Journal of Sedimentary Research*, 70, 360-372.