

Caracterización de depósitos de barra de meandro con datos preliminares de subsuelo: un ejemplo desde el Triásico de la Meseta Ibérica

Point bar deposit characterization with preliminary subsurface data: a case from the Triassic of the Iberian Meseta

Saturnina Henares, César Viseras, Juan Fernández y Nelson Lizarazo

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Av/ Fuentenueva s/n 18071-Granada, España.
shenares@ugr.es, viseras@ugr.es, jferdez@ugr.es, nлизarazo@correo.ugr.es (SEDREGROUP; www.sedregroup.com)

ABSTRACT

A contrast was carried out between the lithofacies analysis in a core of a point bar from a fluvial Triassic system (Buntsandstein facies) and its well logs of Natural Gamma Ray (GR), Optical and Acoustic Teviewers (OBI and ABI, respectively). Both the core as well as OBI and ABI well logs indicate an overlap of a set of lateral accretion units resulting in a thinning and fining upwards succession, due to the lateral migration of the channel. GR pattern resembles the 'serrated bell' shape, consistent with an upsection increase in clay content. However, at the base of the succession, abnormally high GR values are identified, resulting in a 'funnel'-like profile, which have been interpreted as a consequence of the high mud intraclast content in the sandy sediments of the point bar.

Key-words: Point bar, lithofacies, well logs, Buntsandstein.

RESUMEN

Se ha contrastado el análisis de litofacies en testigo de sondeo de una barra de meandro en un sistema fluvial triásico (facies Buntsandstein) con su registro diagráfico de Gamma Ray Natural (GR) y de Televisor Óptico y Acústico (OBI y ABI, respectivamente). Tanto el testigo de roca como los registros de OBI y ABI ponen de manifiesto la superposición de una serie de unidades de acreción lateral organizadas en una sucesión estrato y granodecreciente, a consecuencia del progresivo desplazamiento lateral del canal. La forma del patrón de GR se asemeja principalmente al de 'campana serrada', reflejando el progresivo aumento del contenido en arcillas hacia techo. Sin embargo, hacia la base de la sucesión, se registran valores de GR anormalmente elevados, dando lugar a un perfil con forma próxima a 'embudo', que interpretamos se deban a la alta proporción de cantos blandos en los sedimentos arenosos de la barra de meandro.

Palabras clave: Barra de meandro, litofacies, diagráfica, Buntsandstein.

Geogaceta, 54 (2013), 7-10.
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 31 de enero de 2013
Fecha de revisión: 25 de abril de 2013
Fecha de aceptación: 24 de mayo de 2013

Introducción y objetivos

La aplicación de registros de testificación geofísica para la exploración de afloramientos constituye una técnica de investigación de contrastada eficacia. Su desarrollo se inicia en la década de los 70, siendo en los 90 muy difundidos algunos estudios sobre facies clásticas que integran datos de afloramiento y de subsuelo (Jordan *et al.*, 1991; North y Boering, 1999, entre otros). Actualmente, la caracterización multiescalar de afloramientos en superficie y en subsuelo mediante su testificación y perfilaje en pozo (*outcrop - behind outcrop characterization*) se revela como un protocolo de trabajo de gran utilidad a la hora de profundizar en el conocimiento y la modelización de almacenes

de hidrocarburos (p.e. Cabello *et al.*, 2011; Slatt *et al.*, 2011).

En este trabajo se presentan los primeros resultados de una campaña de testificación y perfilaje de pozo realizada sobre un cuerpo de arenisca triásico correspondiente a una barra de meandro. El conocimiento de la sedimentología y los datos sobre la petrología fueron obtenidos mediante el estudio previo del mismo afloramiento (Viseras y Fernández, 2010; Henares *et al.*, 2011). Así, el objetivo de este trabajo es la identificación de patrones en los rasgos de subsuelo que puedan constituir elementos clave en la determinación de la geometría de unidades porosas embebidas en finos, consideradas como potenciales roca almacén de fluidos (hidrocarburos, agua o gases contaminantes).

Contexto estratigráfico y sedimentológico

El conjunto de capas rojas triásicas de la Cobertera Tabular de la Meseta Ibérica (*Triassic of the Iberian Meseta*: TIBEM; Viseras *et al.*, 2011; Henares *et al.*, 2011), correspondiente a la formación Chiclana de Segura (López Garrido, 1971) de edad Anisiense-Noriense, se desarrolló en un contexto de rift continental. Este conjunto está constituido por sedimentos aluviales y costeros pertenecientes al Dominio Triásico Continental reconocido al Sur de la Península Ibérica (Fernández, 1977; Sánchez-Moya *et al.*, 2004; Fernández *et al.*, 2005; Fig. 1A). La sucesión estratigráfica de este conjunto se ha dividido en 4 secuencias sedimentarias, cada una depositada bajo una

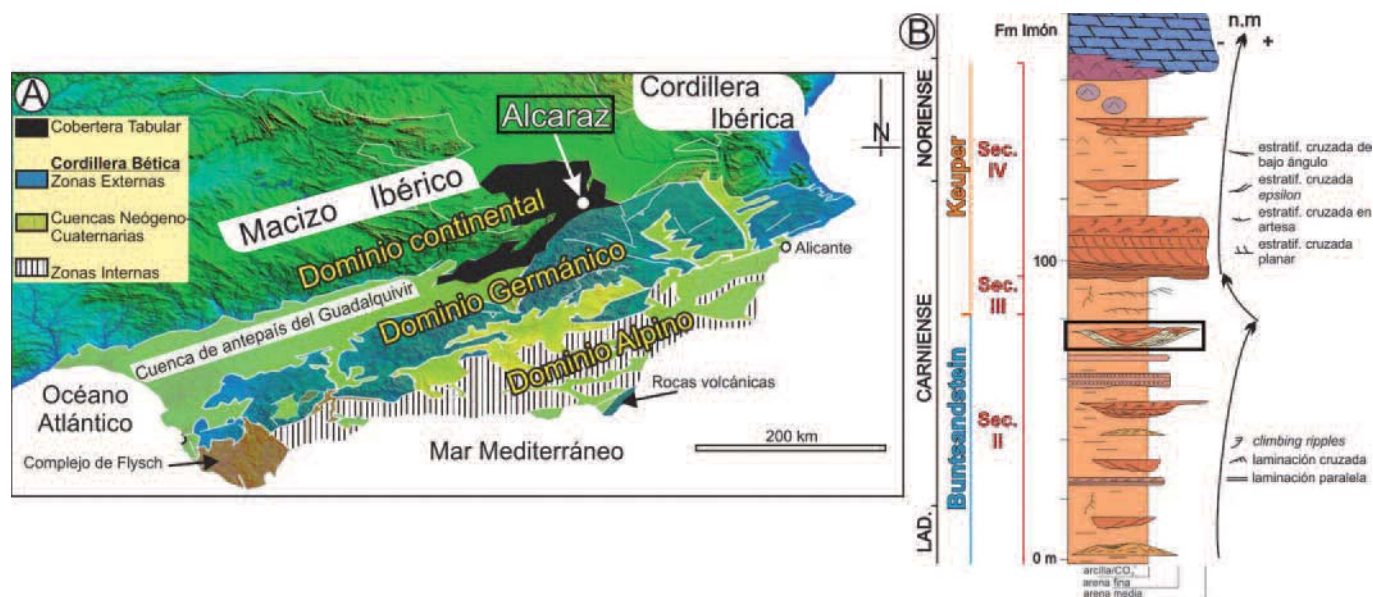


Fig. 1.- A) Mapa de localización de las principales unidades geológicas y dominios sedimentarios durante el Triásico en el Sur de Iberia, indicando el área de estudio (Alcaraz). B) Sucesión estratigráfica sintética en el área de estudio (Henares *et al.*, 2011; Viseras *et al.*, 2011). El recuadro marca la posición de los depósitos estudiados en la sucesión.

Fig. 1.- A) Location map of the main geological units and sedimentary domains during Triassic in the South of Iberia, indicating the study area (Alcaraz). B) Synthetic stratigraphic succession in the study area (Henares *et al.*, 2011; Viseras *et al.*, 2011). Box highlights the position of the studied deposits in the succession

situación concreta del nivel del mar, que actuó como nivel de base de los sistemas fluviales condicionando su arquitectura estratigráfica (Gil *et al.*, 1987; Fernández y Gil, 1989).

En Alcaraz, la sucesión, de unos 160 m de espesor, está compuesta exclusivamente por las secuencias II (Buntsandstein), III y IV (Keuper) (Fernández, 1977; Gil *et al.*, 1987; Fernández y Gil, 1989; Fig. 1B).

Dentro de la secuencia II se han reconocido, entre otros, cuerpos de arenisca de geometría lenticular, continuidad lateral hectométrica y espesor inferior a la decena

de metros, interpretados como el resultado sedimentario de la actuación de canales meandriformes (Viseras y Fernández, 2010; Fig. 1B). En una primera aproximación, su geometría interna consiste en una mega-estratificación cruzada de acreción lateral del tipo *epsilon cross bedding* (Allen, 1965), con unidades sigmoidales de capas de arenisca alternando con láminas de arcilla (Fig. 2A, B y C).

Para este estudio se ha seleccionado uno de estos cuerpos, que corresponde al resultado de la dinámica de un canal meandriforme que fluía hacia el E-SE. En este

cuerpo se han identificado subambientes de canal, barra de meandro y barra de *scroll* en la transición a la llanura de inundación, si bien se han analizado exclusivamente las unidades de acreción lateral que componen la barra de meandro (Fig. 2A y B).

Técnicas

El afloramiento ha sido escogido en base a la excelente preservación del cuerpo de arenisca, al grado de exposición y a la accesibilidad. Así, tras el muestreo dirigido al análisis petrológico y petrofísico de de-



Fig. 2.- A) Fotointerpretación de las facies del canal meandriforme, incluyendo la posición de los 4 pozos realizados. El pozo MB 3 sobre la barra de meandro es el objeto de estudio. B) Mesoscale detail of the point bar sedimentary architecture. C) Microscale detail of one of the sandstone layers making up the point bar. D) Downhole logging used equipment. E) Drilling used equipment.

Fig. 2.- A) Photointerpretation of meandering channel facies, locating the 4 wells carried out. Well MB3 over the point bar is the aim of the study. B) Mesoscale detail of the point bar sedimentary architecture. C) Microscale detail of one of the sandstone layers making up the point bar. D) Downhole logging used equipment. E) Drilling used equipment.

terminados elementos arquitectónicos (Fernández *et al.*, 2005; Viseras y Fernández, 2010) se ha procedido a su caracterización en el subsuelo. Con este fin, se han perforado 4 pozos repartidos a lo largo de todo el afloramiento (Fig. 2A). En este trabajo se presentan únicamente los resultados preliminares del estudio de uno de ellos, pozo MB3, el cual corta las unidades de acreción lateral del subambiente de barra de meandro (Fig. 2A y B).

La campaña de testificación y perfilaje de pozos se ha realizado utilizando la *Unidad de Perforación y Testificación de Rocas* propiedad del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada (Fig. 2D y E). Con ello se han obtenido testigos continuos de roca de 6 cm de diámetro así como registros diagráficos de Gamma Ray Natural (GR) y de Televisores Óptico y Acústico (OBI y ABI, respectivamente).

Descripción de litofacies en el testigo

Las labores de testificación han conducido a la obtención de un testigo continuo de roca en los depósitos de barra de meandro (recuperación superior al 95% de su longitud). En dicho testigo se observa una sucesión alternante de arenas y lutitas en una tendencia estrato- y granodecreciente (*thinning and finning upward*) (Fig. 3).

En la parte inferior de la sucesión, el intervalo grueso de cada pareja de facies arena-lutita, tiene un patrón de evolución vertical de litofacies característico que se repite, y que describimos a continuación, de muro a techo (Fig. 3).

Así, cada capa arenosa comienza con arena media a fina con estratificación cruzada planar o en artesa incorporando a la base niveles centimétricos de cantos blandos de tamaño gránulo, normalmente poco redondeados. Hacia arriba en el intervalo arenoso, se producen alternancias centimétricas de capas de arena fina con laminación horizontal con otras que muestran mayor proporción de arcilla. Este contraste litológico da lugar al desarrollo de estructuras de escape de agua tipo *flame*.

Por encima de este intervalo la arena presenta intercalaciones de niveles milimétricos de arcilla, que pueden fraccionarse por desecación, dando lugar a *mud curls* localmente removilizados a modo de *mud chips*.

Hacia la parte alta de esta sucesión de barra de meandro, las unidades arenosas tienen tamaño arena fina-limo, mostrando como única estructura laminación cruzada debida a *ripples* de corriente. En esta parte de la sucesión, las capas lutíticas son más potentes y muestran marmorización debida a bioturbación vegetal.

Por encima de la última unidad arenosa se sitúa un paquete de lutitas edafizadas de unos 30 cm de espesor.

Perfilaje de pozo

El registro de GR presenta un patrón de tipo 'embudo' en la parte inferior, que evoluciona hacia arriba a 'campana serrada' (Fig. 3). Los valores API más altos suelen coincidir con capas de arcilla, mientras que los valores más bajos se asocian a mayor tamaño de grano, que en este caso representan las capas de arenisca. No obstante, en la base del perfil, los picos con altos va-

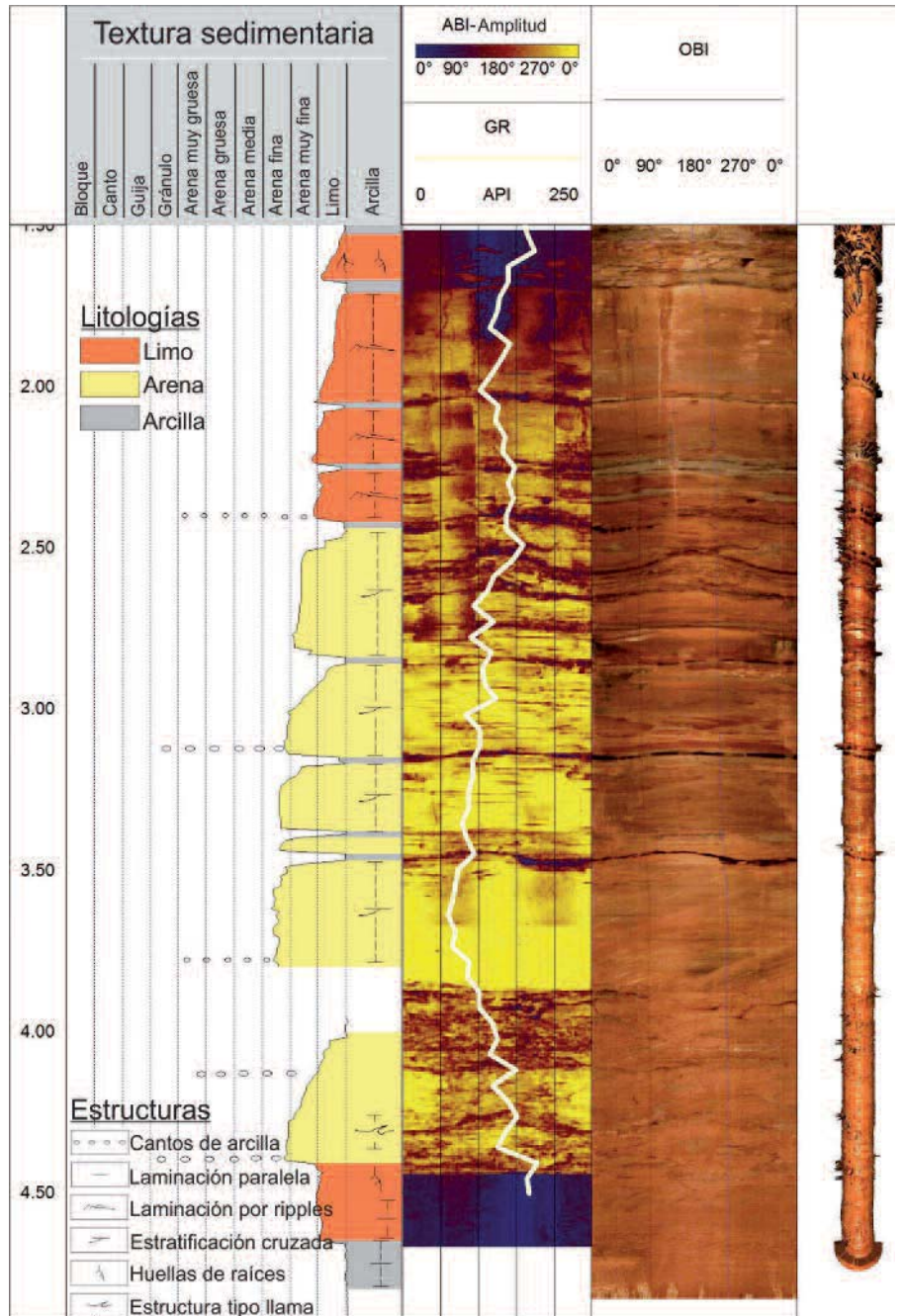


Fig. 3. Sondeo estudiado MB3: Perfil litológico, diagráficos de Gamma Ray Natural (GR) y de Televisores Acústico (ABI) y Óptico (OBI), así como reconstrucción 3D del pozo.

Fig. 3. Studied well MB3: Lithologic log, Natural Gamma Ray (GR), Acoustic Televiewer (ABI) and Optical Televiewer (OBI) wireline logs as well as a 3D well reconstruction.

lores API que se localizan dentro de las capas de arenisca, y que dan lugar a la forma de 'embudo' (Fig. 3), están asociados a zonas de concentración de cantos blandos.

Combinando los rasgos que muestran las imágenes de OBI y ABI del interior del pozo, es posible identificar la posición de las capas de arenisca y de arcilla. En ABI, la arenisca muestra un color más claro debido a su alta impedancia acústica, mientras que las arcillas presentan los tonos más oscuros (Fig. 3). En OBI, estas arcillas suelen presentar tonalidades verdosas (Fig. 3).

Discusión y Conclusiones

La alternancia de arena-lutita en sucesión estratodecreciente corresponde al registro de un conjunto de unidades de acreción lateral en la barra de meandro cada una de las cuales se inicia con una fase de reactivación en la barra, debido a un aumento en el caudal y en la energía de la corriente, con erosión de las facies de decantación previas (intervalo basal con cantos blandos). A continuación, durante la etapa de máxima actividad, se depositan las arenas con estratificación y laminación cruzada. Variaciones en la proporción de arcilla en la arena indican fluctuaciones de flujo durante dicha etapa. Finalmente, se produce una disminución en la energía de la corriente lo cual da lugar a la decantación de finos que tapizan la capa inclinada de arena.

El desplazamiento del canal hacia el Norte provoca que, hacia el techo de la sucesión, las capas de arena registren zonas más alejadas del canal y sometidas a menor energía de flujo (arena muy fina-limo con *ripples*).

La forma en 'campana serrada' del registro de GR es consecuencia del propio patrón de apilamiento de unidades de acreción lateral. La transición vertical desde es-

tratificación cruzada en artesa hasta laminación por *ripples* y el aumento del contenido en arcilla, provoca que la curva evolucione hacia valores API más elevados (Martinius *et al.*, 2002). De hecho, la sucesión termina con el registro de las facies de transición de la barra de meandro a llanura de inundación. Asimismo, los picos anómalos, concentrados especialmente en la base de la sucesión, y que dan a al perfil la forma de 'embudo', se deben al alto contenido en cantos blandos incluidos en las capas de arenas. Esto también se observa al microscopio (Fig. 2C), donde se identifican láminas de tamaño de grano ligeramente superior alternando con otras de menor tamaño de grano y mayor contenido en arcilla y/o cantos blandos. Finalmente, con el registro de ABI y de OBI se corrobora el carácter grano y estratodecreciente hacia arriba de la sucesión debido a la propia dinámica sedimentaria anteriormente expuesta del canal y de la barra de meandro.

Agradecimientos

La calidad del trabajo ha mejorado notablemente gracias a las observaciones de P. Cabello y F. García.

Este estudio ha sido posible gracias a la financiación del proyecto BTE/CGL2009-07830 (MICINN-FEDER), así como del grupo de investigación RNM369 de la Junta de Andalucía. Se agradece a la Consejería de Agricultura (Castilla-La Mancha) y Dña. M. Alcázar, la concesión de los correspondientes permisos.

Referencias

- Allen, J.R.L. (1965). *Sedimentology* 5, 89-191.
- Cabello, P., Falivene, O., López-Blanco, M., Howell, J., Arbués, P. y Ramos, E. (2011). *Petroleum Geoscience* 17, 65-90.
- Fernández, J. (1977). *Sedimentación triásica en el borde Sureste de la Meseta*. Tesis Doctoral,

Univ. de Granada, 173 p.

- Fernández, J. y Gil, A. (1989). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 2, 114-124.
- Fernández, J., Viseras, C. y Dabrio, C. (2005). *Triassic fluvial sandstones (Central South Spain): an excellent analogue for the TAGI reservoir of Algeria*. 67th EAGE Conference & Exhibition, Madrid, España. Field Guide F1.
- Gil, A., Fernández, J. y López-Garrido, A.C. (1987). *Cuadernos de Geología Ibérica* 11, 403-420.
- Henares, S., Viseras, C., Fernández, J., Pla-Pueyo, S. y Cultrone, G. (2011). En: *AAPG International Conference and Exhibition*. Search and Discovery Article, #50541.
- Jordan, D.W., Slat, R.M., D'Agostino, A. y Gillespie, R.H. (1991). En: *Annual Technical Conference and Exhibition Proceedings, v. omega, Formation evaluation and reservoir geology*. Society of Petroleum Engineers, 841-852.
- López Garrido, A.C. (1971). *Geología de la Zona Prebética al NE de la Provincia de Jaén*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 371 p.
- Martinius, A.W., Geel, C.R. y Arribas, J. (2002). *Petroleum Geosciences* 8, 51-62.
- North, C.P. y Boering, M. (1999). *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist* 83, 155-169.
- Ortí-Cabo, F. (1973). *El Keuper del Levante español: litoestratigrafía, petrología y paleogeografía de la cuenca*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 174 p.
- Sánchez-Moya, Y., Arribas, J., Gómez-Gras, D., Marzo, M., Pérez-Arlucea, M. y Sopeña, A. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, Madrid, 484-485.
- Slatt, R.M., Buckner, N., Abousleiman, Y., Sierra, R., Philp, P., Miceli-Romero, A., Portas, R., O'Brien, N., Tran, M., Davis, R. y Wawrzyniec, T. (2011). *AAPG Memoir* 97, 1-21.
- Viseras, C. y Fernández, J. (2010). En: *Sedimentología: del proceso físico a la cuenca sedimentaria* (A. Arche, Ed.). CSIC, 261-298.
- Viseras, C., Fernández, J., Henares, S. y Pla-Pueyo, S. (2011). En: *28th IAS Meeting of Sedimentology*. Abstracts, 107.