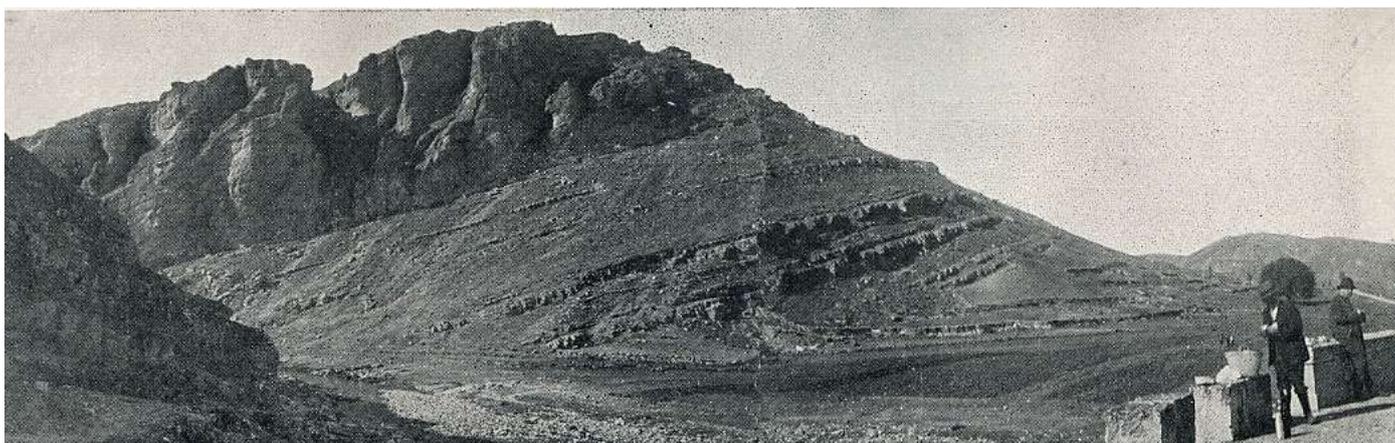




V CONGRESO DEL CRETÁCICO DE ESPAÑA

García-Hidalgo, J.F., Gil-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F.,
López Olmedo, F. y Díaz de Neira, J.A. (Editores)



ESTUDIO DE AFLORAMIENTO DE ESCALA INTERMEDIA COMO ALMACÉN GEOLÓGICO (ALIAGA, PROVINCIA DE TERUEL)

F.M.L. Veloso¹, R. Navarrete¹, A.R. Soria¹ y M.N. Meléndez Hevia²

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra (Universidad de Zaragoza). Plaza San Francisco, 12. 50009. Zaragoza.

² Departamento de Estratigrafía – Instituto de Geociencias UCM, CSIC (Facultad de Ciencias Geológicas - Universidad Complutense) C/ Antonio Novais 12, 28040 Madrid.

Abstract: *The outcrop study as analogous reservoir begins to its sedimentary characterization and lithological description; then the geological information is translated into model of flow to investigate its hydrodynamic behavior. This paper presents the methodology that has been applied to characterize the geological reservoir potential of a mixed-siliciclastic carbonate deposits at the top of Camarillas Formation from Lower Cretaceous of Iberian Range (Galve sub basin, Maeztrago Basin). The Aliaga site is a 2D profile with 150 meters of length and 50 meters in thickness. Sandstone thickness ranges from 1 to 6 meters and seal layers (claystones, marls and carbonates) thickness varies between 5 to 10 meters. Beds have a strike N-S and dip angle of $>75^{\circ}$ to west; they have a good lateral continuity (kilometric scale). Sandy layers contain a high variability of sandy facies in terms of grain size distribution, nature of matrix and grains, presence of cements or fossils. The sedimentary structures and heterogeneities at outcrop scale, called intermediate scale (mm-m in thickness), represents the scale of individual bedforms and laminae supplying detailed information which could be impossible or difficulty to get it from seismic scale also from core. The facies have been described by macroscopic and microscopic observation in terms of grain size, sorting, shape and nature of grains, rock texture, matrix components and structures. Further, sandstone-dominated facies have been sampled to measure their porosity and permeability, thus lithofacies will be associated with hydro parameters to study their hydrodynamic behaviour.*

Key words: *Lower Cretaceous, reservoir, mixed-siliciclastic carbonate deposits, sedimentary description, petrophysics, hydrodynamic*

INTRODUCCIÓN

En las subcuencas del sector central de la Cuenca Ibérica mesozoica el registro sedimentario del Cretácico Inferior contiene una serie de unidades detríticas y mixtas depositadas en diferentes ambientes sedimentarios, y que reúnen unas excelentes condiciones de afloramiento. Debido a estas características, estos depósitos constituyen buenos objetivos para realizar un estudio de caracterización de almacenes geológicos a partir de observaciones y descripciones del afloramiento a diferentes escalas.

El estudio de afloramientos como análogos para la caracterización de almacenes empieza con la caracterización litológica y sedimentológica de la unidad, con el fin de traducir posteriormente la información geológica en modelos numéricos de flujo. El modelo geológico se construye a partir de los datos geológicos tomados directamente en el afloramiento, así como con las medidas de porosidad y permeabilidad realizadas sobre las muestras tomadas. A partir de estos datos lo que se hace es convertir las litofacies en hidrofacies, con el fin de estudiar su comportamiento dinámico.

Para conseguir este objetivo y realizar la modelización a partir de afloramientos de mediana escala se ha seleccionado un perfil que tiene 150 metros de anchura y 50 metros de altura, perteneciente a la Fm. Camarillas (Barremiense, Subcuenca de Galve). Los estratos están subverticales (con un buzamiento superior a los 75° W) con dirección norte-sur y gran continuidad horizontal. Litológicamente, el afloramiento estudiado está compuesto por una alternancia de estratos arenosos que constituyen el almacén, con estratos predominantes arcillosos, calcáreos y margosos que funcionan como sellos del almacén. Los estratos arenosos tienen una potencia que varía entre 1 a 7 metros y una importante variabilidad lateral en términos de granulometría, mineralogía, tipo de matriz, presencia de cementos o fósiles y tipo de estructuras sedimentarias. Los estratos arcillosos y carbonatados son bastante potentes, pudiendo llegar a una decena de metros cuando están yuxtapuestos.

CONTEXTO GEOLÓGICO DEL AFLORAMIENTO

Aliaga es un pueblo situado en el nordeste de España dentro de la provincia de Teruel. Geológicamente, se sitúa en la subcuenca de Galve correspondiente a una cuenca de sedimentación marginal dentro de la cuenca de Maestrazgo (Salas y Guimerà, 1996; Soria, 1997).

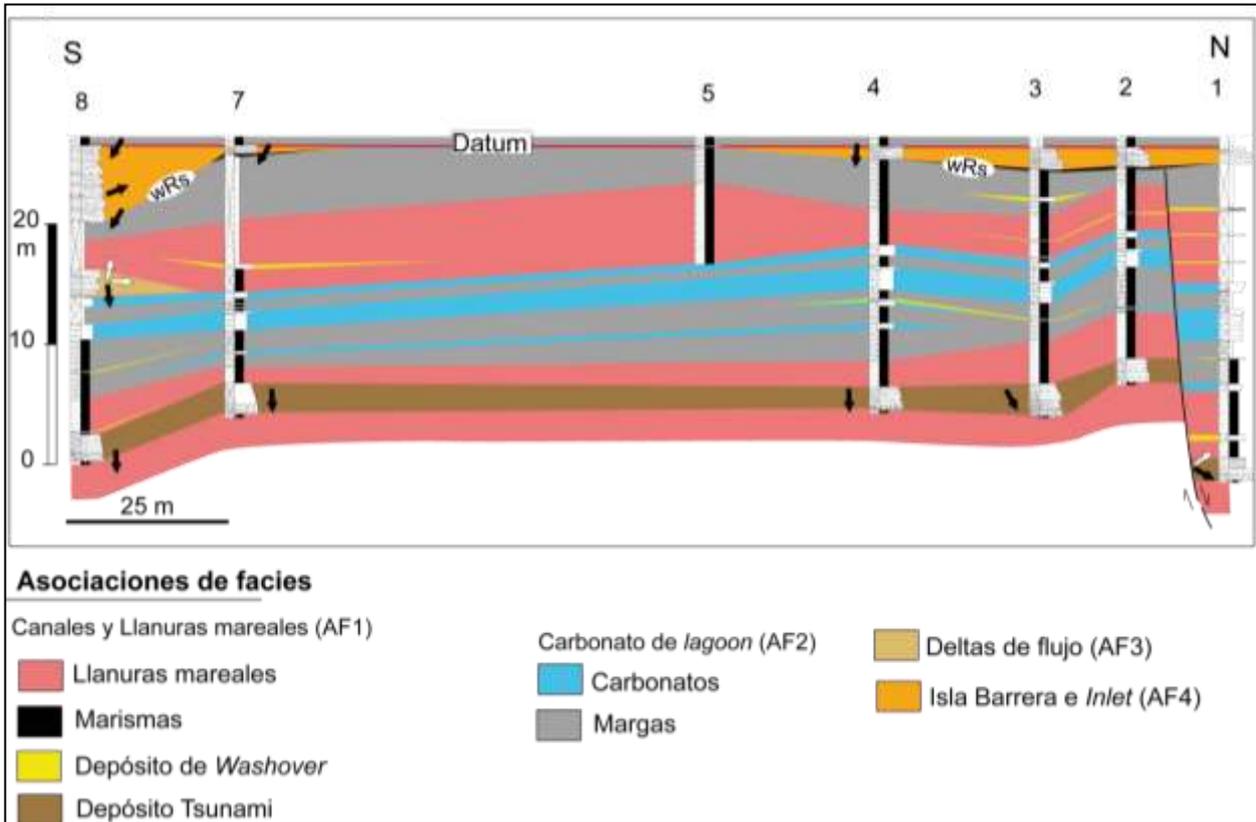


Figura 1: Correlación de los perfiles estratigráficos realizados en el intervalo estudiado. Modificada de Navarrete *et al.* (2013)

Estratigráficamente, el afloramiento estudiado representa un intervalo de transición entre dos unidades barreмиenses (Formaciones Camarillas y Artoles). En la Formación Camarillas predominan los materiales siliciclásticos, interpretados en relación a un sistema transicional (Navarrete *et al.*, 2013), mientras que la Formación Artoles está formada por depósitos carbonatados marinos someros (Salas, 1987; Soria, 1997). La transición entre estas unidades está caracterizada por depósitos mixtos siliciclásticos y carbonatos interpretados como un sistema sedimentario de isla barrera (Navarrete *et al.*, 2013).

La figura 1 muestra la correlación de las columnas realizadas en el afloramiento, en las que se identifican fundamentalmente cuatro asociaciones de facies (Navarrete *et al.*, 2013):

- AF1: asociación de llanura mareal con canales: corresponde a lutitas rojas con intercalaciones de niveles arenosos, lenticulares y de espesor centimétrico a decimétrico. Excepcionalmente, intercalado en las lutitas de la base del intervalo se presenta un nivel métrico de areniscas de grano muy grueso o microconglomerático a grano fino. Dicho nivel ha sido interpretado como un depósito de tsunami multi-episódico (Navarrete *et al.*, en este volumen).
- AF2: asociación de *lagoon* carbonatado: corresponde a facies carbonatadas con intercalaciones de estratos arenosos de algunos centímetros de potencia, de escasa continuidad lateral. Los carbonatos están divididos en 3 facies: calizas con carofitas y ostrácodos; calizas con bivalvos; y margas con ostrácodos.
- AF3: asociación de facies de delta de flujo: Corresponden a facies arenosas de algunos metros de potencia que se acuñan dentro de los materiales de la asociación de facies de lagoon carbonatado.
- AF4: asociación de facies de isla-barrera e *inlet*: caracterizada por areniscas, en ocasiones bioclásticas, de potencia métrica (1-7m), que granulométricamente varían desde muy gruesas hasta finas (evolución

vertical granodecreciente). Presenta restos de vertebrados, dientes de peces, bioclastos, restos de plantas, etc.

El relieve de la zona está esculpido por una intensa erosión de los estratos más blandos, principalmente arcillosos. Así, la base de los estratos más resistentes, como las areniscas, están expuestas favoreciendo la obtención de información en una “tercera” dimensión que varía entre algunos centímetros y 2 metros.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las condiciones de afloramiento permiten un buen acceso al muestreo y descripción de las facies. Se dispone además de fotografías aéreas georeferenciadas (accesibles en <http://sitar.aragon.es/>).

El estudio en este afloramiento se está centrado en los dos principales cuerpos arenosos, porque constituyen las mejores litofacies como almacenes geológicos y porque muestran una gran extensión lateral, lo que compensa su escasa potencia.

Layering (estratos)	Sm- Sandstone massive Arenisca masiva	
p planar x-beds estratificaciones cruzadas planares	Sm/vf	grano muy fino
	Sm/vf, w	buena selección
t trough x-beds estratificaciones cruzadas en surco	Sm/vf,w-m	moderada a buena selección
	Sm/f	grano fino
h horizontal	Sm/f,w	buena selección
m massive masiva	Sm/f,w-m	buena a moderada selección
c cement cemento	cSm/f,w-m	buena a moderada selección, muy cementada
	Sp- Sandstone planar x-beds Arenisca estratif. cruzada planar	
	Sp/m	grano medio
	Sp/m, w-m	buena a moderada selección
	St- Sandstone trough x-beds	
	Stu	Granodecreciente
	St/f	grano fino
	St/fm	grano medio-fino
	St/m-c	grano medio a grueso
	St/m-c,p	poor sorting pobre selección

Para mejorar el cálculo de los espesores de los estratos de areniscas, se realizó un mapa topográfico detallado de la zona (hoja: 543-12: Villarluengo; escala 1:5000) con curvas de nivel a cada 0.5 metros. Este mapa fue construido por medio de un nivel electrónico, de la marca “Leica Sprinter 100”. Con la ayuda de una barra codificada de 2 metros de altura, la distancia y la altura son medidas a partir de la lectura directa de la barra por el telescopio óptico.

Utilizando como base cartográfica el mapa topográfico de detalle y la fotografía aérea georeferenciada, se construye en primer lugar un mapa de litologías para iniciar el programa de muestreo de las litofacies arenosas. El perfil se dividió en dos partes, norte y sur, separados por la carretera. A lo largo de los estratos de areniscas, se extrajeron mas de cincuenta muestras con la ayuda de una máquina portátil de sondeos de marca Pomeroy modelo D026-GT10 Gear-Reduced. Los sondeos tienen entre 10 y 20 cm de altura y de 8 a 9.5 cm de diámetro. Los sondeos son orientados teniendo en cuenta la dirección del estrato, siendo verticales y perpendiculares a esa dirección.

Tabla 1: Código de las litofacies descritas en ese estudio. El prefijo c (cemento) antes del S (sandstone, arenisca) indica la presencia de cemento.

Las muestras están siendo analizadas petrográfica y petrofísicamente. A partir de la caracterización petrográfica, las litofacies arenosas fueron redefinidas sobre la base de su selección, granulometría, forma y mineralogía de los granos así como por la presencia y tipo de cemento y la presencia o ausencia de fósiles. La caracterización petrofísica de las muestras se realiza en el Instituto Petrofísico de Madrid (IPF) sobre mini muestras, de 50mm de altura y 40mm de diámetro, extraídos de los sondeos. La porosidad es determinada utilizando un picnómetro de Helium y la permeabilidad por una cámara de gas, donde se controla la presión para determinar su permeabilidad absoluta al gas. Esas muestras pueden ser tanto perpendiculares como paralelas a la dirección del estrato; las paralelas son utilizadas para medir la permeabilidad horizontal y las perpendiculares son utilizadas para medir la permeabilidad vertical. El objetivo de este estudio es relacionar las litofacies identificadas con los parámetros hidrodinámicos y así construir el perfil de hidrofacies.

RESULTADOS PRELIMINARES: DISCUSIÓN

Las litofacies de areniscas se han dividido en dos grupos principales: muy cementadas y poco cementadas. Estos grupos principales se han subdividido siguiendo la clasificación de litofacies de Miall (1996), teniéndose en cuenta su selección y granulometría, además de las texturas y estructuras sedimentarias (Tabla 1). La cementación de las areniscas puede ser tanto carbonatada, esencialmente calcita, como rica en caolin.

En ambos cuerpos de arenisca se observa una gran variabilidad lateral y vertical de litofacies que pueden interferir directamente en sus propiedades petrofísicas. La descripción microscópica de las litofacies tiene en cuenta la escala de los análisis petrofísicos, es decir, una escala milimétrica, mientras que la escala de afloramiento es de una escala métrica a decamétrica lo que exige, en primer lugar, un *upscaling* de la información sedimentaria.

Con la ayuda de los datos de porosidad y permeabilidad, las litofacies tendrán valores petrofísicos asociados, y con eso se podrá confeccionar un modelo con propiedades hidrodinámicas teniéndose en cuenta la información sedimentaria basada esencialmente en datos directos del afloramiento.

Agradecimientos: Este trabajo es una contribución al grupo de trabajo “Análisis de Cuencas Sedimentarias Continentales” del Gobierno de Aragón, al grupo “Análisis de Cuencas Sedimentarias Continentales” del grupo UCM-CAM y del proyecto CGL2011-23717 del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España. Agradecemos al CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil) por la concesión de la beca de doctorado a Fernanda M.L. Veloso, autor de ese trabajo, así que a Carlos Liesa y Antonio Casas por su apoyo y ayuda en este proyecto.

Referencias

- Miall, A.D. (1996). The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies Basin Analysis, and Petroleum Geology. Springer, Berlin, pp. 582.
- Navarrete, R., Rodríguez-López, J.P., Liesa, C.L., Soria, A.R. y Veloso, F.M.L. (2013): Changing physiography of rift basins as control on the evolution of mixed siliciclastic-carbonate back-barrier systems (Barremian Iberian Basin, Spain). *Sedimentary Geology*, 289: 40-61.
- Navarrete, R., Liesa, C.L., Castaneda, D., Soria, A.R., Rodríguez-López, J.P; y Canudo, J.I. (en este volumen): Megayacimiento de moldes de huellas de dinosaurios preservado por un nivel de areniscas interpretado como un depósito de tsunami (Formación Camarillas, subcuenca de Galve). *Comunicaciones al V Congreso del Cretácico de España*.
- Salas, R. (1987): El Malm y el Cretaci inferior entre el Massis de Garraf y la Serra d'Espadà. PhD. Univ. de Barcelona, 345 pp.
- Salas, R. y Guimerà, J. (1996): Rasgos estructurales principales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica oriental). *Geogaceta*, 20 (7): 1704-1706.
- Soria, A.R. (1997): La sedimentación en las cuencas marginales del surco ibérico durante el Cretácico inferior y su control estructural. PhD Thesis. Univ. de Zaragoza, 363 pp.



CON LA COLABORACIÓN DE:

