

Costras carbonatadas en la sucesión aluvial distal eocena de la Formación Hamada de Boudenib II al sur del Alto Atlas (Marruecos)

Calcretes and dolocretes in the Eocene alluvial distal plain succession of the Hamada de Boudenib II Formation (southern High Atlas Mountains. Morocco)

I. Armenteros⁽¹⁾, M. Ben Brahim⁽²⁾, J.A. Blanco⁽¹⁾, P. Huerta⁽¹⁾, M. Suárez⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, 37071 Salamanca, España. E-mail: ilde@usal.es

⁽²⁾ Department of Geomorphology, Mohammed 1st University, BP. 457. 60000. Oujda, Morocco. E-mail: benbrahim@lettres.univ-oujda.ac.ma

ABSTRACT

On the southern edge of the High Atlas Mountains of Morocco, the Tertiary continental deposits form extensive tablelands, the so-called "Hamada", in the Boudenib area. Two units have been defined in the Paleogene: a Lower unit "Hamada de Boudenib I" (lower Eocene) and an Upper one "Hamada de Boudenib II" of Middle/Upper Eocene age. This latter lies unconformably and covers most of the Lower unit; generally dips towards the south and thickens in this same direction. Their central basin deposits essentially consist of mudstones and sandy mudstones, deposited in distal areas (alluvial plain) of alluvial fans with sparse channels and ephemeral carbonate ponding. Intense processes of crust formation produced several facies of calcretes and dolocretes and the ubiquitous palygorskite. The duricrust features indicate that they were formed by continuous processes of carbonate precipitation in the vadose and capillary zones of soil profiles, developed on the alluvial plain, with alternative wetting and drying episodes in a semiarid climate.

Key words: Calcrete, Dolocrete, Dedolomitization, Boudenib, Paleogene, Maroc.

Geogaceta, 34 (2003), 199-202
ISSN:0213683X

Introducción y Marco Geológico

En el margen meridional del Alto Atlas de Marruecos, área de Boudenib, los depósitos terciarios continentales forman extensos páramos, denominados Hamada (Fig.1). Dentro de ellos se han reconocido dos miembros: Hamada de Boudenib de edad Paleógena (miembro inferior) y Hamada de Guir de edad Neógena (miembro superior) (Hindermeyer, 1950).

La compresión N-S de la Orogenia Alpina produjo a partir del Paleoceno una intensa deformación en el Alto Atlas oriental y reactivó varias fallas tardihercínicas: su reajuste dio lugar a diversas cuencas terciarias como la de Boudenib, que fue rellenada por depósitos de abanicos aluviales. Las características litoestratigráficas y morfotectónicas de esta cuenca permiten reconocer dos unidades paleógenas (Ben Brahim, 1994) (Fig. 1):

a) *Unidad Inferior* "Hamada de Boudenib I" (Eoceno inferior). Es una secuencia compleja en la que las facies

sedimentarias muestran una típica distribución con un sistema de abanicos aluviales en el margen de la cuenca, que pasa a "mud flat" hacia las áreas distales.

b) *Unidad Superior* "Hamada de Boudenib II" (Eoceno medio/superior). Es discordante sobre la Unidad Inferior y presenta una inclinación general hacia el sur, a la par que aumenta su espesor. Sus facies originales, entre las que dominan las lutitas arenosas con algunas intercalaciones de areniscas y conglomerados intraformacionales, quedan enmascaradas por la formación de costras carbonatadas. Además, se caracteriza por la omnipresencia de palygorskita.

Este trabajo se centra en la Unidad Superior y su objetivo es aportar criterios para identificar el conjunto de procesos diagenéticos (edáficos y freáticos) implicados en la formación de los encostramientos carbonatados, con el fin de comprender mejor el modelo sedimentario-

diagenético de esta antigua cuenca cerrada semiárida del sur de Marruecos.

Secciones estratigráficas estudiadas

Las secciones estudiadas se localizan al sur del Oued Guir en los escarpes de la Hamada de Boudenib y en las cercanías de esta localidad (Fig.1).

Sección de Gara Titratine (Fig. 2)

A lo largo de su espesor de 55 m se distinguen 6 secuencias carbonato-crecientes. La secuencia inferior presenta una carbonatación calcítica que aumenta progresivamente hacia arriba desde lutitas pardo-rojizas, ligeramente arenosas, en detrimento del cuarzo y de los filosilicatos. En el resto de las secuencias se aprecia una carbonatación dolomítica a partir de lutitas pardo-rojizas, que acompaña a la calcítica en diversas proporciones. En la base de la 5ª secuencia hay un relleno conglomerático de canal, que erosiona a la secuencia anterior. Los niveles carbonatados presentan tres

estructuraciones predominantes: estructura de restos nodulares de material siliciclástico original, estructura prismático-columnar; y estructura poliédrica (bloques cm a dm), omnipresente en los niveles superiores de la sección.

Sección de Tichniouine (Fig. 2)

Esta columna se apoya sobre un nivel silicificado del techo de la Hamada de Boudenib I (Thiry y Ben Brahim, 1990 1997). Presenta casi 25 m de espesor y se reconocen 3 secuencias carbonato-crescentes en la mitad inferior. En la parte superior las secuencias son difíciles de distinguir. Las características estructurales más relevantes en campo son: nódulos residuales de material original; y estructura columnar, superpuesta a veces a planos horizontales dando así una estructura poliédrica.

Análisis de facies

Facies terrígenas

Aparecen en la base de las secuencias estudiadas. Son lutitas, o lutitas arenosas generalmente, ricas en filosilicatos y cuarzo, aunque también se ha reconocido niveles de conglomerados y areniscas. Destaca la ausencia de feldespatos, la omnipresencia de paligorskita y la de un conjunto de arcillas detríticas (illita+caolinita+esmeclita?) muy degradado.

En las lutitas, el contenido en carbonato es menor del 50% y aparece de forma difusa o en forma de nódulos dispersos de tamaño centimétrico.

Las areniscas, de grano fino a medio con laminación cruzada de ripples, aparecen en la base de la columna de Gara Titratine donde forman secuencias grano-decrecientes que terminan en lutitas arenosas. A 40 m de la base de esta columna, aparece un relleno de canal, que forma una secuencia conglomerático-arenosa. Las areniscas están compuestas por cuarzo (< 10%), trazas de feldespato, filosilicatos (20%) y el resto por calcita y dolomita, esta última en menores cantidades. La fracción carbonatada está compuesta por Microcodium (prismas aislados y agrupados), bioclastos (gasterópodos y algunos restos de ostrácodos), y abundantes litoclastos de caliches calcíticos (micríticos) y dolomíticos (cristales aislados, dolomicritas, dolomicroesparitas y dolopseudosparitas).

Facies carbonatadas

El contenido mineralógico y las características petrográficas indican que la distribución de niveles carbonatados en la

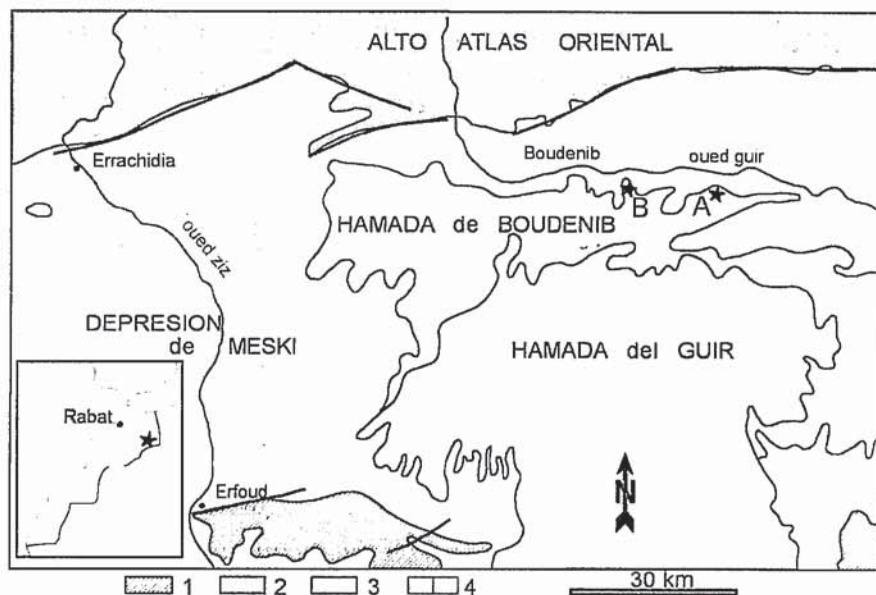


Fig. 1.- Mapa geológico simplificado y situación de las secciones estudiadas. A, Sección de Gara Titratine; B, Sección de Tichniouine. 1, Zócalo Hercínico; 2, Mesozoico plegado; 3, Cuenca Cretácica de ante-país; 4, Formaciones terciarias.

Fig.1.- Simplified geological map and location of the profiles studied. A, Gara Titratine profile; B, Tichniouine profile. 1, Hercynian basement; 2, Folded Mesozoic; 3, Foreland Cretaceous basin; 4, Tertiary formations.

Hamada Boudenib II, son el resultado de procesos de reemplazamiento carbonatado (por calcita y/o dolomita) a partir de sedimentos originalmente siliciclásticos y/o de modificación de estos reemplazamientos primarios.

1. Caliche con restos de material original.

Aparecen en la parte inferior de ambas columnas. Se caracterizan en muestra de mano por presentar nódulos, de unos pocos milímetros a menos de 4 cm. En lámina delgada están formados por un mosaico micrítico-microesparítico teñido por óxidos de hierro. Están rodeados por un mosaico calcítico más claro con fábrica hipidiotópica inequigranular (8 a 60 μ m). La cantidad de granos de cuarzo varía entre 10 y 25% y su tamaño oscila entre 50 y 400 μ m. Tienen rasgos de corrosión y están rodeados por una empalizada de esparita limpia. En algunos casos dichos nódulos preservan vestigios arcillosos con granos dispersos de cuarzo y una fábrica birrefringente de tipo "mosaic-speckled" (Bullock *et al.*, 1985). Se aprecian restos de Microcodium y cristales dispersos de dolomita con el núcleo oscuro. La porosidad es de tipo canal, con secciones discontinuas (40-120 μ m de ancho) de formas elongadas, circulares u ovoides. Estas características indican una impronta edáfica (Armenteros, 1989; Wright y Tucker, 1991) lo que está reforzado por la presencia de Microcodium (Klappa, 1978).

2. Caliche masivo.

La facies anterior pasa transicionalmente a la facies de caliche masivo, que se caracteriza por ser un mosaico calcítico microcristalino, bastante homogéneo. Cuando el mosaico es microesparítico (8-20 μ m) presenta fábrica equigranular a inequigranular xenotópica y normalmente contiene dominios (diám: 20-80 μ m) micríticos dispersos. Los rasgos microestructurales son similares a los de la facies anteriormente descrita.

3. Caliche dolomítico ("dolocrete")

Los niveles de "dolocrete" tienen un aspecto de campo similar al del caliche masivo, aunque los "dolocrete" de las dos secuencias superiores de Gara Titratine tienen una estructura poliédrica. Los restos de cuarzo y arcilla presentan una distribución y abundancia similares a las observadas en el caliche masivo. Se reconocen dos tipos de mosaicos dolomíticos:

A) *Mosaico idiotópico*: presenta fábrica equigranular (diám. de cristal: 40-50 μ m) en la que destacan cristales rómbicos aislados con núcleo oscuro. Esta fábrica es lateralmente menos idiotópica y más inequigranular. Entre los cristales de dolomita hay restos de matriz arcillosa con fábrica birrefringente de tipo "speckled" (Bullock *et al.*, 1985) teñida por oxihidróxidos de hierro. Además, en algunos niveles existe un mosaico calcítico entre los cristales de

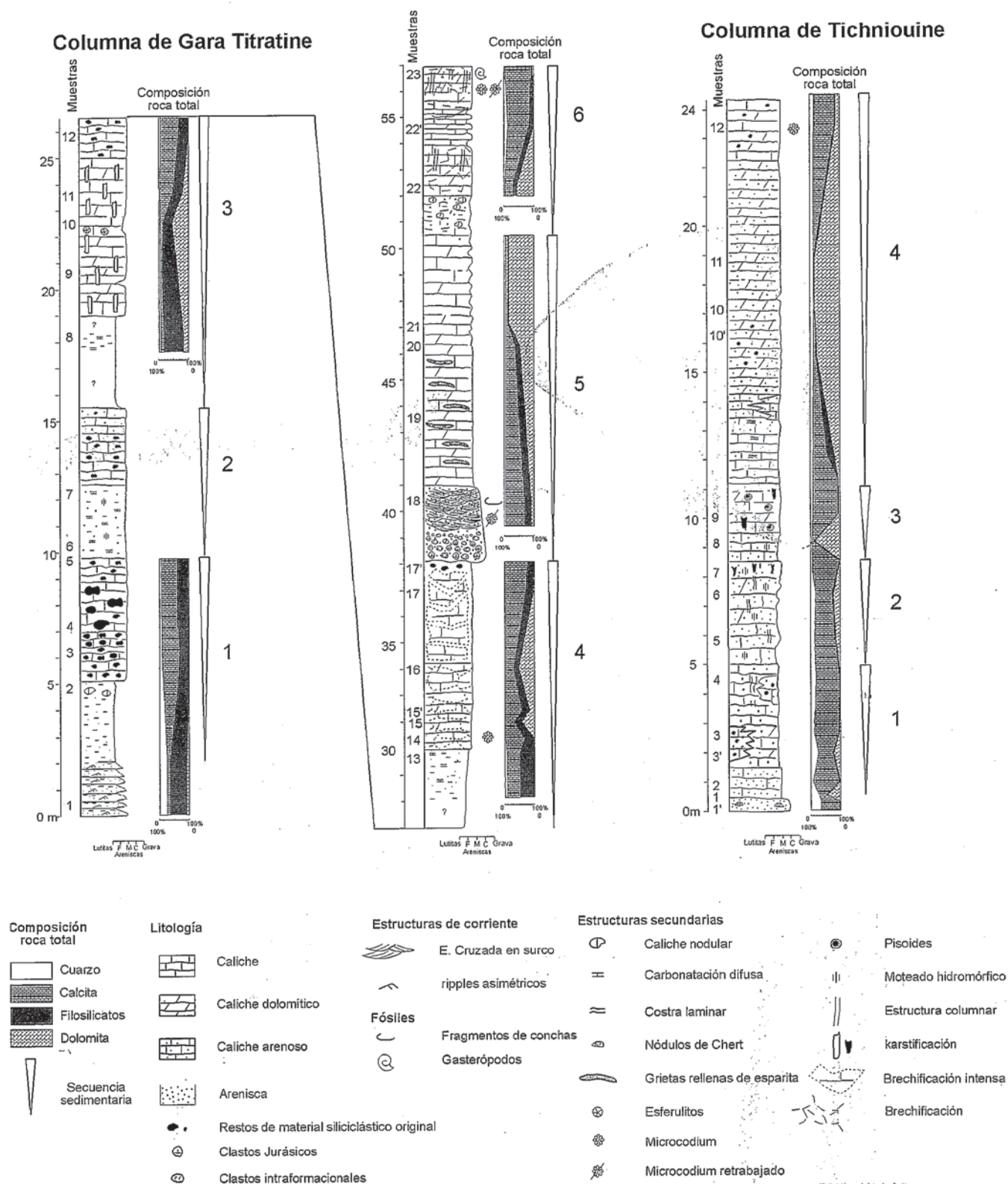


Fig. 2.- Secciones estudiadas, secuencias sedimentarias y columnas de composición mineralógica en ambas secciones.

Fig. 2.- Profiles studied, sedimentary sequences and mineralogical logs along both profiles.

dolomita. Este hecho, junto con la presencia de cristales de dolomita dispersos en las facies de caliche, puede indicar que, en algunos casos, son los caliches los que se dolomitizan.

B) Mosaico xenotópico: es un mosaico cristalino inequigranular y heterogéneo. Está formado por áreas dolomicrocíticas con textura grumosa, separadas por zonas de dolomicrosparita fina con cristales xenotópicos

e inequigranulares. Los grumos dolomíticos representan relictos de un mosaico original en el que existía una bioturbación previa. En este caso parece existir una preservación de las texturas previas.

4. Facies diagenéticas

En ellas se engloban las facies que indican una transformación de los encostramientos previos que se han descrito.

A) *Facies de dedolomitización*: Destacan dos niveles situados a techo del perfil de Tichnouine y debajo del relleno canalizado en Gara T. El mosaico, con restos de dolomita como refleja la tinción, varía de idiótópico a xenotópico y es bastante equigranular (diám: 30-50 µm). Los granos detríticos de cuarzo aparecen dispersos (10-12 % y diám: 50-250 µm) con bordes de corrosión. Dada la preservación de la fábrica dolomítica, podría asimilarse a la "*fabric preserving calcitization*" de Colson y Cojan (1996) en el Daniense de la Cuenca de Provenza. Otras veces no se conserva la fábrica original dolomítica, lo cual pudiera deberse al tamaño microcristalino dolomítico original.

B) *Facies de degradación de facies previas*: esta facies presenta una estructura bréchica o en bloques en campo y está representada en la parte superior de la columna de Tichnouine y en la mitad superior de Gara Titratine. Presenta una microestructura peloidal (James, 1972; Braithwaite, 1983) a bréchico-resquebrajada ("crumb"), compuesta principalmente por agregados subesféricos con amplia porosidad interagregado, en canal y en grietas rellenas por esparita. El paso desde esta facies a los "dolocrete" subyacentes es gradual, y parece haber solapamiento con niveles de dedolomitización. Este tipo de facies es una consecuencia de procesos de exposición, y por tanto suelen estar asociadas a techos de secuencia y a una marcada discontinuidad sedimentaria, lo cual está refrendado por la presencia de colonias de *Microcodium* (Klappa, 1978; Freytet y Plaziat, 1982).

Discusión y conclusiones

La sedimentación en la cuenca estaba representada por facies finas de

lutitas y lutitas arenosas con esporádicas intercalaciones de facies más gruesas asociadas a rellenos de canal dentro de una llanura aluvial distal. La presencia de fragmentos de moluscos podría indicar la existencia de encharcamientos efímeros en la llanura. El establecimiento y consideración de cada una de las facies y su distribución en ambos perfiles permite reconocer varias secuencias sedimentarias mayores en la sedimentación siliciclástica fina de las zonas distales de la cuenca de Boudenib, que están caracterizadas por el desarrollo de encostramientos superpuestos a lo largo de cada secuencia. En general, se produce un aumento del contenido en carbonatos (dolomita y calcita) y una disminución del contenido en siliciclásticos residuales de muro a techo en las secuencias. Por su parte, la dolomita se hace mayoritaria hacia el techo, salvo en algunas secuencias en que disminuye, pudiendo llegar a desaparecer. La presencia de dolomita y la omnipresencia de paligorskita indican una alta concentración de magnesio en las aguas vadoso-freáticas de la llanura aluvial. A lo largo de todas las facies, son evidentes las texturas y los rasgos asociados a carbonataciones en la zona edáfica vadosa (porosidad de raíces, *Microcodium*, texturas alveolares, etc.), la cual coincidiría en parte con la zona freático-capilar. Esta connotación freática está indicada por la abundancia de moteado hidromórfico y la gran extensión lateral de los encostramientos. Dado el carácter geomorfológico de la llanura aluvial, sería de esperar un nivel freático próximo a superficie en relación con el cual tendría lugar buena parte la precipitación de carbonato durante las fases más secas. El hecho de que aparezcan dedolomitizaciones y facies de degradación indican un aumento de la relación Ca/Mg y una dilución de las aguas freáticas y del suelo, circunstancias compatibles con una irrupción de aguas más dulces en el sistema paleohidrológico. Este conjunto de ras-

gos apuntan a un clima semiárido con una marcada estación seca (Wright y Tucker, 1991).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del marco de la Acción Complementaria concedida en el año 2000 por la AECI para el estudio de las "Paleoalteraciones de las cuencas terciarias de Boudenib (Marruecos) y del Duero (España)". Ha contado también con el soporte técnico del Proyecto PB98-0668-C02-02.

Referencias

- Armenteros, I., 1989: *Studia Geologica Salmanticensia*, Vol Esp. 5, 13-54.
- Ben Brahim, M. 1994: *Révue de Géographie du Maroc*, 1 & 2. Vol XVI: 53-75.
- Braithwaite, C.J.R., 1983: *J. Geol. Soc. London*, 140, 351-363.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., y Tursinat, B., 1985: *Handbook for soil thin section description*. Waive Research Publications, 152 pp.
- Colson, J. y Cojan, I., 1996: *Sedimentology*, 43, 175-188.
- Freytet, P. y Plaziat, 1982: *Continental Sedimentation and Pedogenesis-Late Cretaceous and Early Tertiary of Southern France*. Contrib. to Sedim., Vol. 12, Springer Verlag, Stuttgart.
- Hindermeyer, J., 1950: *Notes Mém. Serv. Geol. Maroc*, 76, 105-141.
- James, N.P., 1972: *J. Sediment. Petrol.*, 42, 817-836.
- Klappa, C.F., 1978: *Sedimentology*, 25, 489-522.
- Thiry, M. y Ben Brahim, M. 1990: *Geodinamica Acta*, 4, 237-351.
- Thiry, M. y Ben Brahim, M. 1997: *Geodinamica Acta*, 10, 1, 12-29.
- Wright, V.P. y Tucker, M.E., 1991: En: *Calcretes*, V.P. Wright and M.E. Tucker, (Eds.), Int. Assoc. Sedimentol. Reprint Series, 2, pp. 1-22.