

Tipología y significado de los fragmentos de calcretas laminares acumulados en la base de la Formación Aguilar (Titoniense terminal – Berriasiense inferior, Grupo Campóo, Palencia, Burgos y Cantabria)

Tipology and significance of the fragments of laminar calcretes from the base of the Aguilar Formation (Upper Tithonian – Early Berriasian, Campóo Group, Palencia, Burgos and Cantabria)

Jose M. Hernández¹, Victoriano Pujalte² y Sergio Robles²

¹ Fundación Cristina Enea. Paseo Duque de Mandas 66, 20012 San Sebastián, España.

josem_hernandez@donostia.eus

² Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Barrio Sarriena s/n, 48940, Leioa, Bizkaia, España.

victoriano.pujalte@ehu.eus, sergio.robles@ehu.eus

ABSTRACT

The accumulation of the Aguilar Formation (Campóo Group), as a result of the onset of the later Jurassic – early Cretaceous Rift phase, supposed an important sedimentary break above the previous Jurassic marine succession. There is not sedimentary record from this time (Middle Callovian – Late Tithonian), however, the laminar calcretes included into the basal deposits of the Aguilar Formation can offer information about the processes occurred during this hiatus. The development of these calcretes is the result of the accretion of four microfabrics, organised in a more or less regular repetitive sequence. The analysis of these four microfabrics has allowed to deduce how they were generated, as well as to establish a genetic model to explain its genesis.

Key-words: Laminar calcrete, microfabric, genesis, Aguilar Basin.

RESUMEN

El depósito de la Formación Aguilar (Grupo Campóo) supuso la reactivación de la sedimentación como consecuencia del inicio de la fase Rift del Jurásico Superior – Cretácico Inferior, generándose una importante ruptura sedimentaria con respecto a la sucesión marina jurásica previa. No existe registro sedimentario de este periodo temporal (Calloviense medio – Titoniense terminal), si bien las calcretas laminares incluidas como clastos en los depósitos basales de la Formación Aguilar pueden aportar información sobre los procesos ocurridos durante este tiempo. Dichas calcretas, están constituidas por el apilamiento de cuatro microfábricas, que se organizan de manera más o menos regular en una secuencia que se repite. El análisis de estas cuatro microfábricas ha permitido establecer un modelo genético para su formación.

Palabras clave: Calcreta laminar, microfábrica, génesis, Cuenca de Aguilar.

Geogaceta, 58 (2015), 15-18
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 26 de enero de 2015
Fecha de revisión: 29 de abril de 2015
Fecha de aceptación: 15 de mayo de 2015

Introducción

La formación de la Cuenca de Aguilar, como consecuencia del inicio de la fase *Rift* del Jurásico Superior – Cretácico Inferior, conllevó un drástico cambio paleogeográfico, que incluyó emersión, y un importante reajuste hidrográfico. La exposición subaérea del sustrato jurásico marino, además de erosiones localizadas, supuso que durante un largo intervalo temporal (Calloviense medio-Titoniense medio) el registro sedimentario fuera escaso, limitado de hecho a fragmentos de calcretas laminares

que en general aparecen como clastos incluidos en conglomerados basales de la Formación Aguilar. El objetivo de este trabajo es describir la información sobre los procesos de alteración ocurridos en dicho sustrato durante dicho intervalo, información obtenida del análisis de dichos fragmentos de calcretas.

Marco geológico

La Formación Aguilar (Titoniense terminal-Berriasiense medio; Hernández *et al.*, 1999) es la más antigua de las dos unida-

des del Grupo Campóo en la Cuenca de Aguilar (Fig. 1). La unidad está constituida por una potente sucesión (~ 500 m) de depósitos clásticos y carbonatados acumulados en sistemas fluvio-palustres interconectados, cuya evolución estuvo controlada por variaciones de la actividad de fallas que limitan y segmentan la Cuenca (Hernández, 2000). Sin embargo, previamente al depósito de dicha sucesión, el área permaneció un largo intervalo emergida y expuesta subaéreamente, durante el que se originaron las calcretas laminares descritas a continuación.

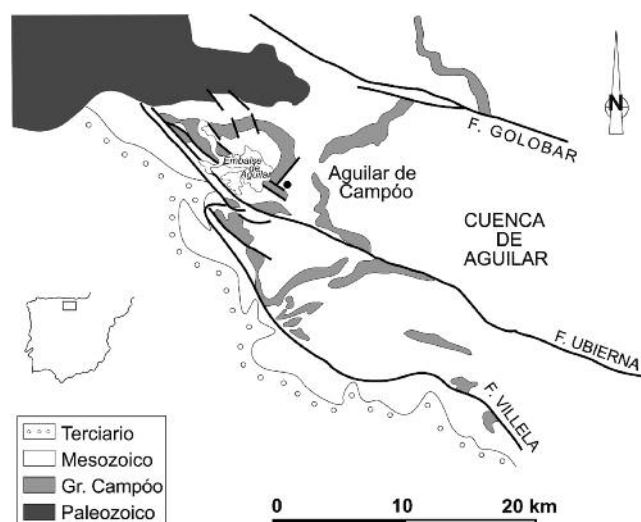


Fig. 1.- Mapa de afloramientos del Grupo Campóo en la Cuenca de Aguilar.

Fig. 1.- Outcrop map of the Campóo Group in the Aguilar Basin.

Tipología e interpretación de las calcretas laminares

Los fragmentos de calcretas laminares (Fig. 2) aparecen asociados al límite basal de la Formación Aguilar, como clastos de entre 5 y 15 cm (Fig. 2A), incluidos junto con restos re TRABAJADOS del Jurásico marino en la base de la unidad. Por lo general, estos fragmentos descansan sobre materiales del Calloviense (zona de *Macrocephalites macrocephalus*), aunque a veces lo hacen sobre términos más antiguos.

Independientemente del tamaño y redondez de los fragmentos de calcretas, se constata que en todos los casos su microestructura interna es similar, lo cual permite afirmar que se originaron bajo condiciones ambientales análogas. El análisis microscópico de las calcretas permite distinguir cuatro microtexturas respectivamente denominadas micrítica densa, acicular, peloidal y alveolar, ordenadas verticalmente según una secuencia repetitiva.

Microfábrica micrítica densa

Se trata de intervalos micríticos milimétricos, muy compactos y de tonalidad oscura. Dispersos irregularmente en la matriz abundan granos de cuarzo tamaño limo y microporos equidimensionales con relleno esparítico. En estos intervalos se aprecia un progresivo aumento en la vertical del número de estructuras de alteración mecánica de la matriz, de tal manera que gradualmente aparecen fisuras subhorizontales, grietas circungranulares, y finalmente texturas con alto grado de disgregación.

Microfábrica acicular

Está constituida por crecimientos calcíticos de hábito acicular (Fig. 2B) relleno de fisuras subhorizontales de entre 0,1 y 0,5 mm. Muestran una secuencia vertical de relleno polifásica: (1) relleno basal micrítico o microesparítico con un tenue bandeado subparalelo a la orientación de la fisura; (2) bandeado de calcita *blocky* con cristales subeuhedrales de 0,1 mm de tamaño; y (3) cristales calcíticos bien desarrollados (0,25 mm) de hábito acicular y coloración anaranjada.

Microfábrica peloidal

Consiste en granos micríticos esféricos u ovalados, de color oscuro y que incluyen granos de cuarzo tamaño limo, acumulados en sistemas de fisuras subhorizontales (Fig. 2C). Los diámetros de los peloides oscilan entre 0,05 y 0,3 mm y presentan una selección granulométrica moderada. La porosidad interpeloidal, así como las zonas de la fisura sin relleno peloidal están ocluidas por calcita espática.

Microfábrica alveolar

Está caracterizada por una serie de poros de forma arriñonada dispuestos en bandas, con sus ejes mayores orientados subparalelamente a la base (Fig. 2D). En ocasiones la estructura se reduce a una única franja que atraviesa subhorizontalmente la microfábrica micrítica densa. Cada uno de los poros presenta una fina laminación micrítica concéntrica, en la que con frecuencia se desarrolla una porosidad subor-

dinada de menor tamaño consistente en alineaciones de microporos esféricos. Así mismo, en el interior de los poros principales se ha reconocido la textura alveolar-septal (Wright *et al.*, 1988; Zhou y Chafetz, 2009). En todos los casos, la porosidad aparece ocluida por calcita espática.

Interpretación

La microfábrica micrítica densa es interpretada como horizontes de calcretas alfa donde la precipitación de carbonato cálcico se produce principalmente de forma inorgánica (Alonso-Zarza, 2003; Alonso-Zarza y Wright, 2010). Según Wright (1990), habría sido formada en ambientes subterráneos, varios metros por debajo de la superficie y alejada de toda actividad biológica, originada por precipitación simple o bien por acreción vertical superficial de soluciones calcretizantes saturadas en carbonato cálcico.

Los microporos de forma esférica son atribuidos a pequeñas vesículas de gas atrapado durante la formación del horizonte (micritización). La desgasificación del suelo propicia la rápida precipitación del carbonato, pudiendo quedar pequeñas cantidades de CO₂ retenido en la matriz. La concurrencia en la parte superior de la microfábrica micrítica densa de una amplia gama de grietas subhorizontales y circungranulares, es un rasgo característico de los primeros estadios de la disgregación pedogénica de la calcreta, producida por la desecación y retracción del sustrato carbonatado durante la alternancia de condiciones húmedas y secas (Wright y Tucker, 1991). La microfábrica peloidal sería el reflejo del avance del proceso de disgregación (Li y Jones, 2014). Así, la variabilidad en el tamaño de los peloides, la similitud textural con la microfábrica micrítica densa y la localización preferencial en sistemas de fracturas horizontales parece apuntar hacia procesos de tipo físico (granificación *sensu* Sarkar, 1988) como los causantes de su formación.

Por último, la microfábrica acicular constituye el relleno polifásico calcítico de las fisuras subhorizontales mayores desarrolladas en los intervalos de microfábrica micrítica densa, atribuibles a un origen vadoso temprano (Watts, 1980).

En resumen, un horizonte cálcico impermeable puede sufrir su alteración física por fisuración mecánica por la repetida humectación y desecación, inicialmente mediante sistemas de grietas horizontales, y posterior-

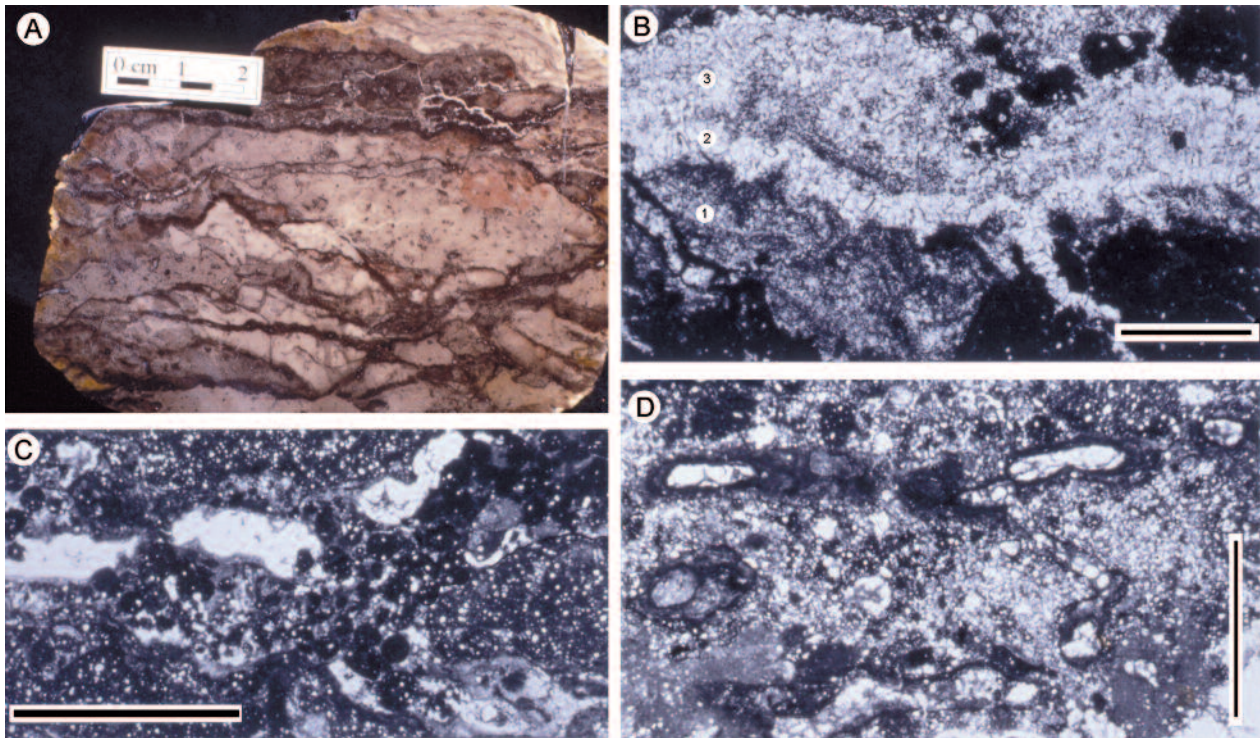


Fig. 2.- A) Sección pulida de un fragmento de calcreta laminar. B) Microfábrica acicular mostrando su relleno polifásico de calcita (barra: 0,25 mm). C) Microfábrica peloidal (barra: 2 mm). D) Microfábrica alveolar (barra: 4 mm).

Fig. 2.- A) Polished slab of a laminar calcrete clast. B) Acicular microfabric showing calcite polyphasic infill (bar: 0.25 mm). C) Peloidal microfabric (bar: 2 mm). D) Alveolar microfabric (bar: 4 mm).

mente mediante grietas circungranulares que pueden llegar a individualizar granos y a disgregar el sustrato en los últimos estadios de la pedogénesis. Por su parte, el origen de la microfábrica alveolar estaría ligado a la extensión de mallas de raíces (Alonso-Zarza *et al.*, 1998). Los poros arriñonados mayores representan secciones transversales calcificadas de la propia malla de raíces, mientras que los microporos subordinados pueden ser referidos a los pelillos absorbentes del sistema radicular. Las envueltas micríticas concéntricas localizadas alrededor de los poros principales parecen ser el resultado de la precipitación inducida por la actividad fisiológica de las propias raíces (Wright *et al.*, 1988), o bien, de la actividad de microorganismos asociados. El desarrollo de la microestructura alveolar aparece exclusivamente relacionada con la microfábrica micrítica densa, y sugiere momentos de colonización de la superficie de la calcreta motivados por la expansión lateral obligada de los sistemas de raíces sobre un horizonte cálcico compacto e impermeable.

Propuesta de modelo genético

Las calcretas laminares de la Formación Aguilar muestran una secuencia básica, de

grosor variable entre 1 y 4 cm, compuesta por las cuatro microfábricas arriba descritas, si bien alguno de los términos puede faltar o estar repetido. La secuencia comienza con la microfábrica micrítica densa, sin duda la más abundante, y en ella se intercalan inicialmente fisuras subhorizontales con microfábrica acicular y posteriormente fisuras planares con relleno peloidal. La microfábrica alveolar suele culminar la secuencia, aunque no es raro que esta microfábrica se intercale individualmente con la textura micrítica densa.

El análisis de esta secuencia ha permitido deducir un modelo genético para estas calcretas, constituido por cinco estadios evolutivos (Fig. 3).

Primer Estadio

En un sustrato se produce la circulación de aguas saturadas en CaCO_3 . La desgasificación del CO_2 induce la precipitación inorgánica de carbonato cálcico, generándose un horizonte cálcico (micrítico denso). Durante la precipitación, una pequeña parte del dióxido de carbono puede quedar retenido en la matriz en forma de microvesículas que serán rellenadas por calcita esparítica en fases posteriores.

Segundo Estadio

La formación de un horizonte cálcico impide la percolación de agua hacia el interior, lo que origina un eventual encharcamiento de agua, y eventualmente la extensión de mallas de raíces (Klappa, 1983). La alternancia de desecación y humectación inicia la pedogénesis física, cuyos primeros efectos consisten en el desarrollo de fisuración horizontal por retracción en la parte alta del horizonte.

Tercer Estadio

Una vez iniciada, la pedogénesis es un proceso que se retroalimenta si se mantienen las condiciones, avanzando hacia el interior de forma que la fisuración horizontal da paso a la fisuración circungranular.

Cuarto Estadio

El proceso de pedogénesis continúa con la ampliación de las fisuras circungranulares y la liberación de peloides por disgregación de la parte superior del horizonte. Los peloides se redondean durante su transporte por flujos acuosos hasta las fisuras de las zonas más bajas del horizonte.

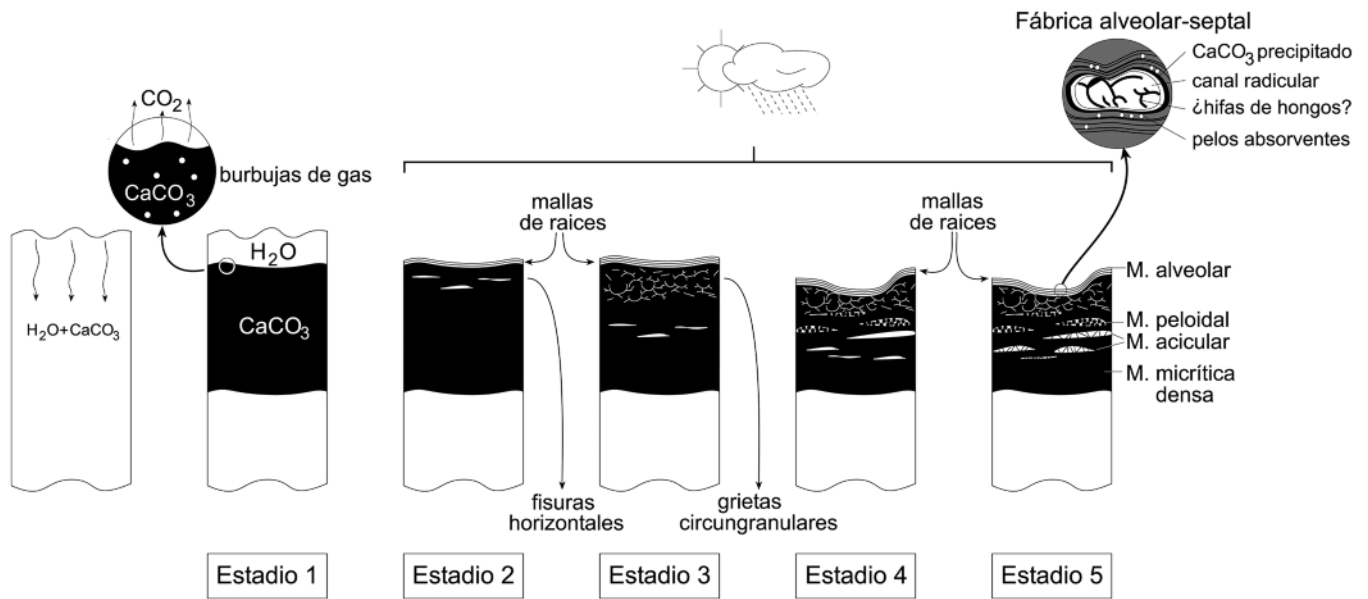


Fig. 3.- Modelo genético propuesto para las calcretas laminares de la Formación Aguilar (explicación en el texto).

Fig. 3.- Genetic model proposed for the laminar calcretes of the Aguilar Formation (see the main text).

Quinto Estadio

La circulación de aguas vadosas saturadas en carbonato a través de la red de fisuras permite la precipitación de cementos en, al menos, tres fases de relleno: microesparita débilmente laminada, calcita *blocky* y calcita acicular. Flujos diagenéticos posteriores, probablemente tardíos, son los responsables de la oclusión de la porosidad por una nueva fase de calcita esparítica más blanquecina.

Conclusiones

La acumulación de los depósitos de la Formación Aguilar, que se superpone a los depósitos carbonatados marinos jurásicos, supone el inicio de los procesos de acumulación activa, tras un periodo de erosión y alteración que puede representar hasta un máximo de 15 millones de años (Calloviense medio-Titoniense terminal). Sin embargo, las calcretas laminares fragmentadas, retrabajadas e incluidas como clastos redondeados en las secuencias carbonatadas basales de la Formación Aguilar permiten obtener información sobre los procesos físicos, químicos y biológicos que tuvieron lugar sobre los depósitos jurásicos marinos expuestos subaéreamente, durante todo o parte de este intervalo temporal.

Estas calcretas exhiben cuatro microfábricas: micrítica densa, acicular, peloidal y alveolar. La microfábrica micrítica densa pa-

rece ser el resultado de procesos de precipitación inorgánica de carbonato cálcico, mientras que la peloidal parece haber sido producida por su disgregación durante condiciones alternantes de humectación y desecación. La microfábrica alveolar, por su parte, parece estar relacionada con el desarrollo de sistemas de raíces sobre horizontes cálcicos endurecidos. Por último, la posterior circulación de aguas durante la fase vadosa habría producido el relleno polifásico de la cavidad, generando la microfábrica acicular.

La producción de estas calcretas de aspecto laminar es atribuible a la repetición más o menos regular de una secuencia evolutiva de cinco estadios, que conduciría a la agradación y destrucción parcial de horizontes cálcicos.

Agradecimientos

Contribución al proyecto CGL2010-18851-BTE (Ministerio de Economía y Competitividad) y al Grupo de Investigación consolidado IT834-13 (Gobierno Vasco/Eusko Jaurlaritza). Las sugerencias y contribuciones de los revisores María Angeles Bustillo y José Miguel Molina mejoraron una versión previa de este artículo.

Referencias

Alonso-Zarza, A.M. (2003). *Earth-Science Reviews* 60, 261-298.

Alonso-Zarza, A.M. y Wright, V.P. (2010). En: *Developments in continental settings: facies, environments and processes* (A.M. Alonso-Zarza and L.H. Tanner, Eds.). Developments in Sedimentology, Elsevier, 225-267.

Alonso-Zarza, A.M., Sanz, M.E., Calvo, J.P. y Estévez, P. (1998). *Sedimentary Geology* 116, 81-97.

Hernández, J.M. (2000). *Sedimentología, Paleogeografía y relaciones tectónica sedimentación de los sistemas fluviales, aluviales y palustres de la Cuenca Rift de Aguilar (Grupo Campóo, Jurásico superior-Cretácico inferior de Palencia, Burgos y Cantabria)*. Tesis Doctoral, Univ. del País Vasco, 324 p.

Hernández, J.M., Pujalte, V., Robles, S. y Martín-Closas, C. (1999). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 12, 377-396

Klappa, C.F. (1983). En: *Residual deposits* (R.C.L. Wilson, Ed.). Geology Society of London Special Publication, 211-220.

Li, R. y Jones B. (2014). *Sedimentary Geology* 299, 88-105.

Sarkar, S. (1988). *Sedimentary Geology* 55, 263-282.

Watts, N.L. (1980). *Sedimentology* 27, 661-686.

Wright, V.P. (1990). En: *Soil Micromorphology: A Basic and Applied Science* (L.A. Douglas, Ed.) Developments in Soil science, Elsevier, 401-407.

Wright, V.P. y Tucker, M.E. (1991). *Calcretes*. Blackwell Scientific Publications, 352 p.

Wright, V.P., Platt, N.H. y Wimbledon, W.A. (1988). *Sedimentology* 35, 603-620.

Zhou, J. y Chafetz, H.S. (2009). *Sedimentary Geology* 222, 207-225.