

NATURALEZA DEL CONTACTO ENTRE EL MUSCHELKALK INFERIOR Y EL MUSCHELKALK MEDIO DE LA ZONA DE AIGUAFREDA

(Provincia de Barcelona)

Por M. ESTEBAN *, L. POMAR GOMÁ **, M. MARZO CARPIO ***
y P. ANADÓN MONZÓN ***

RESUMEN

El contacto entre las dolomías del Muschelkalk Inferior y las margas arcillosas rojas del Muschelkalk Medio en la zona de Aiguafreda viene marcado por un nivel de 20 a 35 centímetros de costra carbonatada con laminaciones milimétricas versicolores oscuras, con abundantes pátinas ferruginosas y rosetones de sílex. Esta costra, que presenta notables ondulaciones de varios metros en planta y de hasta 1,5 metros de relieve, no parece guardar relación con estructuras de tipo estromatolítico ni con perfiles de caliche. Se señala la semejanza de esta costra con la descrita en KORNICKER (1958) y MULTER y HOFFMEISTER (1967) en las Bahamas y Florida.

ABSTRACT

The contact between the Lower Muschelkalk dolostones and the Middle Muschelkalk red shales in the area of Aiguafreda is marked by a carbonate crust of 20-35 centimetres thick, with milimetric lamination, abundant iron patines and chert rosettes. This crust present remarkable dome and basin structures up to several meters in diameters and 1,5 metres high, and seems not to be related with stromatolitic structures neither caliche profiles. The similarity of this crust with the one described in KORNICKER (1958) and MULTER and HOFFMEISTER (1968) is pointed out.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los Catalánides, el contacto entre las calizas y dolomías del Muschelkalk Inferior y las margas y areniscas rojas del Muschelkalk Medio

(*) Sección de Petrología, Instituto Jaime Almera, C.S.I.C., Univ. de Barcelona.

(**) Laboratorio de Geología, Universidad Palma de Mallorca.

(***) Departamento de Estratigrafía, Universidad de Barcelona.

se caracteriza por su nitidez y brusquedad. En general, el contacto entre las dos litologías es plano y concordante. Sin embargo, en la zona de Aiguafreda se ha puesto de manifiesto un contacto con relieves ondulados y costras laminadas y ferruginizadas.

Debido a una etapa de erosión pre-eocena, la serie triásica sufre en el sector que nos ocupa importantes variaciones. Así, mientras que en El Figueró y margen W del río Congost el Muschelkalk Superior todavía está representado, al NE de Aiguafreda sólo se preserva el Muschelkalk Inferior, con el célebre yacimiento fosilífero del Gorg Negre, y un poco más al NE del Brull, éste acaba por desaparecer. Además de esta etapa erosiva, VIRGLI (1958) reconoce una serie de cambios de facies en la serie triásica, que interpreta como relacionados con la proximidad de un borde de cuenca hacia el NE.

En la presente comunicación ofrecemos un análisis detallado de este contacto con la interpretación que parece más adecuada y su relación con otros problemas paleogeográficos a escala regional.

DESCRIPCIÓN DEL CONTACTO MUSCHELKALK INFERIOR-MEDIO

Geometría

En el margen izquierdo del río Congost (Fig. 1), en las inmediaciones de Can Moncau, el Muschelkalk Superior está ausente y aflora en gran extensión el contacto Muschelkalk Inferior-Medio. El techo del Muschelkalk Inferior está afectado por dos tipos de relieves en forma de abombamientos:

a) Relieves de tendencia semiesférica, con diámetros entre 0,30 y 2 metros y alturas que pueden alcanzar los 0,80 metros. Son los más abundantes, ocupando toda la superficie visible cuando las condiciones de afloramiento son adecuadas (Figs. 2 y 3).

b) Relieves en domos alargados asimétricos, que pueden alcanzar alturas superiores a los 2 metros y longitudes de unos 100 metros. Son menos abundantes y parece que estén relacionados longitudinalmente con el trazado de fracturas. Contienen siempre superimpuestos relieves del tipo anterior, a los cuales nos referiremos exclusivamente en este trabajo.

Los relieves descritos cortan en numerosos puntos los planos de estratificación de las capas finales del Muschelkalk Inferior y están rellenos por las margas y limos rojos del Muschelkalk Medio (Fig. 1). En toda esta zona, en la superficie de contacto entre el Muschelkalk Inferior-Medio, aparece constantemente una costra de caliza ferruginosa con laminación milimétrica y espesor variable (hasta 30 centímetros), que constituye los relieves anteriormente citados.

Petrología

La costra laminada se distingue e individualiza del substrato del Muschelkalk Inferior por su coloración más intensa (pardo-rojiza, amarillenta, violácea...), e incluso en muchos puntos presenta una disyunción mecánica independiente del substrato (Fig. 3). No siempre la costra presenta una laminación bien desarrollada; en ocasiones está compuesta por bandas centimétricas masivas. Frecuentemente la costra calcárea es más ferruginosa hacia la

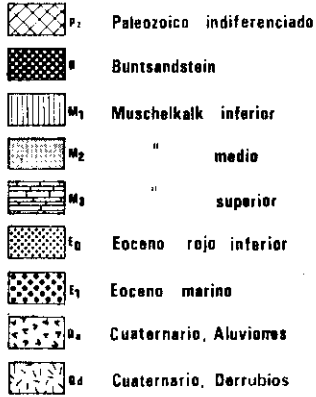
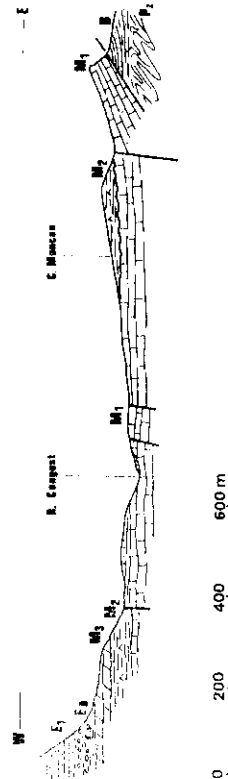
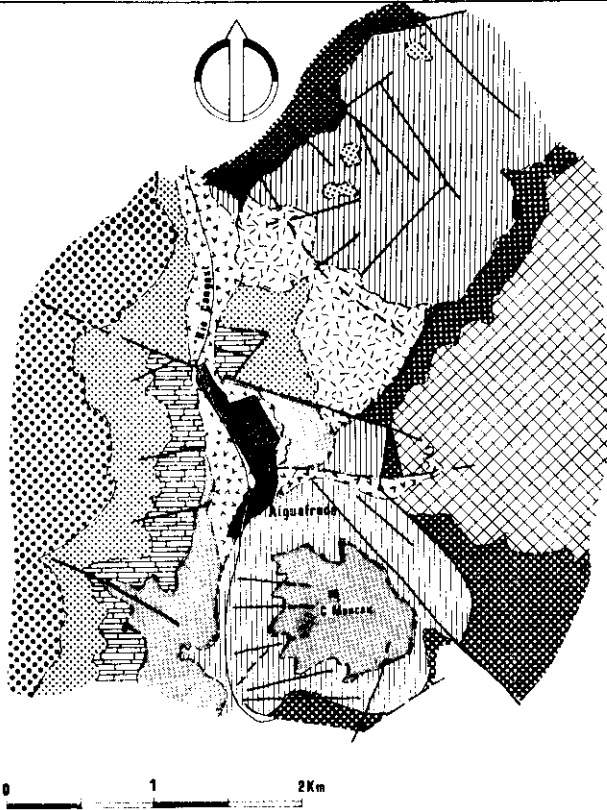
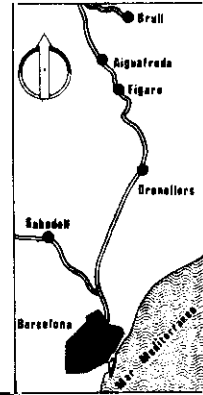


Fig. 1



parte superior, llegando a ser una costra ferruginosa densa de algunos centímetros (Fig. 6). En algunas zonas la costra presenta abundantes rosetas y bandas de sílex de hasta 1 centímetro de diámetro.

La laminación de la costra presenta numerosas disrupciones, contorsiones, discordancias internas, fracturas y fragmentos de la misma costra (Figs. 4, 5 y 6), indicando toda una secuencia de progresivos estadios de litificación, desde una cierta plasticidad hasta rigidez de fractura. Por otra parte, la costra parece adaptarse completamente al relieve pre-existente, sin que pueda establecerse una relación directa con las perturbaciones de la laminación, incluso allí donde el relieve tiene paredes verticales. No se han observado engrosamientos de la costra relacionables con el relleno de depresiones ni con los abombamientos positivos. Todo ello parece indicar que los procesos de cementación eran rápidos y que la laminación no debe relacionarse con estructuras deposicionales. También la silicificación fue un proceso inicial y rápido, puesto que el sílex aparece afectado por las fracturas y contorsiones internas de la costra (Fig. 5) y también como fragmentos detríticos incorporados a ella.

La costra se compone esencialmente de dolmicrita (en el sentido de DUNHAM y PLUMLEY et al., 1962), con una fracción muy variable de limo de cuarzo detrítico (siempre inferior al 2 %) disperso en la masa micrítica y de bordes redondeados y angulosos (Fig. 7). En algunas muestras existen granos de micrita, más densa y de bordes irregulares, con tendencia a formas alargadas y estructuras concéntricas, posibles moldes de filamentos de 3-4 μ de grosor y, tal vez, unas secciones dudosas de Ostrácodos.

La textura de esta dolmicrita es hipidiotópica, con un 35 % de cristales euhedrales en las muestras de grano más fino. El grado de cristalinidad es variable entre 4 y 50 μ , aunque parecen más abundantes los tamaños más finos. En algunas muestras las laminaciones se deben a variaciones del grado de cristalinidad, pero en otros casos la laminación debe atribuirse exclusivamente a cambios de coloración. En algunos puntos la laminación puede estar remarcada por bandas milimétricas de peloides ovoidales (30 a 120 μ de longitud) atribuibles a fragmentos micritizados de la misma costra, pellets fecales, bioclastos micritizados... (Fig. 7).

En un punto la costra presenta texturas semejantes a *birds eyes* irregulares de bordes ferruginosos y rellenos calcíticos con relictos de sílex. La ausencia de rellenos geopetales hace que estas cavidades no sean referibles a disolución y lavado, sino más bien a moldes dejados por la descomposición de restos orgánicos.

Pese a que todos estos detalles textuales que se han mencionado no son infrecuentes, la textura dominante en la costra laminada es el componente micrítico exclusivo. La presencia de discordancias internas, granos de cuarzo detrítico, sugieren que el origen de las partículas es esencialmente detrítico; teniendo en cuenta además la ausencia de texturas relictas del substrato, podemos suponer que los procesos genéticos eran de tipo acrecional más que de reemplazamiento.

Relaciones con el substrato

En campo es posible señalar con precisión el contacto costra-substrato gracias al cambio de coloración del gris-claro de este último. Sin embargo, ello no es tan fácil en el microscopio petrográfico, debiendo admitirse que existen

algunos milímetros de transición. Esta dificultad puede deberse a que en la zona estudiada el techo del Muschelkalk Inferior está formado por dolmicritas de grano fino, con niveles milimétricos ocasionales de pelloides y estructuras laminadas referibles a *algal-mats* inter-supralitorales. Excepto algunos moldes de cristales de evaporitas en rosetas y raros fragmentos de Ostrácodos y Foraminíferos muy alterados, no existen otros componentes texturales que destaquen en la uniformidad de la matriz micrítica del Muschelkalk Inferior.

Las dolmicritas tableadas y laminadas del techo del Muschelkalk Inferior presentan una serie de pequeñas grietas, colapsos y cavidades (Figs. 8 y 10) observables hasta cerca de un metro de profundidad. Además de la conexión geométrica obvia, estas estructuras se relacionan con la costra laminada por la característica coloración de los materiales de relleno. Las grietas y cavidades son más abundantes en las proximidades de la costra, sobre todo en las zonas deprimidas. Las grietas se disponen paralela y perpendicularmente a la estratificación, provocando colapsos y fracturas en la laminación milimétrica del Muschelkalk. Estos accidentes no sobrepasan la escala de unos pocos centímetros y frecuentemente son de dimensiones más pequeñas. El relleno de estas cavidades es de tipos variados: generalmente es una cementación esparítica con un relleno geopetal parcial de limo microspartítico (Fig. 9) e incluso depósitos micríticos; la ferruginización es intensa en todos los materiales de relleno. De lo expuesto parece que puede deducirse que estos accidentes que afectan al techo del Muschelkalk Inferior se deben a procesos de disolución relacionados con la costra laminada.

El carácter difuso de las paredes de estas cavidades (Figs. 8, 9 y 10) sugiere que el proceso tuvo lugar en una etapa en que el substrato no estaba todavía completamente litificado; parece que se trataba de un fango con cierta cohesividad y rigidez, aunque fácilmente desmoronable («*chalky*»). Con ello se explicaría también la ausencia de fragmentos reconocibles del substrato incorporados en la costra laminada. Por otra parte, resulta sugestivo el relacionar estos hipotéticos procesos de disolución con la formación de los relieves de la superficie erosiva sobre la que se desarrolló la costra.

INTERPRETACIÓN

De lo descrito se desprende que el contacto Muschelkalk Inferior-Medio es una superficie de erosión, que posiblemente afectó a un substrato todavía no completamente litificado y a la que se superpuso una costra laminada y ferruginosa. Aunque en principio no existen motivos que permitan establecer que los mismos procesos erosivos estuvieron ligados a la formación de la costra, la clara coincidencia geométrica y petrográfica de la costra laminada con el relieve erosivo y las cavidades próximas en el substrato permiten deducir que se trata por lo menos de procesos genética y ambientalmente bastante relacionados. Sin excluir otras posibles hipótesis, la interpretación de la costra laminada puede buscarse en:

1.^a hipótesis: Estromatolitos. A grandes rasgos la morfología de la costra recuerda a la de los estromatolitos LLH-LSH (LOGAN et al., 1964). La laminación podría interpretarse como producto de la fosilización de un *algal mat*, y, por otra parte, las mineralizaciones posteriores son muy típicas en muchos

estromatolitos antiguos. Implicaría unas condiciones intermareales, de acuerdo con las opiniones más extendidas.

2.^a hipótesis: Caliche. Costras laminadas más o menos onduladas pueden estar presentes en algunos perfiles edáficos tipo caliche. Se tendría que suponer un perfil edáfico en el que los horizontes nodulosos y de transición estarían prácticamente ausentes. Se trataría de un perfil especial sin horizontes pisolíticos, exclusivamente formado por un *cap-rock laminado*. Implicaría una franca emersión en condiciones vadosas continentales lo suficientemente prolongadas como para permitir la creación de un suelo.

3.^a hipótesis: Costra laminada semejante a la descrita por KORNICKER (1958) y MULTER AND HOFFMEISTER (1968). Implicaría un ambiente supralitoral tropical apenas emergente sobre una morfología kárstica previa.

En conjunto estas hipótesis implican unas condiciones de emersión más o menos acentuadas. La morfología de la costra y algunas microtexturas apoyan a la hipótesis del estromatolito; sin embargo, existen algunas objeciones problemáticas. Las mineralizaciones y silicificaciones de la costra son muy iniciales, circunstancia que no parece darse en los estromatolitos. Las laminaciones son difusas y debidas en su mayor parte a cambios de coloración y están ausentes las texturas de desecación, *shrinkage*, *fenestral*... Tampoco se observan en la costra los típicos engrosamientos positivos de los estromatolitos o en relación con las corrientes. Los relieves formados por las costras, vistos en planta, no presentan orientación o disposición regular alguna. La costra laminada recubre paredes verticales sin que sus características se modifiquen, hecho que parece poco probable en un estromatolito. Tanto por la escala del relieve como por la penetración de las grietas de disolución en el sustrato implican unas condiciones de aireación. Dada la extensión del afloramiento observable y la escala del relieve de la costra cabría esperar alguna variación litológica, que se podría relacionar con diferentes posiciones verticales y horizontales en la plataforma mareal. No existe variación litológica de estos tipos en la costra laminada ni otros depósitos distintos que la costra. Todas estas objeciones indican que no estamos en presencia de estromatolitos ni por su geometría ni por su laminación. Todo parece indicar que esta hipótesis puede ser abandonada.

La segunda y tercera hipótesis están muy relacionadas entre sí. Pero antes de su discusión es preciso que revisemos algunos conocimientos sobre las costras laminadas de Florida.

LAS COSTRAS LAMINADAS DE FLORIDA Y LAS BAHAMAS: SU RELACIÓN CON EL CALICHE

KORNICKER (1958) y MULTER AND HOFFMEISTER (1968, 1975) describen detalladamente unas costras laminadas subaéreas recubriendo afloramientos rocosos del Pleistoceno de Florida y Bahamas, demostrando convincentemente que su génesis no guarda relación con *algal-mats* suprolitorales, sino que debe relacionarse con procesos edáficos en suelos ricos en detritus vegetales. La coloración oscila entre el pardo claro al gris oscuro. En las costras se distinguen tres tipos de litologías generalmente asociados: *a*) laminada porosa, *b*) laminada densa y *c*) zona micrítica no laminada (por orden de abundancia). Cuando presente, este último tipo se sitúa en contacto con el sustrato, rellenando cavidades y revistiendo y micritizando granos. El contacto con el sustrato no

alterado es gradual. Las láminas varían entre 0,2 y 0,6 milímetros de espesor y están compuestas por micrita y texturas pelletoidales, y la laminación está provocada por cambios de coloración más que por variaciones granulométricas. Otros constituyentes petrográficos pueden ser granos de cuarzo detrítico, partículas más o menos micritizadas procedentes del substrato, restos de plantas, larvas de insectos... Los procesos genéticos son predominantemente agradacionales, con numerosas discordancias internas en las laminaciones. Las costras presentan una típica morfología de domos y depresiones semi-esféricas, con diámetros de 30 centímetros a 1 metro y alturas de hasta unos 40 centímetros. La costra laminada se adapta perfectamente a la morfología kárstica del substrato, recubriendo incluso las paredes verticales e invertidas de grandes cavidades de disolución (*pit-holes*) y fosilizan sus rellenos de brechas de matriz rojiza.

ESTEBAN (en preparación) añade algunas precisiones más sobre estas costras. Los procesos genéticos tienen lugar en la actualidad sobre plataformas rocosas en zonas de baja energía, cercanas al mar y prácticamente a su mismo nivel. Son zonas cubiertas por un delgado suelo (0-30 centímetros) no zonado, con rica vegetación transicional (manglares) y terrestre incipiente. Se distinguen todos los pasos graduales entre el suelo con abundantes partículas vegetales débilmente consolidadas —de comportamiento mecánico semi-plástico— hasta costras laminadas porosas de fractura blanda y costras laminadas densas de fractura rígida. En este proceso de litificación la cementación micrítica y en el interior de las cavidades son los factores predominantes, pero también es de resaltar una silicificación difusa. La litología descrita como zona micrítica no laminada en contacto con el substrato presenta características petrográficas típicas de los productos de calichificación y debe relacionarse con etapas climáticas previas distintas de las formadoras de la costra laminada (tal como sugieren MULTER y HOFFMEISTER, 1968). ESTEBAN (*ibid.*), estudiando los productos de meteorización y las costras laminadas desde zonas tropicales (Jamaica), a lo largo de las costas de Florida y las Bahamas, hasta las zonas semi-áridas de Texas y New México, observa un relevo lateral progresivo entre las costras laminadas y los típicos perfiles de caliche. De Sur a Norte, disminuye el color gris oscuro de las costras, el relieve asociado, la regularidad de la laminación y los restos de plantas identificables, apareciendo coloraciones pardo rojizas e incrementándose la «zona micrítica» no laminada con varios tipos litológicos. Se concluye provisionalmente que las costras laminadas del Sur de Florida representan procesos edáficos posteriores a una disolución kárstica en clima tropical actuando sobre un substrato previamente calichificado. El caliche se considera como un proceso edáfico esencialmente de transformación degradante actuando en condiciones semi-áridas, en el que la presencia ocasional de costras laminadas agradantes implicaría esporádicas variaciones hacia climas más húmedos.

EL ORIGEN DE LA COSTRA LAMINADA DEL CONTACTO MUSCHELKALK INFERIOR-MEDIO

Como interpretación más plausible creemos que la costra laminada del techo del Muschelkalk Inferior de Aigaufreda responde a los mismos procesos genéticos que las costras laminadas del Sur de Florida. Esta hipótesis está apoyada por la gran semejanza morfológica, tanto a macro como a microescala (Fig. 11), la semejanza en el comportamiento en paredes verticales, su

asociación a procesos de disolución y silicificación. Pueden atribuirse a restos vegetales algunas de las estructuras problemáticas que aparecen en las microfacies. El hecho de que el substrato pudiera ser un fango parcialmente litificado también puede ayudar a comprender algunas diferencias con las costras laminadas de Florida, tales como la ausencia de fragmentos incorporados en la costra y el diferente aspecto de las cavidades de disolución. Aunque ello no es necesario para la interpretación que proponemos, el contacto transicional a pequeña escala de la costra con el substrato de Muschelkalk no permite descartar la posible existencia de una litología comparable con la antes citada «zona micrítica no laminada».

Teniendo en cuenta estas consideraciones se desestima la interpretación de la costra laminada como caliche. El relieve que caracteriza a la costra no se ha observado en ningún tipo de caliche y los procesos genéticos son predominantemente de tipo agradacional. No se ha observado ningún tipo de secuencia litológica que fuera atribuible a ninguna variedad de perfiles de caliche, ni tampoco ninguna de las texturas petrográficas típicas del caliche (excepto, tal vez, la laminación). En condiciones especiales algunos perfiles de caliche (JAMES, 1972, fig. 5; READ, 1974, fig. 8) presentan costras laminadas en transición abrupta con el substrato. En todo caso hay que distinguir entre el proceso de calichificación en sí y otros procesos diferentes, pero asociados en el tiempo y el espacio.

OTRAS CONSIDERACIONES

La conclusión a que llegamos en este trabajo provoca toda una serie de consideraciones. En primer lugar, destacamos la importancia de una correcta y precisa interpretación genética de las costras laminadas. Deben evitarse atribuciones simplistas basadas en unos pocos criterios que pueden ser superficiales, accesorios o en tendencias o modas interpretativas. Así, es muy posible que hace unos años costras de este tipo se interpretasen como estromatolitos y que en la actualidad se reconocieran como caliche. Resaltamos la interpretación que presentamos como genéticamente diferente del caliche.

Consideramos que es sospechosa la escasez de citas de costras laminadas de este tipo en el registro fósil. Ello podría ser debido a que muchas han sido interpretadas como estromatolitos. Solamente conocemos la excelente descripción de una costra laminada semejante, asociada a relieves muy parecidos, en WALKDEN (1974). La interpretación de este autor refuerza la génesis kárstica del relieve ondulado debajo de una cubierta edáfica, la cual sería también responsable de la costra laminada.

Finalmente debemos señalar otro tipo de consideraciones a escala paleogeográfica. GOTTIS y KROMM (1967), en una nota poco conocida, señalan la presencia de un paleokarst en el interior de un paquete calco-dolomítico atribuido al Muschelkalk Inferior, en la zona del Gorg Negre (Centelles) y de cierta extensión lateral (hasta Can Serra l'Araca). En principio este paleokarst no guarda relación morfológica o petrográfica alguna con las costras laminadas que hemos destrito en este trabajo. Pero de todos modos resulta sugestivo introducir una hipótesis según la cual ambos procesos fuesen sincrónicos. De ser así, la zona de Centelles representaría un área bien emergida (por lo menos 5 metros, que es la profundidad hasta la que se pueden trazar algunas grietas verticales con relleno kárstico), mientras que la zona de Aiguafreda

sería un área deprimida prácticamente a nivel del mar. Ello implicaría que el techo del paquete calco-dolomítico del Gorg Negre sería ya Muschelkalk Superior, faltando el Muschelkalk Medio. Todas estas consideraciones desbordan ya las pretensiones de este trabajo, puesto que son necesarios más estudios detallados sobre la petrología del Muschelkalk del valle del Congost. En todo caso, resaltamos la importancia de los problemas que plantea la presencia de un fuerte relieve emergido dentro de una serie atribuida al Muschelkalk Inferior.

CONCLUSIONES

1) El contacto entre el Muschelkalk Inferior y el Medio en el área de Aiguafreda se realiza mediante una superficie de erosión a la que se superpone una costra laminada y ondulada.

2) Esta costra laminada no corresponde a estructuras estromatolíticas ni a perfiles tipo caliche, sino que es comparable a las descritas por KORNICKER (1958) y MULTER AND HOFFMEISTER (1968) en las Bahamas y Florida. Se interpreta como resultado de procesos agradacionales en depósitos edáficos sobre plataformas costeras rocosas cercanas al nivel del mar en ambientes tropicales.

3) Se resalta la importancia de la correcta interpretación de las costras laminadas y su diferenciación de otros productos aparentemente semejantes, en especial el caliche; llamando la atención al mismo tiempo sobre la correcta interpretación de presuntos estromatolitos en el registro fósil.

4) Se precisan más estudios petrológicos del Muschelkalk para conocer la exacta significación de estas estructuras a escala regional, y en especial su problemática relación con otros indicios de emersión en el Muschelkalk,

BIBLIOGRAFIA

- GOTTIS, M. et KROMM, F. (1967): Sur l'existence d'un épisode régressif au sein du Muschelkalk Inférieur sur la bordure occidentale du Massif Catalan: *Actes Soc. Linnéenne Bordeaux*, t. 104, ser. B, núm. 23, págs. 3-6.
- JAMES, N. P. (1972): Holocene and Pleistocene calcareous crust (caliche) profiles: criteria for subaerial exposure. *Jour. Sed. Petrology*, vol. 42 (4), págs. 817-836.
- KORNICKER, L. S. (1958): Bahamian limestone crust: *Gulf Coast Ass. Geol. Soc. Trans.*, volumen VIII, págs. 167-170.
- MULTER, H. G. and HOFFMEISTER, J. E. (1968): Subaerial laminated crusts of the Florida Keys: *Geol. Soc. Am. Bull.*, vol. 79, págs. 183-192.
- PLUMEY, W. J.; RISLEY, G. A.; GRAVES, R. W. and KALEY, M. E. (1962): Energy Index for limestone interpretation and classification: in W. E. Ham (ed.): *Classification of carbonate rocks. A symposium, Am. Ass. Petrol. Geol., Mem.*, 1, págs. 85-107.
- READ, J. F. (1974): Calcrete deposits and Quaternary sediments, Edel province, Shark Bay, Western Australia: in «Evolution and diagenesis of Quaternary carbonate sequences, Shark Bay, Western Australia», *Am. Ass. Petrol. Geol., Mem.*, 22, págs. 250-282.
- VIRGILI, C. (1958): El Triásico de los Catalánides: *Bol. Inst. Geol. Minero*, t. 69, págs. 13-856.
- WALKDEN, G. M. (1974): Peleokarstic surfaces in Upper Visean (Carboniferous) limestones of Derbyshire Block, England: *Jour. Sed. Petrology*, vol. 44 (4), págs. 1232-1247.

