

## Presencia de caliche fósil en la base del Eoceno de los Catalánides, provincias de Tarragona y Barcelona

por MATEO ESTEBAN CERDÀ \*

### RESUMEN

Se exponen las texturas más útiles que permiten la identificación del caliche en el registro fósil. Los yacimientos de caliche fósil de los Catalánides se sitúan debajo del nivel de "*Bulimus*" *gerundensis* y en algunos de ellos *Microcodium* aparece íntimamente asociado al proceso de calichificación. El caliche es de tipo pisolítico exclusivamente y las características de detalle difieren bastante en cada afloramiento.

### SUMMARY

Useful textures allowing caliche recognition in the fossil record are exposed. Fossil caliche outcrops from Catalánides Range are placed beneath "*Bulimus*" *gerundensis* level and in some of them *Microcodium* appears closely associated to the calichification process. Caliche rock is of pisolite type exclusively and detailed features are quite different in each outcrop.

### INTRODUCCIÓN

La escasez de citas de caliche en niveles inferiores al Pleistoceno, es especialmente sospechosa y sorprendente, teniendo en cuenta sobre todo la resistencia del caliche a los procesos erosivos. SWINEFORD et al. (1958), DUNHAM (1965, 1969) comentan ampliamente este hecho, que es explicado por la fácil confusión que provoca la aparente semejanza de las macroestructuras del caliche con productos estromatolíticos. DUNHAM (1969) expone una serie de criterios prácticos que permiten la determinación del caliche y su diferenciación de las estructuras estromatolíticas. En un caliche deben estar ausentes, o ser muy escasas, los moldes de filamentos de Cianofíceas y otras estructuras y células algales. Por otra parte, es característica la presencia de "reverse graded-bedding", "perched sediments", pisolitos con elongaciones de láminas geopetales, contornos poligonales de los pisolitos creciendo in situ, paso lateral de la matriz a las lami-

naciones pisolíticas, sedimento diagenético... Estos criterios, aislados, no son exclusivos del caliche, se hallan también como productos diagenéticos en zonas vadosas en general.

JACKA et al. (1967) insisten en la característica alternancia de varias etapas de disolución-truncación en las laminaciones pisolíticas, la presencia de fracturas y vacíos de lavado vadoso, con colapsos parciales y fases de transporte. Las láminas de pisolitos adyacentes pueden crecer juntas, obliterando progresivamente los vacíos intergranulares. Otros elementos estructurales típicos son los pseudoanticlinales de PRICE (1925) y BLANK y TYNES (1965). NAGTEGAAL (1969) utiliza como criterios microtexturales para reconocer el caliche: los bordes corroídos y reemplazados por calcita de los granos de cuarzo y otros fragmentos de roca, los bordes de calcita incrustando la superficie de los granos y los esferulitos (= pisolitos). Los procesos iniciales de calichificación los reconoce sobre todo, en los procesos de reemplazamiento por calcita a partir de la textura original de la roca. De esta manera aparecen granos de cuarzo y otras partículas residuales "flotando" en una masa de calcita de reemplazamiento, criterio reconocido como muy típico por BROWN (1956). BERNOUILLI y WAGNER (1971) señalan como criterio importante la presencia de "dripstone cement", que corresponde al cemento microestrolactítico de PURSER (1971) y al cemento gravitacional de MÜLLER (1971). LOGAN (1972) y ESTEBAN 1972, a) indican que algunas texturas "mottled", semejantes a pellets, son típicas del caliche, apareciendo ya en las primeras etapas del proceso de calichificación de la roca original. En el último trabajo señalado se precisa además que las texturas moteadas están asociadas a un sistema de canales de calcita, característico del caliche y rocas calichificadas. Estos canales provocan redisolución gravitacional, pendular en la parte inferior de los granos, proceso opuesto al de cementación gravitacional.

Conviene recordar que la calichificación, tal como se entiende aquí es el reemplazamiento por alteración

\* C.S.I.C. Instituto "Jaime Almera" de Investigaciones Geológicas, Sección de Petrología, Barcelona.

in situ de una roca original, de un regolito, unos limos loésicos..., en determinadas condiciones edafológicas, interviniendo una removilización a corta distancia del  $\text{CaCO}_3$  por disolución vadosa y capilaridad. La actividad de complejas colonias bacteriales y algales parece muy involucrada en el proceso de calichificación. Las primeras etapas de alteración corresponden a la denominada por NELSON (1959): "Chalkification". La presencia de pisolitos y estructuras bandeadas compactas (duricrust) corresponde ya a una etapa final muy evolucionada.

Las citas de caliche fósil que conocemos se reducen a: SCHULTZ y STOUT (1955) en el Oligoceno de Nabrasca, SWINEFORD et al. (1958) en el Plioceno de las "Great Plains" (Kansas, Oklahoma y Texas) BURGESS (1961) en el "Old Red Sandstone" Superior de Escocia, DUNHAM (1965) y THOMAS (1965) en el Pérmico de N México y Texas, WARDLAW y REINSON (1957) en el Devónico Medio de Saskatchewan (Canadá), NAGTEGAAL (1969) en el Pérmico de los Pirineos y BERNOUILLI y WAGNER (1971) en el Jurásico de los Apeninos. A esta lista añadimos ahora en este trabajo la presencia de caliche fósil en la base del Eoceno de varias localidades de las Cordilleras Costeras Catalanas.<sup>1</sup>

#### SITUACIÓN GEOLÓGICA

Los cortes que presentamos se sitúan en la zona central de las Cordilleras Costeras Catalanas, cuya estructura general se describe en LLOPIS (1947). En esta zona los materiales mesozoicos corresponden en esencia al Triásico y al Cretácico. El borde NW de estas alineaciones está fosilizado por materiales continentales de la base del Eoceno antes de la fase orogénica pirenaica. La estratigrafía general de la base del Eoceno ha sido bien estudiada por FERRER (1967), FERRER et al. (1968) y KROMM (1968). Un nivel muy constante en esta zona es el llamado nivel de Mediona o de "*Bulinus*" *gerundensis*, que debe situarse en algún punto del Eoceno Inferior (Ilerdiense Medio?). Este nivel se pone directamente en contacto con diferentes materiales mesozoicos, pero en algunos puntos hemos hallado una intercalación de caliche pisolítico, cuya descripción ofrecemos a continuación.

#### Corte del río Gaia (Salomó)

La situación de este afloramiento se representa en la fig. 1. Después de las facies arrecifales del Ba-

remiense Aptiense y del episodio detrítico y evaporítico de "utrillas" se nos presenta la siguiente sucesión de abajo a arriba:

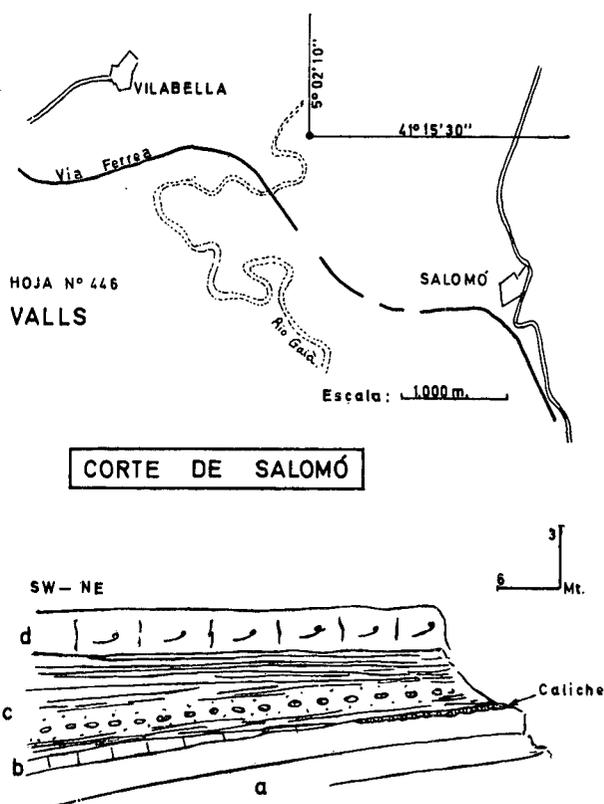


FIG. 1.—Corte del río Gaia, Salomó. Situación del yacimiento de caliche. a: Dolomías ferruginosas y calizas con *Praealveolina*. Cenomanense. b: Calcarenitas y micritas blancas. Turonense. c: Arcillitas y limolitas con conglomerados cuarzosos. d: Calizas lumaquéllicas del Mioceno.

- a) 40 m. Dolomías, arcillitas ferruginosas (hard-grounds) y calizas tableadas, con *Orbitolina gr. concava*. En la parte superior aparecen bancos de calizas compactas con *Praealveolina cretacea tenuis* REICH., *P. iberica*, *Ovoalveolina ovum*. Cenomanense.
- b) 0 a 1 m. Calcarenitas y micritas blancas compactas con *Hedbergella paradubia*. (Determinado por el doctor J. Ramírez del Pozo, Vitoria.) Turonense inferior.
- c) 5 m. Arcillitas, limolitas y margas rojas, rosadas, con niveles de arenitas y conglomerados de cuarzitas, liditas. Abundan los "jacintos de compostela" (cuarzo hematoido). Azoico. Lo correlacionamos con el nivel de "*Bulinus*" *gerundensis* del Montmell.
- d) Bancos masivos de biocalcarenitas lumaquéllicas amarillentas. Mioceno. El contacto con c) se interpreta como discordante.

Siguiendo lateralmente el afloramiento se observa que el nivel (b) desaparece totalmente en su lugar y encima de las calizas de *Praealveolina*, nos encontramos con una costra de caliche pisolítico de 10-20 cm de espesor. Algunos de los núcleos de los pisolíticos de la parte inferior de la costra contienen bioclastos cenomanenses; en cambio, en la parte alta los núcleos

1. Se hace constar que posteriormente a la redacción de este trabajo, el Dr. J. ВЕСН, del Departamento de Edafología de la Universidad de Barcelona, manifestó (comunicación personal) sus sospechas acerca de la correcta interpretación de unos materiales de la base del Eoceno de la zona del Figueró (Barcelona). El autor ha comprobado que se trata efectivamente de un caliche fósil cuyas características concuerdan con las de los descritos en este trabajo.

son de limolitas rojas, presentes también en los espacios intergranulares.

### Corte de Marmellà

Presentamos aquí una breve descripción de este corte, que es estudiado con mayor detalle en ESTEBAN (1972, b). De abajo a arriba encontramos (fig. 2):

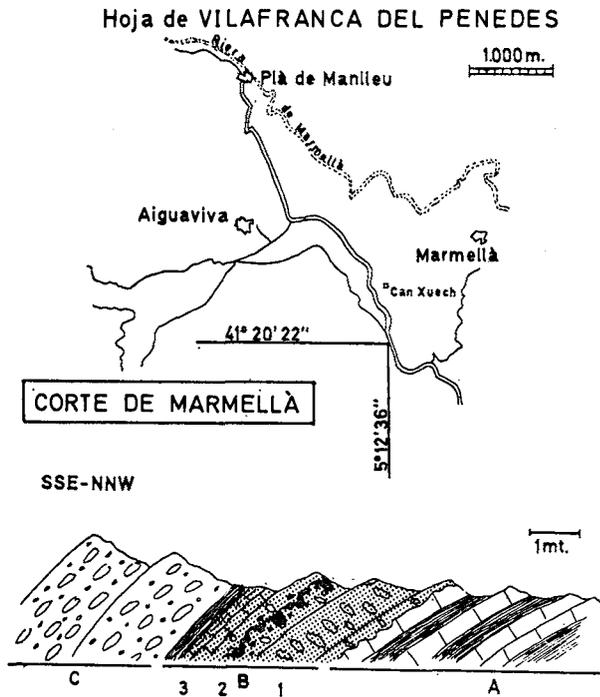


Fig. 2.—Corte de Marmellà. Situación del yacimiento de caliche. A: Calcarenitas aptienses. B: Caliche pisolítico con *Microcodium*, B1: Colonias masivas de *Microcodium* (a), B2: Pisolitos con *Microcodium* (b), B3: Limolitas ferruginosas. C: Conglomerados calcáreos.

- a) Calcarenitas ocreas compactas con abundantes *Orbitolinites*, alternando con arenitas y arcillitas micáceas rojas. Aptiense.
- b) 2,40 m. Costra de caliche pisolítico, con abundantes *Microcodium* en la que se aprecian los siguientes niveles:
  - b-1) En la parte superior del último banco del nivel a) aparecen numerosas incrustaciones de colonias de *Microcodium elegans* (a), atacando y reemplazando la caliza preexistente. Durante 1 m de espesor la roca es exclusivamente una acumulación de colonias de *Microcodium*.
  - b-2) Caliche pisolítico brechoide con algunos pequeños y escasos cantos de calizas cretácicas, con *M. elegans* (a) y (b). 0,80 m.
  - b-3) Limolitas rojas ferruginosas, con pocos *Microcodium*. En una localidad muy próxima (Marmellà) se han encontrado en este nivel restos atribuíbles a "*Bulimus gerundensis*".
- c) Conglomerados calcáreos constituidos por cantos de calizas cretácicas, bien rodados y muy heterodiamétricos. Diámetro máximo de 30 cm y diámetro medio de 6 cm. Bancos gruesos visibles con una potencia de 3,50 m. En la matriz se hallan abundantes bioclastos cretácicos y *Microcodium* resedimentados.

En este corte los pisolitos del caliche poseen elongaciones geopetales muy acusadas, en comparación con los del corte anterior. Es también muy intensa la brechación y recementación en el interior de la costra de caliche, produciendo un conjunto muy heterogéneo. Se ha observado este caliche en otros puntos del Montmell, pero este corte es el más completo y accesible.

### Corte de la Puda

Este corte ha sido localizado y muestreado por M. MARZO y P. ANODÓN, Departamento de Estratigrafía de la Universidad de Barcelona. El corte de La Puda es el de mayor calidad en esta zona. A continuación presentamos una breve descripción del corte de abajo a arriba (fig. 3).

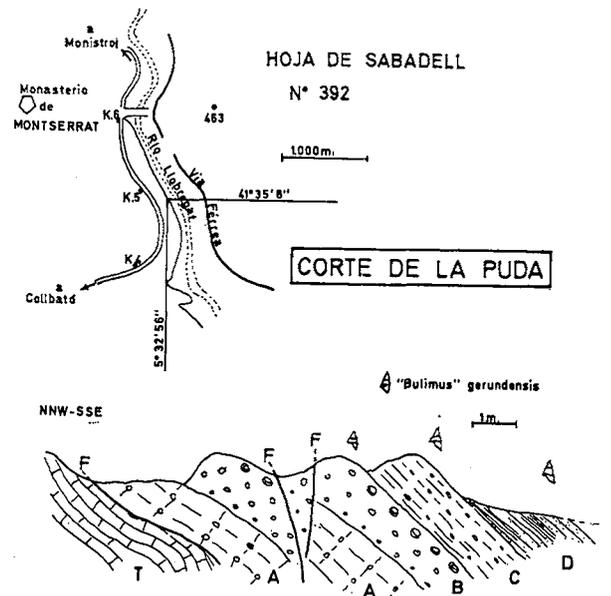


Fig. 3.—Corte de la Puda. Situación del yacimiento de caliche. T: Triásico, calizas dolomíticas. F: fracturas y contactos mecánicos. A: Calizas pisolíticas brechoides pardo rojizas y gris oscuras, con *Microcodium* (a) y (b). B: Banco masivo de pisolitos con *Microcodium* y, en la parte superior, "*Bulimus gerundensis*". C: Limolitas arenosas pardo rojizas con *Microcodium* (b) y restos de Gasterópodos. D: Limolitas arenosas rojizas con abundantes "*Bulimus gerundensis*" y *Microcodium* (b).

- t) Yacente. Calizas dolomíticas tableadas del Muschelkalk. Están en contacto con los materiales eocénicos suprayacentes mediante una pequeña fractura según la superficie del estrato.
- a) 1,70 m. Calizas pisolíticas brechoides de colores pardo rojizos y gris oscuro. Matriz con porosidad "vug" en la base. Formas (a) y (b) de *Microcodium* en la base, menos abundantes en la parte superior del nivel; en ocasiones muy recristalizados.
- b) 1,50 m. Banco masivo de pisolitos calcáreos, con "reverse graded-bedding". Los diámetros de los pisolitos oscilan entre 1 y 10 cm, frecuentemente el núcleo está constituido por calizas pisolíticas oscuras y negras procedentes del nivel a) y las envueltas pisolíticas externas son rojizas y

con abundantes *Microcodium* in situ (formas a y b). En la parte superior de este nivel aparecen algunos restos de "*Bulimus*" *gerundensis*.

- c) 1,50 m. Limolitas arenosas y compactas, de color pardo rojizo, con pisolitos aislados. Ausencia de núcleos de calizas oscuras. *Microcodium* muy abundante, formas (b) exclusivamente. Restos de Gasterópodos.
- d) 3-4 m. Limolitas arcillosas y arenosas pardo rojizas. Cuarzo detrítico muy abundante. El 40 por ciento de los granos son restos de pisolitos y el cemento es de tipo esparítico. Las zonas de grano más fino presentan textura moteada, pisolitización inicial y porosidad de tipo "channel and vug". En la parte superior aparecen abundantes "*Bulimus*" *gerundensis* con algunos escasos *Helix* sp. y *Microcodium* (b).

Cubierto.

Este corte presenta el inconveniente de que el contacto con el Mesozoico está muy mecanizado. Por ello y por el gran espesor de los materiales pisolíticos sin horizontes bien definidos, se hace aparentemente difícil que lo atribuyamos a un caliche fósil. Sin embargo, debemos tener en cuenta que: a) los detalles macroscópicos y microscópicos de estos materiales pisolíticos corresponden total y exclusivamente a texturas típicas del caliche, y b) la presencia de calizas pisolíticas negruzcas indica que se trata de un caliche muy especial, muy semejante a los materiales descritos en WARD et al. (1970).

Con anterioridad conocíamos la existencia de caliche pisolítico en la zona de Coll Cardús, a unos kilómetros de distancia hacia el NE. Conviene resaltar que estos materiales son fácilmente confundibles en el campo con niveles conglomeráticos.

#### CONSIDERACIONES

Por el momento sólo conocemos estas tres localidades con caliche e la base del Eoceno de los Catalánides. Las características macroscópicas de los tres yacimientos difieren entre sí considerablemente. En Salomó el caliche se reduce a una costra pisolítica de unos 20 cm, con algunas estructuras bandeadas en la base. El diámetro de los pisolitos no sobrepasa nunca los 0,8 cm. En Marmellà el caliche se presenta con un espesor cercano al metro, muy brechificado y con los pisolitos muy elongados geopetalmente. En cambio, en La Puda el caliche no es tan compacto como en los otros yacimientos, pero su espesor puede alcanzar los tres metros y los pisolitos son de gran diámetro (hasta 10 cm). Aparecen asociados a calizas pisolíticas negruzcas de origen problemático, tal vez alteración de un caliche inicial en zonas lacustres hipersalinas (WARD et al., 1970).

La presencia de *Microcodium* es un dato de gran interés en relación con el proceso de calichificación. Están totalmente ausentes en el yacimiento de Salomó. En Marmellà aparecen formas de *Microcodium* (b) asociados con la pisolitización y los sistemas de canales del caliche, pero son muchos más abundantes las

formas de *Microcodium* (a) de gran tamaño, reemplazando el substrato cretácico (ESTEBAN, 1972). En La Puda las formas (a) son menos abundantes, de tamaño inferior y se sitúan en la parte superior del banco de pisolitos. En cambio, las formas de *Microcodium* (b) son extraordinariamente abundantes y de tamaños muy variados. Esta distribución de las formas de *Microcodium* parece apoyar la hipótesis establecida en ESTEBAN (1972, b). Las formas (b) son las correspondientes a substratos poco litificados, con escasez de cemento, tales como las existentes en los niveles de La Puda. En cambio, en el yacimiento de Marmellà, el substrato cretácico y el mismo caliche son mucho más compactos, lo cual permite la aparición de las formas (a).

A pesar de estas marcadas diferencias los materiales pisolíticos de estos tres yacimientos poseen en común muchas de las estructuras típicas del caliche enunciadas en la introducción. Aunque el substrato de estos tres yacimientos de caliche corresponde a diferentes niveles mesozoicos (Triásico?, Aptiense, Cenomanense), el techo es invariablemente un nivel de limolitas rojas arcillosas, que en Marmellà y La Puda contiene restos de "*Bulimus*" *gerundensis* y en La Puda, además, algunos ejemplares de *Helix* sp. Todo ello indica un origen terrestre para estos materiales (Dr. VILLALTA, comunicación personal). La presencia de goethita intercrystalina en el cemento esparítico intragranular de los gasterópodos, corrobora todavía más esta interpretación. Sin embargo, en el corte de Salomó no se han hallado ni "*Bulimus*" ni *Microcodium*, las limolitas arcillosas contienen abundantes niveles de arenitas y conglomerados cuarzosos y están recubiertas por niveles del Mioceno marino. La situación de Salomó se repite en el eje Tarragona-Salou, pero allí aparecen *Microcodium* y abundantes gasterópodos, en facies de calizas negruzcas con Charáceas y Ostrácodos, con algunos niveles problemáticos de caliches pisolíticos y bandeados muy reducidos. En conjunto debe admitirse que los yacimientos aquí reseñados son correlacionables entre sí, que representan un episodio terrestre (caliche, goethita, "*Bulimus*", *Helix*, *Microcodium*...) y erosivo en la base del Eoceno y que afecta a diferentes niveles mesozoicos. Dentro de este contexto no sorprende la variabilidad de los detalles estructurales del caliche en los diferentes yacimientos.

#### CONCLUSIONES

— Los criterios petrológicos que se mencionan en la introducción permiten reconocer nuevos yacimientos de caliche fósil. Con ellos se llega a una decena de yacimientos conocidos de caliche fósil.

— El caliche de la base del Eoceno de los Catalánides se sitúa inmediatamente debajo del nivel de "*Bulimus*" *gerundensis*. Excepto en Salomó, el caliche

está asociado a abundantes colonias de *Microcodium*, algunas de cuyas variedades morfológicas deben interpretarse como muy involucradas en el proceso de calichificación.

— El caliche, así como la presencia de *Helix* y goethita, indican la existencia en la base del Eoceno de los Catalánides de una etapa continental, terrestre, que erosiona y fosiliza un relieve mesozoico.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inició con la ayuda de una Beca del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, F.P.I. El autor agradece la ayuda prestada en los trabajos de campo por Aguas Industriales de Tarragona, S. A., y los comentarios críticos del doctor VILLALTA, Instituto Jaime Almera, del C.S.I.C. y del doctor DE RENZI, Departamento de Paleontología de la Universidad de Barcelona.

Barcelona, diciembre 1972

#### BIBLIOGRAFÍA

- AMSBURY, D. L. (1967): Caliche soil profiles in Lower Cretaceous rocks of Central Texas (abstract). *Geol. Soc. America*, Program 1967 Annual Meet., p. 4.
- BERNOULLI, D. y WAGNER, C. W. (1971): Subaerial diagenesis and fossil caliche deposits in the Calcare Massiccio Formation (Lower Jurassic, Central Apennines, Italy). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 138 (2), 135-149.
- BLANK, H. R. y TYNES, E. W. (1965): Formation of caliche in situ. *Geol. Soc. America Bull.*, 76, 1387-1392.
- BROWN, C. N. (1956): The origin of caliche on the north-eastern Llano Estacado, Texas. *Journ. Geol.*, 64, 1-16.
- BURGESS, I. C. (1961): Fossil soils of the Upper Old Red Sandstone of South Ayrshire. *Geol. Soc. Glasgow Trans.*, 24 (2), 138-153.
- DUNHAM, R. J. (1965): Vadose pisolite in the Capitain Reef. *Program 10th Meet. of Permian Basin Section S.E.P.M.*, pp. 13-14.
- DUNHAM, R. J. (1969): Vadose pisolite in the Capitain Reef (Permian) New Mexico and Texas, pp. 182-191, in G. M. Friedman (ed.): "*Depositional environments in carbonate rocks*", S.E.P.M. Special Publ., n.º 14.
- ESTEBAN, M. (1972, a): Calichification textures and processes in some Pleistocene rocks from Tarragona (Spain). Abstract. *Vth Meet. Carbonate Sedimentologists Program*. Liverpool.
- ESTEBAN, M. (1972, b): Una nueva forma de prismas de *Microcodium elegans* GLÜCK 1912 y su relación con el caliche del Eoceno inferior, Marmellà, Barcelona (en prensa). *Rev. Inst. Investig. Geol.*, Dipt. Prov. Barcelona, volumen XXVII.
- FERRER, J. (1967): Bioestratigrafía y micropaleontología del Paleoceno y Eoceno del borde sudoriental de la Depresión del Ebro. Tesis doctoral. Dept. Geomorfol. y Geotect. Univ. de Barcelona.
- FERRER, J., ROSELL, J. y REGUANT, S. (1968): Síntesis litoestratigráfica del Paleoceno del borde oriental de la Depresión del Ebro. *Acta Geol. Hispánica*, III (3), 54-56.
- JACKA, A. D., THOMAS, C. M., BECK, R. H., WILLIAMS, K. W. y HARRISON, S. C. (1967): Guadalupian depositional cycles, Delaware Basin and Northwest Shelf, pp. 151-195 in Elam, J. G. y Chuber, S. (eds.): "*Cyclic sedimentation in the Permian Basin*", Symposium. 1972 Second Edt. West Texas Geol. Soc. Midland.
- KROMM, F. (1968): Répartition des faciès et position stratigraphique des formations ilerdiennes en Catalogne oriental. En: "*Coll. sur l'Eocène*", París. *Mem. Bur. Rech. Géol. et Min.*, 69, 209-217.
- KRUMBEIN, W. E. (1968): Geomicrobiology and geochemistry of the "Narilime-crust" (Israel), pp. 138-147 in Müller, G. y Friedman, G. M. (eds.) "*Carbonate sedimentology in Central Europe*", Springer Verlag. Berlín.
- LOGAN, B. W. (1972): Carbonate soils interbedded with Quaternary marine strata, Shark Bay, W. Australia, features and significance (abstract), p. 6, *Program Int. Geol. Cong. Montreal*, Ses. 6ª, 29 agosto 1972..
- LLOPIS LLADÓ, N. (1947): *Contribución al conocimiento de la formoestructura de los Catalánides*, 372 pp., XXII láms., 40 figs. Inst. Lucas Mallada, C.S.I.C. Barcelona.
- MÜLLER, G. (1971): "Gravitational" cement: an indicator for the vadose zone of the subaerial diagenetic environment", pp. 301-302 in Bricker, O. P. (ed.): "*Carbonate cements*". The John Hopkins Press.
- NAGTEGAAL, P. J. C. (1969): Microtextures in recent and fossil caliche. *Leidsche Geologische Mededelingen*, 42, 131-142.
- NELSON, H. F. (1959): Deposition and alteration of the Edwards Limestone, Central Texas, pp. 21-95 in: "*Symposium on Edwards Limestone in Central Texas*". Univ. Texas Bur. Econ. Geol. Public. n.º 5905.
- PRICE, W. A. (1925): Caliche and pseudo-anticlines. *A.A.P.G. Bull.*, 9, 1009-1017.
- PURSER, B. H. (1971): Middle Jurassic synsedimentary marine cements from the Paris Basin, France, pp. 178-184 in Bricker, O. P. (ed.): "*Carbonate cements*". The John Hopkins Press.
- SCHULTZ, C. B. y STOULT, T. M. (1955): Classification of Oligocene sediments in Nebraska. *Nebraska Univ. State Mus. Bull.*, 4 (2), 1-52.
- SWINEFORD, A., LEONARD, A. B. y FRYE, J. C. (1958): Petrology of the Pliocene pisolitic limestone in the Great Plains. *Kansas Geol. Surv. Bull.*, 130 (2), 97-116.
- THOMAS, C. M. (1965): Origin of pisolites (abstract). *A.A.P.G. Bull.*, 49, 360.
- WARD, W. C., FOLK, R. L. y WILSON, J. L. (1970): Blackening of eolianite and caliche adjacent to saline lakes, Isla Mujeres, Quintana Roo, México. *Journ. Sediment. Petrol.*, 40 (2), 548-555.
- WARDLAW, N. C. y REINSON, G. E. (1971): Carbonate and evaporite deposition and diagenesis, Middle Devonian Winnipegosis and Prairie evaporite formations of South Central Saskatchewan. *A.A.P.G. Bull.*, 54 (10), 1759-1786.