

MARÍA JOSÉ ESTRELA NAVARRO

ALGUNAS MICROESTRUCTURAS  
PRESENTES EN LAS COSTRAS  
CALCÁREAS DEL PIEDEMONT DE  
BÉTERA (PROVINCIA DE VALENCIA)

RESUMEN

Las formaciones aluviales que constituyen el piedemonte de Bétera, situado al Norte de la Provincia de Valencia, presentan a techo de sus secuencias sedimentarias importantes acumulaciones carbonatadas. Las diferentes muestras que se han analizado desde un punto de vista micromorfológico, pertenecientes a las cinco macrofacies descritas en los perfiles seleccionados, permiten reconocer gran variedad de microestructuras. De todas ellas aquí se detallan las que aparecen con mayor frecuencia, tales como laminaciones, oolítica-pisolítica, grietas de retracción y estructura de raíces. Estas microestructuras sugieren condiciones subaéreas en la génesis de las costras.

ABSTRACT

The alluvial formations that form the piedmont of Bétera, in the North of the Province of Valencia, have in the upper part of the sedimentary levels, carbonated deposits. Different samples have been analysed from a micromorphological point of view and allow the identification of large variety of microstructures. This paper analyses those who appear more often like laminations, ooids-pisoids, creaks of retraction and root structure. This microstructures suggest subaerial conditions in the formation of the crust.

## 1. INTRODUCCIÓN

El término *costra calcárea*<sup>1</sup> ha sido utilizado desde antiguo para referirse a una gran variedad de materiales, tales como travertinos, tobas, espeleotemas, nódulos, concreciones, etc. de naturaleza y origen muy diferente, lo cual ha dado lugar a una gran ambigüedad en torno a estas acumulaciones de carbonato tanto a nivel terminológico como conceptual. Por ello y a fin de evitar confusiones, resulta necesario precisar, ya desde el principio, qué se entiende por *costra calcárea*. De las diversas definiciones que aparecen en la bibliografía se ha elegido la de Goudie (1972), dado que resume y aúna, en cierto modo, a la gran mayoría de aquéllas. En este sentido se entiende por *costra calcárea* todo material de la superficie terrestre compuesto predominantemente, aunque no de manera exclusiva de  $\text{CaCO}_3$ , cuyo aspecto varía desde muy pulverulento a fuertemente endurecido y que en su génesis implica la cementación, acumulación o reemplazamiento de mayor o menor cantidad de suelo, roca o material meteorizado, principalmente dentro de la zona vadosa.

Si bien son diversas las variables que median en la formación de las *costras calcáreas*, parece estar claro el papel determinante que desempeña el clima en su distribución. Para buen número de autores estos depósitos han sido formados bajo unas condiciones climáticas concretas que han conducido a la acumulación de potentes masas de carbonatos (RUELLAN, 1968; ARISTARAIN, 1971; GOUDIE, 1973; ARAKEL, 1980). En general, todos están de acuerdo en afirmar que las *costras* se desarrollan en áreas de climas áridos o semiáridos, caracterizados por la existencia de períodos con un fuerte déficit hídrico. En este sentido, el análisis de estas acumulaciones carbonatadas puede ofrecer importantes datos sobre las condiciones paleoambientales del momento de su formación, a la par que ayudan a interpretar las secuencias estratigráficas en las que se situán.

En cuanto a las facies presentes en un perfil ideal de *costra*, son numerosas las clasificaciones que se han realizado. Lo más destacable al respecto, es que las facies definidas no varían en gran medida de unos autores a otros. En el sector que nos ocupa, el trabajo de campo ha permitido distinguir diversos tipos de *encostramientos* (fácilmente correlacionables con las facies descritas por diversos autores para otros sectores), que han dado lugar a una gran variedad de perfiles; los cinco principales tipos de facies definidos son, facies pulverulenta, brechoide, nodulosa, masiva y por último, facies laminar. Aunque es frecuente encontrar perfiles en el campo en los que falta alguna de ellas, ésta es la disposición que mostrarían en un perfil completo.

<sup>1</sup> Los autores anglosajones para referirse a estas mismas formaciones utilizan los términos de *caliche* y *calcrete*. A pesar de que en la bibliografía son bastante comunes las discusiones sobre la preferencia y valía de utilizar alguno de estos términos en detrimento del otro para definir tales materiales, hoy la mayoría de los autores tienden a hacer un uso indiscriminado de los mismos.

La primera de ellas se caracteriza por su tono blanquecino y por ser muy deleznable, aunque hacia techo va tomando mayor consistencia. A veces puede envolver pequeñas gravas y cantos dando paso a la facies brechoide. En contraposición, la facies masiva es muy dura, consistente y está exenta de porosidad; su tono varía de rojo a pardo-amarillento. Muy semejante a ésta desde un punto micromorfológico es la facies nodulosa; su principal característica es presentarse fragmentada en grandes agregados o nódulos. La facies laminar que sella el depósito es muy dura y masiva y se caracteriza por estar constituida de láminas de espesor milimétrico claramente diferenciables por el cambio de tonalidad. En general la mayoría de estas facies se presentan, con este mismo orden, en todas las clasificaciones (NETTERBERG, 1969; ESTEBAN *et al.*, 1983; VOGT, 1984, entre otras).

La formación de las costras calcáreas resulta principalmente de procesos en los que interviene la disolución y posterior precipitación de carbonatos. La gran diversidad de hipótesis genéticas que se han propuesto ha llevado a un enfrentamiento permanente entre los diversos autores centrada en torno principalmente a dos teorías, origen pedogenético (RUELLAN, 1971; ESTEBAN y KLAPPA, 1983; GOUDIE, 1983) o por el contrario, génesis sedimentaria de las mismas (DURAND, 1975; MONTENAT, 1973; VOGT, 1984).

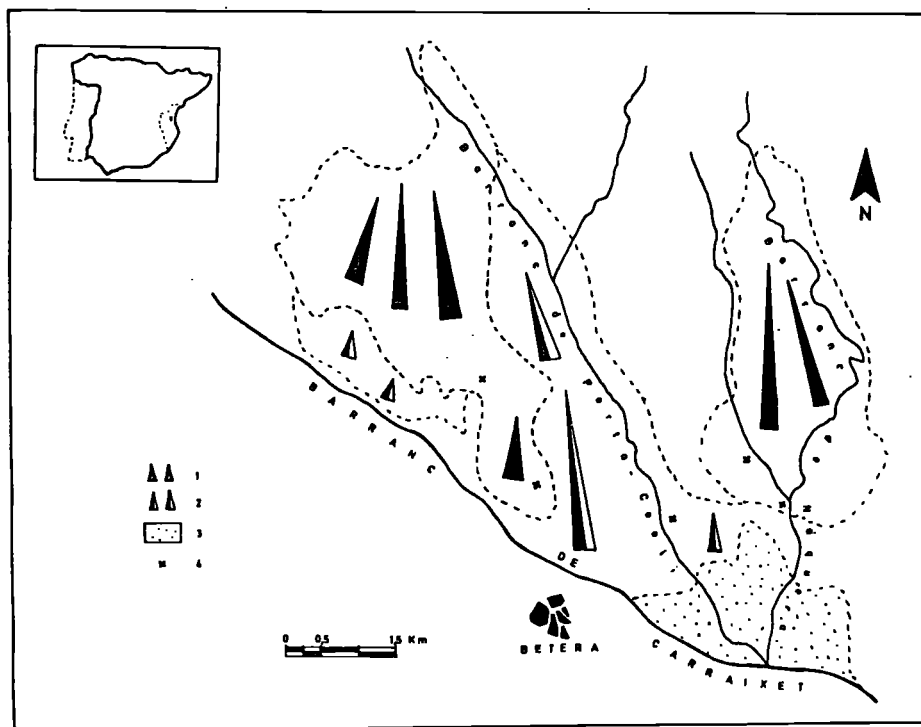


Fig. 1.- Esquema morfo-genético del sector del Barranc de Carraixet. 1) Nivel superior  $G_2-T_2$  (Pleistoceno medio); 2) Nivel medio  $G_1-T_1$  (Pleistoceno superior); 3) Mantos de arroyada holoceos; 4) Localización de los perfiles objeto de estudio.

En relación a los procesos generadores de las costras, tiene lugar el desarrollo de una gran variedad de microestructuras y microtexturas<sup>2</sup>; en este sentido, el objetivo central de este trabajo es el de definir algunas de las microestructuras más representativas observadas en las muestras que se han analizado. Así pues, para el análisis micromorfológico únicamente se han estudiado las muestras pertenecientes a cinco perfiles, localizados principalmente en las zonas distales de los abanicos que conforman el Barranc de Porta-Coeli y el de Nàquera (fig. 1).

## 2. MICROESTRUCTURAS

Se ha procurado que las muestras obtenidas en el trabajo de campo perteneciesen a las diferentes facies anteriormente señaladas para un perfil de costra, con objeto de reconocer y definir la mayor cantidad de microestructuras presentes en estas formaciones. Éstas han sido estudiadas principalmente en sección pulida y lámina delgada utilizando el microscopio electrónico (SEM) sólo para aquellos casos en los que había dificultad para el reconocimiento de alguna textura. De las diferentes microestructuras reconocidas, aquí únicamente vamos a prestar especial interés a algunas de las que más claramente muestran implicaciones de carácter genético, tales como las laminaciones, microestructura oolítica-pisolítica, grietas de retracción y estructura de raíces.

### 2.1. *Laminaciones*

Están constituidas por finas bandas u hojas fácilmente identificables en muestra de mano por la alternancia de color que presentan (claras y oscuras). Este bandeo generalmente planar, puede mostrarse ondulado en cuyo caso es frecuente encontrar en el centro de los domos grietas planas, producto de las descompresión. En microscopio se aprecia como las diferencias en coloración de las bandas son debidas a la presencia de filamentos de materia orgánica (láminas oscuras), que alternan con otras muy claras casi exclusivamente constituidas por calcita microcristalina (micrita), o con láminas más detríticas en cuyo interior aparecen pequeños granos de cuarzo (fig. 2). Dado que los restos de materia orgánica presentes no se han podido identificar a partir de la lámina delgada se ha utilizado el microscopio electrónico reconociéndose filamentos pertenecientes a algas y hongos (fig. 3). Es frecuente encontrar asociados a estas laminaciones

<sup>2</sup> El análisis de la microtextura se refiere al estudio del tamaño y forma de los cristales. Según Aristarain (1971) las texturas más características de los depósitos de caliche son las mismas que se observan para los sedimentos químicos y detríticos.

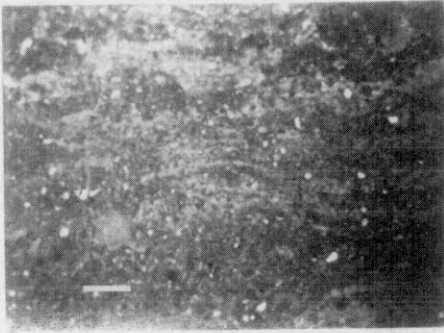


Fig. 2.- Microestructura laminar caracterizada por una alternancia de laminaciones claras y oscuras, generalmente onduladas, entre las que se depositan pequeñas partículas (terígenos). Escala 300  $\mu\text{m}$ .

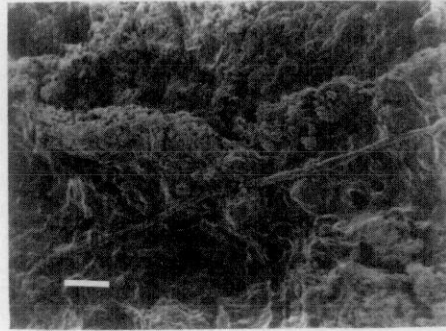


Fig. 3.- Estructura vegetal (filamento de hongo) entre precipitados de calcita. SEM escala 10  $\mu\text{m}$ .

pequeños agregados de calcita con estructura interna radial denominados esferulitos de calcita, cuyo origen aún es desconocido.

Parte de estas laminaciones han sido interpretadas como producto de la actividad algal (VOGT, 1984) que alterna con episodios de acumulación detrítica y precipitación de calcita micrítica, tal vez como resultado de la evaporación de las aguas superficiales (PURSER, 1980).

Esta microestructura, aunque puede presentarse tanto en la facies masiva como en la nodular, es sin embargo el constituyente casi exclusivo de la facies laminar del techo de un perfil de costra.

## 2.2. Oolítica - pisolítica

Esta es una de las microestructuras más frecuente en las costras del sector de Bétera. Está constituida por cuerpos esféricos o elipsoidales formados por capas concéntricas desarrolladas alrededor de un núcleo que puede ser, tanto un grano detrítico, como un pequeño fósil (SIESSER, 1973; READ, 1974). Las envueltas son fácilmente reconocibles por la diferente coloración que presentan al estar compuestas alternativamente de micrita muy oscura y microesparita. En las muestras que nos ocupan estos cuerpos se presentan indistintamente con núcleo (fig. 4) o sin él, estando constituidas las capas en el segundo caso por finos filamentos calcitizados. Los oolitos-pisolitos se diferencian de los nódulos por la ausencia de estructuras concéntricas en estos últimos; algunos autores por esta razón, han llegado a considerar a los nódulos como incipientes pisolitos.

En cierto modo parece estar claro que los procesos que intervienen en su génesis son semejantes para ambas formas y en relación a fenómenos de disolución-precipitación conectados a períodos intermitentes de humectación y desecación (SIESSER, 1973). Otros autores entre los que destacan Calvet y Juliá (1981), consideran que los pisolitos se desarrollan acrecionalmente a partir de un núcleo, mediante mecanismos de precipitación bioquímica controlada por cianobacterias o restos de raíces, a la par que se elimina progresivamente el material detrítico.

Esta microestructura es típica de la facies masiva, aunque se ha podido reconocer, tanto en la facies nodulosa, como conformando pequeñas bolsadas entre las bandas micríticas y algales en la facies laminar.

### 2.3. Grietas de retracción

En las muestras estudiadas se ha podido observar la aparición de pequeñas grietas, planas o curvas, que se presentan, tanto libres en la matriz (fig. 5) como rodeando algunas partículas, en cuyo caso reciben el nombre de *circumgranular cracking*. Es frecuente que el espacio que queda libre entre la matriz micrítica y la partícula sea rellenado por una fina aureola generalmente de calcita microesparítica.

Estas pequeñas grietas son producto de la desecación que sufre el suelo humedecido durante los períodos secos (BRAITHWAITE, 1983; PURSER, 1980). No deben confundirse con los denominados *canales de disolución*, de tamaño medio inferior al de las grietas y debidos, como su nombre indica, al microkarst. En con-

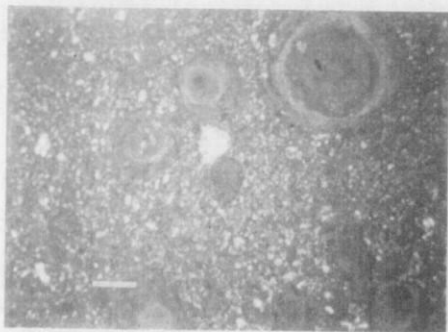


Fig. 4.- Microestructura oolítica-pisolítica. Las envueltas están bien marcadas por la existencia de diferente coloración entre las láminas. Algunas incluyen material detrítico. Escala 300  $\mu\text{m}$ .

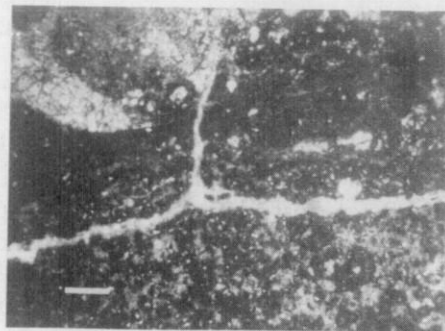


Fig. 5.- Grietas planas producto de la retracción del sedimento; en algunos puntos se presenta rellena por microesparita. La matriz que conforma la muestra presenta textura *clotted*. Escala 300  $\mu\text{m}$ .

traposición a las grietas, estos canales se desarrollan en cualquiera de las facies comentadas.

Las grietas de retracción suelen ser comunes en las facies masiva y nodular, dado que en ambas predominan procesos sinsedimentarios ligados a la desecación y nodulización que tienden a reestructurar el sedimento.

#### 2.4. Estructura de raíces

Algunas cavidades con morfología tubular y desarrollo sinuoso han sido ampliamente comentadas en la bibliografía sobre costras calcáreas (MULTER y HOFFMEISTER, 1968; PURSER, 1980; CALVET y JULIÁ, 1981; ESTEBAN y KLAPPA, 1983). Estas formas se han interpretado como producto de la actividad de filamentos de algas verdiazules calcitizados (JAMES, 1972), o como raíces de plantas superiores (KLAPPA, 1980). En las muestras aquí analizadas es frecuente encontrar tanto entramados de restos vegetales (fig. 6), algunos de los cuales vistos al microscopio revelan la presencia de estructuras celulares que corroboran su pertenencia a raíces o filamentos vegetales calcitizados, como cavidades tubulares de paredes micritizadas.

Los huecos que dejan las raíces al morir y descomponerse se presentan a veces totalmente rellenos por cristales de calcita microcristalina aunque es normal que únicamente recubran las paredes de los mismos, estando el resto libre o con rellenos de carácter detrítico (fig. 7). Klappa (1980) define a estas es-

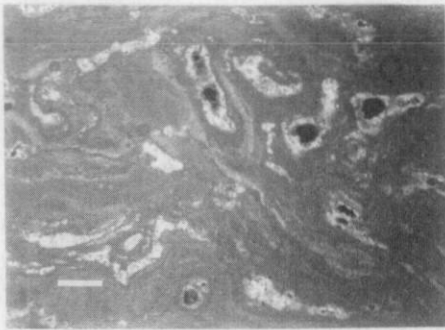


Fig. 6.- Huellas de raíces. Los huecos entre los restos vegetales aparecen rellenos de microesparita. En algunos de estos entramados de raíces es posible reconocer restos de tejidos de paredes vegetales que confirman su procedencia. Escala 300  $\mu\text{m}$ .

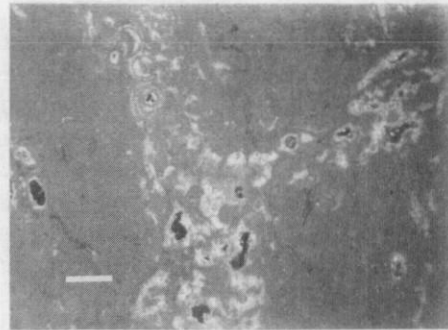


Fig. 7.- Pared de raíz micritizada. La materia orgánica no ha sido totalmente descompuesta quedando algunos filamentos en el interior de la misma; los huecos aparecen rellenos de microesparita. Escala 300  $\mu\text{m}$ .

estructuras de carácter organo-sedimentario, producidas por la acumulación y/o cementación alrededor de las raíces como rizolitos. Para este autor son de gran interés en los estudios de secuencias estratigráficas. Hay que tener mucho cuidado en no confundir estos huecos con los producidos por ciertos animales que colonizan estos niveles; en ocasiones la presencia de *pellets* de carácter fecal en el interior de los mismos es el único elemento que ayuda a su diferenciación.

La estructura de raíces y las formas tubulares se presentan fundamentalmente en la facies masiva y nodulosa. Aunque la costra o facies superior laminar aparece algunas veces fracturada por acción de raíces, no debe confundirse este proceso con el anteriormente señalado, dado que este último es bastante reciente y por lo tanto no interviene en la formación de la costra, sino más bien en su destrucción.

Muy en relación con la estructura de raíces se presenta la denominada textura alveolar (ESTEBAN, 1973; CALVET y JULIÁ, 1981; SANCHO, 1985). Está formada por poros cilíndricos e irregulares, rellenos o no de cemento calcítico, separados entre sí por pequeños tabiques de micrita. Su formación parte del proceso de descomposición que sufren las raíces, cuyos restos, al quedar ocupando el espacio anterior de la raíz, sirven de apoyo a la precipitación de los cristales que conforman las paredes de dicha textura. Suele ser abundante en la facies masiva, aunque puede observarse a veces en la facies laminar. En las muestras vistas se han podido observar ambas estructuras en relación.

### 3. CONCLUSIÓN

Son numerosas las microestructuras que se han definido como características de las costras calcáreas. Aquí se ha comentado sólo una breve muestra de aquéllas que han aparecido con mayor profusión en los perfiles analizados en el área del piedemonte de Bétera; otras muchas también abundantes e interesantes (tales como estructura *floating*, *pelletoidal*, *cantos orlados*, etc.) se han omitido, dado que las implicaciones de carácter genético no son tan claras como en las anteriores. La presencia en todas las muestras analizadas de restos de raíces, grietas, etc., permite pensar en el predominio de condiciones subaéreas en el proceso de formación de estas costras.

Con todo, hoy parece no haber duda entre los diversos especialistas en el tema que para una correcta interpretación genética de las diversas facies de un perfil es necesario en primer lugar, el estudio de los mecanismos que intervienen en la creación de las diferentes microestructuras y en segundo, el conocimiento de los diversos procesos diagenéticos que pueden alterar o modificar las primitivas estructuras. Sólo cuando se hayan incluido en una secuencia evolutiva las diferentes estructuras, se estará en condiciones de ofrecer una hipótesis genética sobre las mismas.



## BIBLIOGRAFÍA

- ARAKEL, A. (1982): "Genesis of calcrete in Quaternary soil profiles, Hutt and Leeman lagoons, Western Australia". *Journal of Sedimentary Petrology*, V, 52, pp. 109-125.
- ARISTARAIN, L. (1971): "Characteristics and genesis of caliche deposits". *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, V. 32, n. 2, pp. 117-141.
- BRAITHWAITE, C. (1983): "Calcrete and other soils in Quaternary limestones: structures processes and application". *Jour. Geol. Soc. London*. vol. 140, pp. 351-363.
- CALVET, F.; JULIÁ, R. (1981): "Descripción e interpretación de las texturas y microtexturas de caliches recientes del Camp de Tarragona y Penedés (Catalunya)". *Libro Jubilar J. M. Ríos*. Contribuciones sobre temas generales. Tomo 4. IGME, pp. 61-96.
- DURAND, J. (1975): "Les croûtes calcaires en Algérie". In: *Colloque Types de croûtes calcaires et leur repartition regional*. (Vogt, T. ed.) pp. 129-133. Strasbourg.
- ESTEBAN, M. (1973): "Caliche textures and microdium". *Boll. Soc. Geol. Ital.* 92, pp. 105-125.
- ESTEBAN, M.; KLAPPA, C. (1983): "Subaerial exposure environment", pp. 1-54. *Carbonate Depositional Environments*, Ed. Scholle, Bebout, Moore. A.A.P.G. Memoir 33.
- GOUDIE, A. (1972): "On the definition of calcrete deposits", *Z. Geomorph.*, Berlin-Stuttgart, pp. 464-468.
- GOUDIE, A. (1973): *Duricrusts in Tropical and Subtropical Landscapes*. Clarendon Press, Oxford.
- GOUDIE, A. (1983): "Calcrete", pp. 93-131. *Chemical Sediments and Geomorphology*. Ed. by Goudie and Pye. Academic Press, (London), 439 pp.
- JAMES, N. (1972): "Holocene and Pleistocen calcareous crust (caliche) profiles: criteria for subaerial exposure". *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 42 pp. 817-836.
- KLAPPA, C. (1980): "Rizoliths in terrestrial carbonates classification, recognition, genesis and significance". *Sedimentology*, 27, pp. 613-629.
- MONTENAT, CH. (1973): *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol*. Thèse d'Etat, Paris, Orsay.
- MULTER, H.; HOFFMEISTER, J. (1968): "Subaerial laminated crusts of the Florida Keys". *Late Pleistocene Subaerial features*, V. 9, pp. 119-131.
- NETTERBERG, F. (1969): "The interpretation of some basic calcrete types". *S. Afr. Archaeol. Bull.* 24, pp. 117-122.
- PURSER, B. (1980): "Diagenèse des sédiments carbonatés en milieu continental". *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents*. Ed. Technip. Paris, pp. 366.
- READ, J. (1974): "Calcrete deposits and Quaternary sediments, Edel Province, Shark Bay, Western Australia". *The American Association of Petroleum Geologists*. Mém. 22, pp. 251-281.

- RUELLAN, A. (1968): "Les horizons d'individualisation et d'accumulation du calcaire dans les sols du Maroc". *9th. Int. Congr. Soil Science, Adelaide, Australia*, 4, pp. 501-510.
- RUELLAN, A. (1971): *Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental)*. Mém. ORSTOM. 54: 302 pp.
- SANCHO, C. (1985): "El piedemonte pliocuaternario en la Región del Cinca (Provs. de Huesca y Lérida): Depósitos y evolución. *Actas de la I Reunión del Cuaternario Ibérico*. V. 2, pp. 381-392.
- SIESSER, W. (1973): "Diagenetically formed ooids and intraclasts in South African calcretes". *Sedimentology*, 20. pp. 539-551.
- VOGT, T. (1984): *Croûtes calcaires: Types et genèse*. Thèse d'Etat, Strasbourg, 1 vol., 228 pp.