

# Estratigrafía y sedimentología del terciario inferior continental de los Catalánides

Fernando Colombo Piñol

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

DEPARTAMENTO DE ESTRATIGRAFIA  
Y  
GEOLOGIA HISTORICA

**ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA DEL  
TERCIARIO INFERIOR CONTINENTAL DE  
LOS CATALANIDES**

Fernando COLOMBO PIÑOL



Construcciones algales: En el seno del tramo n°6 aparecen algunas construcciones de este tipo, generalmente oncolíticas y de pequeño tamaño, que muestran varios tipos de crecimientos laminares alrededor de núcleos diversos. Estos pueden corresponder a algunos fragmentos de areniscas, a algunos restos de gasteropodos, etc. Presentan la particularidad de haber sufrido unos procesos de perforaciones de escala milimétrica, así como la acción cariante de colonias de Microcodium irregularmente repartidas.

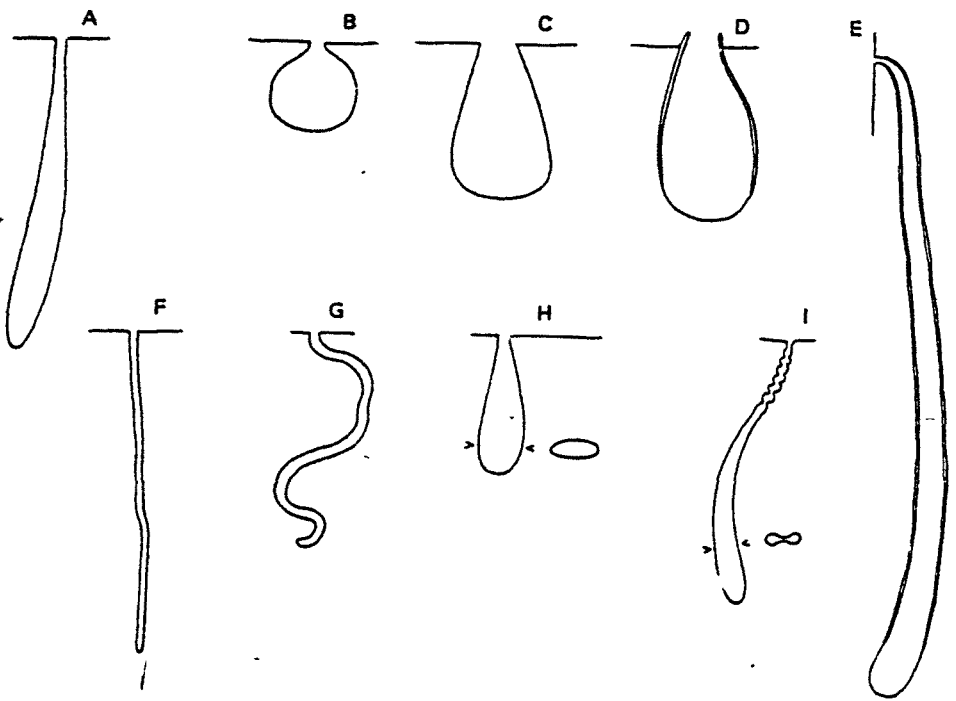


Fig. 11.9 Some variations included under the designation *Trypanites*, by Bromley (1972). A, general form. B, C, forms ascribed to bivalve borings lacking linings; D, E, those having calcareous linings. F-I, forms ascribed to polychaetes, sipunculids, or phoronids.

bis. — Algunas variaciones morfológicas incluidas en la denominación Trypanites. A, forma general; B, C formas adscritas a perforaciones de lamelibranquios, carecen de forro carbonatado; D, D formas adscritas a perforaciones de lamelibranquios, presentan forro carbonatado; F, G, H, I formas adscritas genericamente a poliquetos, sipunculidos o foronoides. WARME 1975, modif. de BROMLEY 1972.



Los oncolitos de pequeño tamaño (del orden de hasta unos 5 cm de diámetro máximo), pueden tener a su vez varios tipos de núcleo alrededor del que han ido creciendo; así, es muy común el núcleo arenoso, el núcleo a partir de fragmentos y conchas enteras de gasterópodos, y los que no presentan un núcleo muy evidente.

El crecimiento parece que se realiza a partir de precipitación y/o atrapamiento de carbonato cálcico por los filamentos algales constituyéndose láminas que se van superponiendo unas a otras tendiendo a adaptarse a las irregularidades de la superficie del núcleo. Gradualmente, y a base de crecimientos sucesivos se van formando multitud de láminas superpuestas a las primeras y separadas entre sí por los restos litificados de los filamentos algales. La estructura concéntrica parece estar originada por la rodadura del oncolito ya que las algas (azul-verdes) necesitan de la luz para su desarrollo.

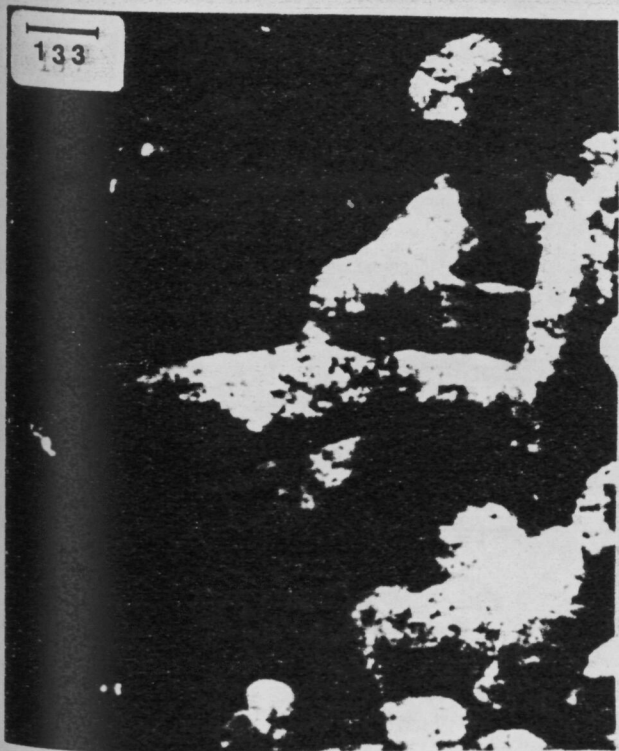
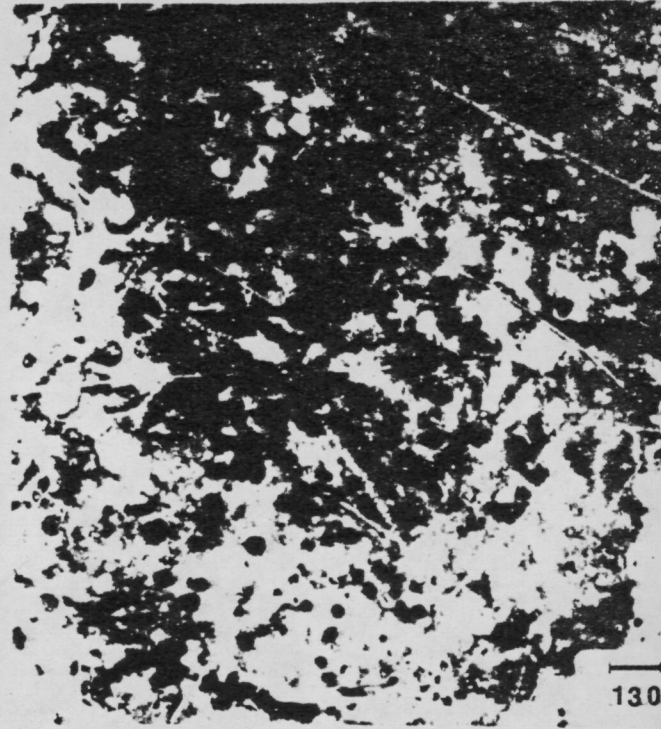
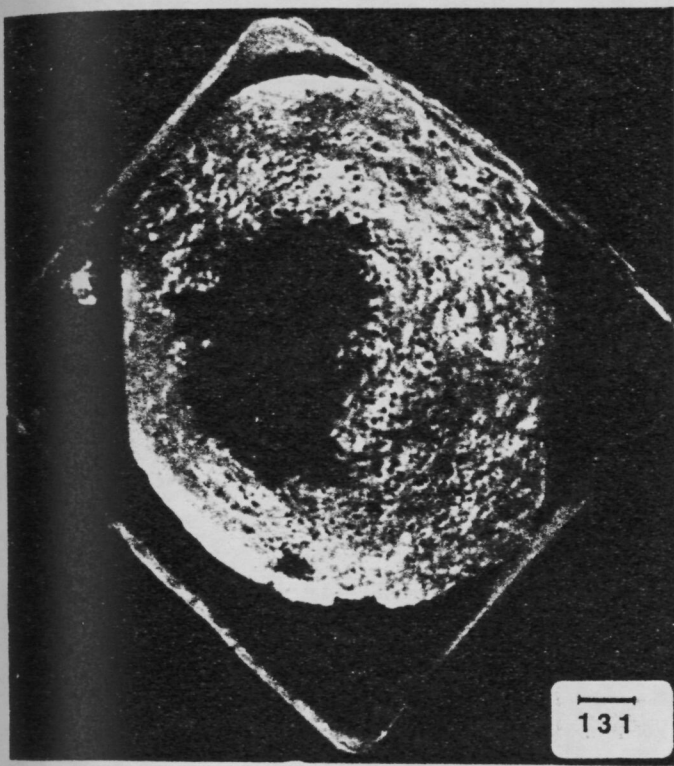
Cuando el crecimiento del oncolito se realiza en aguas en las que abundan larvas de insectos, estas pueden ser atrapadas por los filamentos algales mucilaginosos e incorporadas al crecimiento del oncolito mediante pequeñas deformaciones en las láminas. En algunos de los oncolitos encontrados por nosotros, además son patentes otro tipo de restos de actividad orgánica asociada con perforación de las láminas y sin deformación de las mismas. Nos ha llamado mucho la atención el hecho de la gran densidad superficial de perforaciones que muestran los pequeños oncolitos encontrados en la localidad de referencia (FEPB) y que les da un aspecto característico muy parecido al de un colador (fot. 130). Con tal de conocer su morfología interna se ha procedido a englobar los oncolitos en resina epoxy de manera que mediante una bomba de vacío se ha logrado que la resina penetrara en la mayoría de las perforaciones rellenándolas y posibilitando que, mediante la disolución con HCL del oncolito, queden bien patentizadas las trazas de las perforaciones.

Fot. 130.- Aspecto particular de la superficie perforada de un oncolito del Pinell del Brai. La barra equivale a 1 mm.

Fot. 131.- Aspecto general de la superficie del mismo oncolito inclusionado en resina epoxy. Corresponde a la muestra ya disuelta con HCl, la parte oscura es un residuo carbonatado de la superficie del oncolito. La barra equivale a 1/2 mm.

Fot. 132.- Aspecto interno de las perforaciones en relieve después de la disolución del oncolito con HCl. Obsérvese la tendencia centripeta de las perforaciones. La barra equivale a 1/2 mm.

Fot. 133.- Aspecto particular de las perforaciones in situ. Corresponde a un detalle de la fotografía anterior. La barra equivale a 0,2 mm.



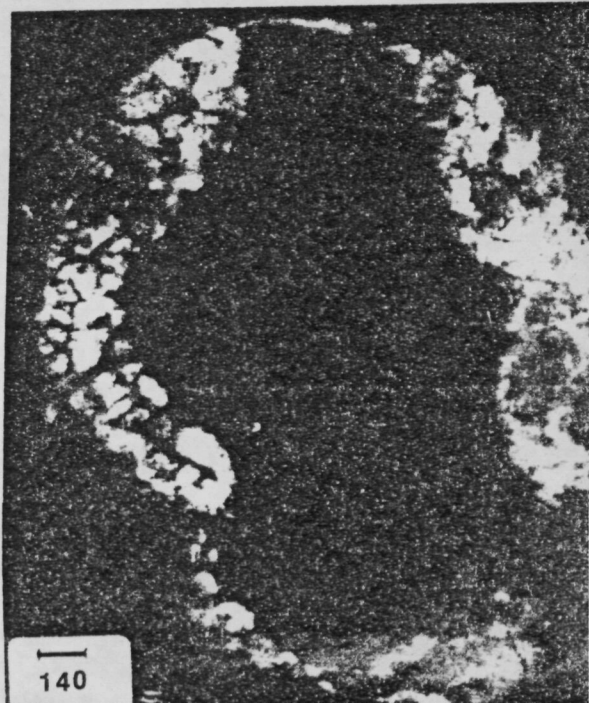
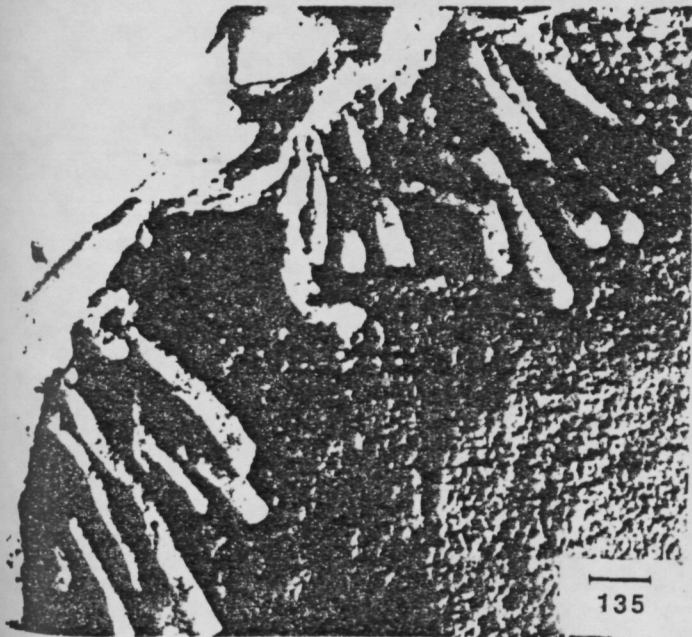
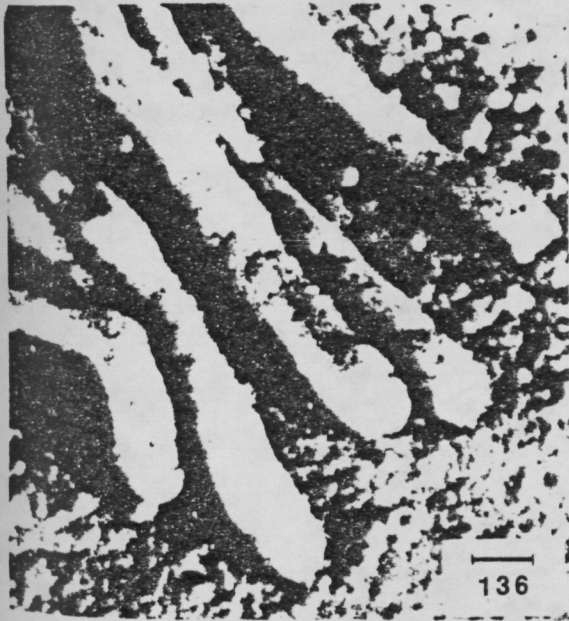
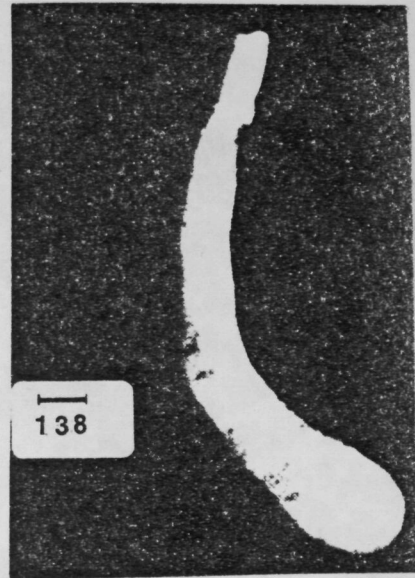
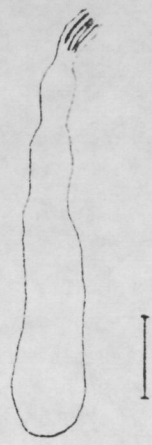
El resultado (fotos 131, 132, 133) muestra una gran cantidad de tubos individuales, con una sola boca de entrada y con disposición centripeta, ya que desde la superficie progresan generalmente hacia el centro del oncolito, aunque existan algunos pocos que muestren direcciones relativamente tangenciales.

Dos de estas perforaciones (Foto 134) aisladas, muestran una forma tubular, con una sola entrada, sección circular y entrada más estrecha que el final donde se produce generalmente un ensanchamiento característico. Tienden a ser relativamente rectos o con una ligera curvatura de gran radio, sin excluir que localmente puedan presentar curvaturas de radio bastante menor. Sus paredes son lisas o con muy pequeñas irregularidades. Longitud máxima del orden de los 5 mm mientras que el diámetro máximo varía, por lo general entre 0,3 y 0,5 mm.

Es evidente que estos tubos parecen obedecer a actividad de organismos que perforan al oncolito, lo que no está muy claro es con que objetivo, aunque nos inclinamos a creer que el origen de la perforación puede deberse a la búsqueda de nutrientes de los que la materia orgánica atrapada en el oncolito pudiera ser un buen representante, lo que también explicaría la gran densidad de los agujeros. Además, hay que tener en cuenta que estas perforaciones no afectan a la forma de las láminas por lo que estas ya debían tener una cierta litificación aunque fuera muy inicial. Esta es una de las características que permiten diferenciar los procesos de burrowing (realizados en substrato blando) de los borings (efectuados en substrato duro) (BROMLEY 1970, in CRIMES & HARPER 1970).

Al plantearse la búsqueda del organismo u organismos que pueden haber efectuado esas perforaciones (borings), a tenor de la morfología de la perforación podemos intentar incluirla en alguno de los grandes grupos, en que los especialistas (BROMLEY 1970a, 1972; WAPPE 1975) han dividido genericamente este tipo de perforaciones.

- Fot. 134.- Aspecto particular de unas perforaciones aisladas de Trypanites fimbriatus. Obsérvese su caracter general suavemente ondulado con pequeñas curvaturas locales de radio más reducido. Hay que destacar, de su forma general, las paredes lisas, el estrechamiento inicial y el engrosamiento final. La barra equivale 0,7 mm.
- Fot. 135.- Moldes ferruginosos perforando una valva de moluscos que ha sido disuelta con HCl. Paratipo de Specus fimbriatus STEPHENSON 1952 considerado como una sinonimia de Trypanites fimbriatus. De STEPHENSON 1952. La barra equivale a 1,25 mm.
- Fot. 136.- Detalle aumentado de la fotografia anterior. La barra equivale a 1/2 mm.
- 137.- Vista frontal esquemática de un ejemplar adulto de Caobangia GIARD; la barra corresponde a 1 mm.
- Fot. 138.- Ejemplar adulto de Caobangia GIARD procedente de la decalcificación de una concha. De JONES 1969. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 139.- Oncolito del Pinell del Brai perforado por Trypanites fimbriatus y corroído por colonias de Microcodium. La barra equivale a 1 mm.
- Fot. 140.- Oncolito del Pinell del Brai que muestra intensa corrosión por Microcodium. La barra equivale a 1 mm.





Así, se utiliza la nomenclatura de Entobia (BROMLEY 1970a) para designar genericamente todas las perforaciones realizadas por esponjas parecidas a las del actual género Cliona, mientras que bajo la denominación de Trypanites (redefinida por BROMLEY 1972) se ampara una gran cantidad de perforaciones (con una sola entrada, morfología tubular, diversos tipos de ensanchamientos y estrechamientos, ... etc.), que pueden haberse originado por la actividad de sipunculidos, poliquetos, lamelibranquios, cirripodos, y probablemente de otros grupos.

La denominación genérica se debe a que pueden existir todas las variaciones posibles entre las diversas morfologías principales que pueden tener las perforaciones y que son mostradas en la fig. , así como a una simplificación terminológica que puede abarcar un agran número de especies de trazas fósiles. Esta sinonimia incluye taxones que otros autores consideraban como fósiles verdaderos (MOOPE 1969) (BROMBEY 1975).

En principio cabe descartar que las perforaciones que estamos considerando esten originadas por la acción de Entobia u otras esponjas, ya que no muestran su característica red de galerías.

Por tanto esas perforaciones pueden recibir la denominación de Trypanites.

Consultado el trabajo de redefinición del Trypanites (BROMLEY 1972) podemos apreciar que una sinonimia antigua, con una morfología y dimensiones muy parecidas a las de nuestras perforaciones, corresponde al género Specus STEPHENSON 1952, y más concretamente al Specus fimbriatus, su genotipo (fots. 135, 136), fué definido como resultado de un organismo incierto, parecido a Cliona, con perforación de valvas de lamelibranquios en el Cenomanense de Texas.

En cuanto al grupo responsable directo de las perforación efectuada, se puede delimitar por reducción de posibilidades. Así, por la forma y por las dimensiones generales las posibilidades parecen quedar reducidas a Phoronoidea, Sipunculidea y Polichaeta como grupos principales.

Podemos descartar al grupo de Phoronoidea a causa del carácter ramificado de sus galerías. Las perforaciones del grupo Sipunculidea acostumbra a realizarse sinsedimentariamente a la formación del substrato perforado, colocándose por lo general paralelamente a las líneas de crecimiento, aunque se han citado algunos casos en que atraviesan ortogonalmente a las láminas de crecimiento. También pueden excavar materiales terrígenos, cosa que no sucede en nuestro caso y que parece excluir, también, esta posibilidad,

Finalmente, queda el amplio grupo de los Polichaeta al que podrían corresponder las perforaciones estudiadas por nosotros.

Los oncolitos encontrados en la zona del Pinell del Brai, que muestran las perforaciones anteriormente citadas, se hallan asociados a unos niveles arenosos silíceos con cemento carbonatado que están intercalados en un grueso paquete de arcillas lateríticas.

Actualmente se pueden encontrar asociados directamente a la parte superior de los niveles arenosos (canales fluviales) mencionados anteriormente o bien formando un pseudoconglomerado aglutinado por una matriz localmente muy rica en yeso fibroso y que muestra una cierta relación (de lateralidad) con los canales fluviales mejor representados.

Por tanto, parece evidente que la génesis de estos oncolitos está íntimamente relacionada (algunos presentan un núcleo de arenisca) con la actividad fluvial de esos canales; en los que es obvia su continentalidad.

Los poliquetos actuales habitan prácticamente todos en medio marino, desarrollando allí su actividad perforante. Hasta el momento solo se ha descrito un único representante (fot. 138), más concretamente un sabelido (Caobangia), como perforante de conchas de gasterópodos de agua dulce en los ríos del sudeste asiático (JONES 1969).



Si es cierto que las perforaciones consideradas pueden deberse a la actividad de algunos poliquetos y que esta actividad parece desarrollarse en un medio de agua dulce, habrá que considerar sus posibles analogías con el género Caobangia.

El estudio más reciente sobre el género Caobangia (JONES 1969) se ha realizado sobre muestras de conchas perforadas recolectadas en los ríos de agua dulce de la zona del sudeste asiático. Sus dimensiones máximas, en estadio adulto son de 5 mm de longitud y una anchura de 1 mm en la zona más gruesa; en estadio larval sus dimensiones máximas son de 0,95 mm de longitud y 0,20 mm de anchura.

Las perforaciones muestran una entrada angosta y una terminación más ancha, paredes lisas, no están interconectadas entre sí y permanecen restringidas a las partes mineralizadas de las conchas.

Parece que las larvas, arrolladas en sí mismas y con una teca protectora envolvente, se instalan sobre la concha y empiezan a perforarla; de modo que al ir creciendo, la parte basal de la larva penetra en la concha mineralizada. El mecanismo de la perforación se basa en la actividad cariante como consecuencia de los flujos ácidos originados por la actividad metabólica del organismo. El desarrollo posterior en circunferencia y en longitud, permaneciendo posiblemente en el interior de la perforación, condiciona la formación del borinq de adulto (fig. 137).

En resumen, parece existir una buena correlación entre la forma del individuo y la de la perforación resultante de su actividad, pero todavía quedan por conocer el como se produce inicialmente el comienzo de la perforación, y el porque las perforaciones no están interconectadas entre sí, su restricción a la zona mineralizada, ... etc.

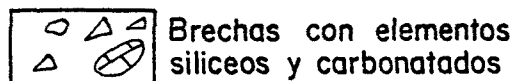
El desarrollo de estas perforaciones en especímenes encontrados en aguas dulces en zona tropical proporciona datos acerca del ambiente climático que debería imperar en la zona

del Pinell del Brai en el momento del desarrollo de las perforaciones. Además, hay que tener en cuenta que una de las pocas citas de crecimientos oncolíticos actuales en régimen fluvial también corresponde a la zona del sudeste asiático (GLACEK 1965), lo que parece implicar una posible relación en un ambiente climático favorable para su desarrollo mutuo.

Además de las perforaciones los oncolitos muestran corrosión parcial efectuada por colonias de Microcodium. La instalación de este último parece realizarse en época tardía, ya que destruye la estructura interna, perforaciones incluidas (fots. 139, 140).

Parece que su génesis, ligada a la actividad de los canales fluviales se realizó de una manera un poco lateral a los mismos, en zonas donde podían producirse pequeños encharcamientos, más o menos estacionales y con alguna ligera remoción acuosa (así se posibilitaría su crecimiento como tales oncolitos). Posteriormente serían arrastrados mediante una gran avenida y acumulados en una zona de encharcamiento general (rica en aguas sulfatadas). Serían enterrados más o menos rápidamente, tal como parece estar demostrado por el hecho de que las perforaciones solo estuvieran rellenas por limos y no por recristalizaciones carbonatadas que es lo que parecería más lógico. Luego, y a causa de la instalación de una cobertera cálfica en un thajatiense (gasterópodos de las calizas inferiores) que contribuiría, también, a la laterización del conjunto de materiales lutíticos, se podría producir la corrosión de los oncolitos por la actividad cariante de las colonias de Microcodium.

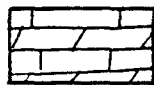
# LEYENDA GENERAL FIGURAS INTERCALADAS EN EL TEXTO



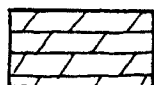
Brecchas con elementos silíceos y carbonatados



Calizas



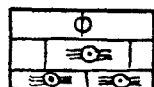
Calizas dolomíticas



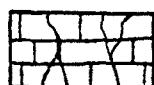
Dolomias



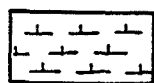
Calizas nodulares



Calizas pisolíticas  
" " margosas



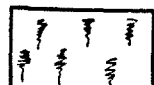
Calizas con Karst pre-Mioceno



Limolita carbonatada



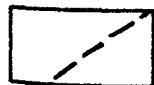
Areniscas "scouring"  
Lutitas



Materiales edafizados



Construcciones algales



Fractura



Lutita



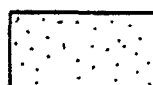
Lutita carbonatada



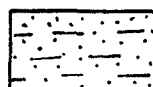
Lutita arenosa



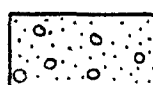
Lutita yesífera



Arenisca



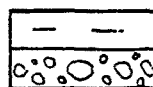
Arenisca lutítica



Arenisca conglomerática



Materiales marinos

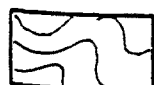


Conglomerados

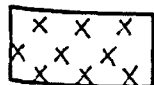


Cubierto

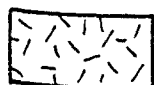
## BASAMENTO



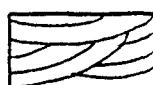
Paleozoico



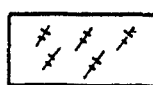
Granito



Roca granuda muy alterada



Bundsandstein



Pórfido



Calizas Triásicas

### 2.3.1.- GRUPO CORNUDELLA

Recibe la denominación de la localidad de Cornudella edificada sobre niveles de esta Unidad. En conjunto y en sentido ascendente incluye la Formación Mediona, que presenta unas características similares a las del área tipo; el Complejo de Ulldemolins, denominado de esta manera debido a la complejidad que muestran los cambios laterales y verticales de las diferentes litologías que lo componen; la Formación Aubarca y la Formación Morera del Montsant.

En conjunto la ausencia de la Formación Orpi en este área nos impide asimilar el Grupo Cornudella al Grupo Pontils con el que guarda algunas semejanzas, tal y como pueden corresponder a los tipos litológicos dominantes (lutíticos, carbonatados, evaporíticos y aún arenosos). Otra unidad que guarda una estrecha relación con la definida en la Zona Centro es la Formación Morera del Montsant que es la equivalente hacia el Sur de la Formación Bosc d'en Borrás. Se la ha denominado diferente a tenor de que muestra algunas características diferentes, una cierta discontinuidad en los afloramientos, así como el estar colocada claramente sobre la Formación Aubarca, mientras que en el área tipo de la Formación Bosc d'en Borrás ésta se halla colocada directamente encima de los materiales yesíferos de la Formación Valldeperes y pasa hacia el Sur a una unidad no diferenciada (ANADON 1978).

El Grupo Cornudella, al incluir también la Formación Mediona, equivale a un lapso de tiempo mayor que el representado por el Grupo Pontils del que esta unidad junto con la Formación Orpi se hallan excluidas, y representa una sedimentación predominantemente lutítica evaporítica y carbonatada que corresponde a ambientes de plafat carbonatado y evaporítico desarrollados en un área en la que las influencias tectónicas son prácticamente inexistentes.

# Leyenda para los niveles afectados por procesos edaficos

## LITOLOGIA

	Caliza		Caliza nodulosa
	Caliza margosa		Lutita
	Caliza arenosa		Lutita carbonatada
	Caliza dolomítica		Lutita arenosa
	" " brechificada		

## COLORACION

	Blanco	Ocre	Rojo	Gris	Granate	Violeta	Negro
Color							
Tonalidad					Cambio gradual		
	Parcheado difuso			Parcheado neto		Cambio neto	

## CONTENIDO BIOLÓGICO

	Ostracodos		Carofitas		Gasteropodos		Microcodium		Vidaliella Gerundensis
--	------------	--	-----------	--	--------------	--	-------------	--	------------------------

## EXTRUCTURAS

	Nodulación		Fisuración		Intraclastos
	Pisolitos		Pisolitos polifasicos		Circumgranular craking
	Tubo con relleno de calcita		Tubo con relleno limolítico		Nodulos ferruginosos
	Nodulos carbonatados		Nodulos y vetas de sílex		Carniolización
	Disyunción prismática				

Zona tectonizada

Fig 7

## 2.3.1.1'- FORMACION MEDIONA

En la Zona Sur existen, entre los materiales terciarios del Complejo de Ulldemolins y su basamento pretriásico, unos materiales que tanto por su litología predominante (carbonatos), su disposición estratigráfica así como su contenido faunístico (Vidaliella gerundensis VID., trazas de Microcodium localmente importantes, etc.) podemos asimilarlos como equivalentes a la Formación Mediona, estudiada como nivel por FERRER (1971) y elevada a rango de Formación por ANADON (1978).

En conjunto se halla representada muy pobremente, con unas potencias que como máximo pueden llegar a algunas decenas de metros pero lo general es que sea de orden métrico y aún pentamétrico, y afloran de una manera muy localizada y generalmente puntual a lo largo de la Zona. Tal como puede apreciarse en la fig. sus afloramientos son de escasa potencia y de distribución muy irregular en el área de Cabassers-Cornudella-Ulldemolins. En concreto pueden identificarse materiales de esta unidad en afloramientos de escasa entidad relativa en el área de La Morera del Montsant (Coll Roig, Cami de Poboleda,...), pudiendo existir horizontes similares y con un carácter más o menos residual en otros lugares próximos (Figrossos y Moli del Pont en las cercanías de Ulldemolins,...). Creemos que, además se pueden correlacionar, al menos en parte con depósitos similares y con carácter laterítico existentes en la Zona de El Pinell del Brai, Prat del Compte, Horta de Sant Joan y muy probablemente con los del Pont del Diable en Tarragona.

En conjunto los materiales que constituyen esta Unidad se hallan representados, predominantemente por materiales carbonatados, generalmente con trazas de pisolitización localmente muy acusada y desarrollada que llega a incorporar hasta pisolitos ferruginosos. Subordinadamente y aunque localmente llegan a mostrar potencias unilarias métricas y aún mayores, se presentan niveles lutíticos constituidos predominantemente por Illita y Caolinita como accesorio, localmente are-

nosos y que esporádicamente llegan a mostrar algunos gránulos silíceos dispersos. Son generalmente rojos y con una gran abundancia y preponderancia local de bioturbación verticalizada que proporciona un moteado neto y aún difuso generalmente grisáceo y aún rosado. La otra litología predominante, corresponde a unos niveles carbonatados en los que sobresale el carácter pisolítico del conjunto con mayor o menor desarrollo según sean las localidades y los niveles. A escala de afloramiento los niveles son continuos y bastante extensos, pero en el área tipo del Complejo de Ulldemolins muestran variaciones de potencia y de persistencia lateral importantes. Se han detectado en las partes basales de los cortes dels Pigrossos (FGR) y del Moli del Pont (FMP) en las inmediaciones de Ulldemolins, en los alrededores de Cornudella (FCD) y en la Zona de La Morera del Montsant (FLMR), que es con mucho el mejor de los afloramientos encontrados en este área.

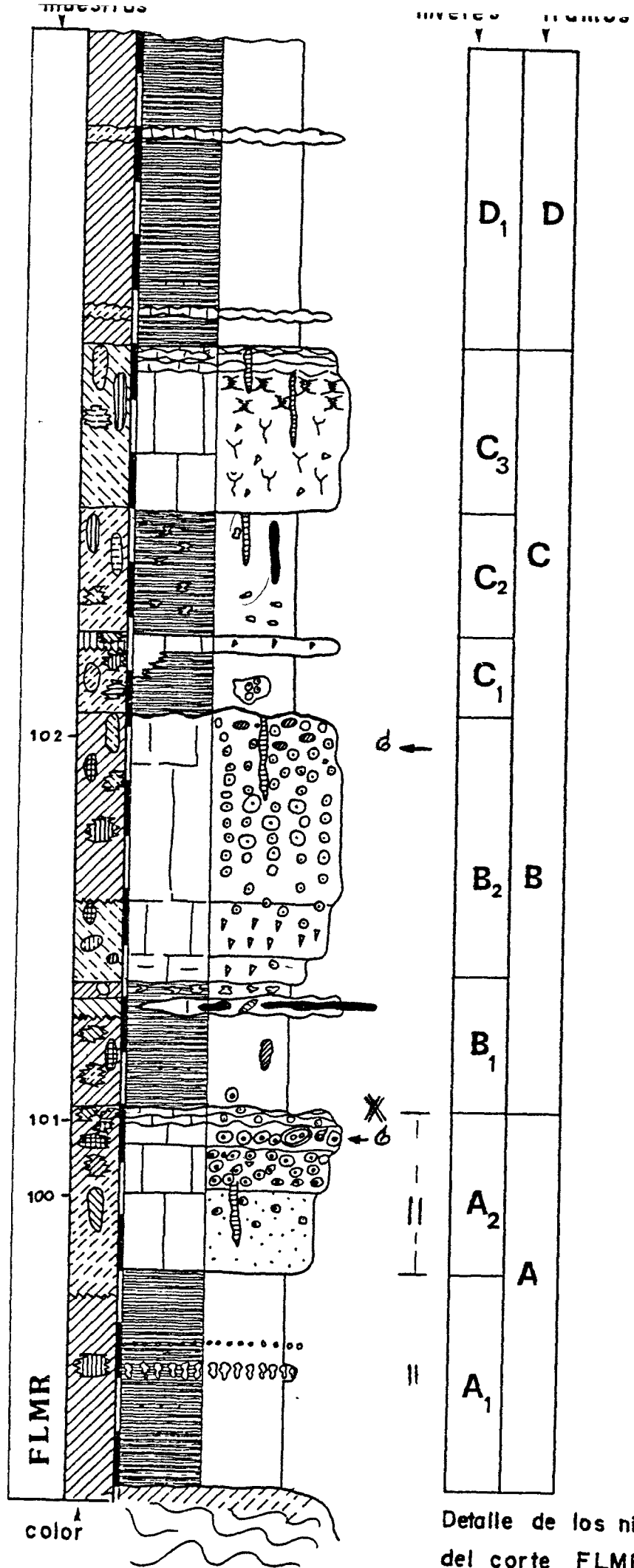
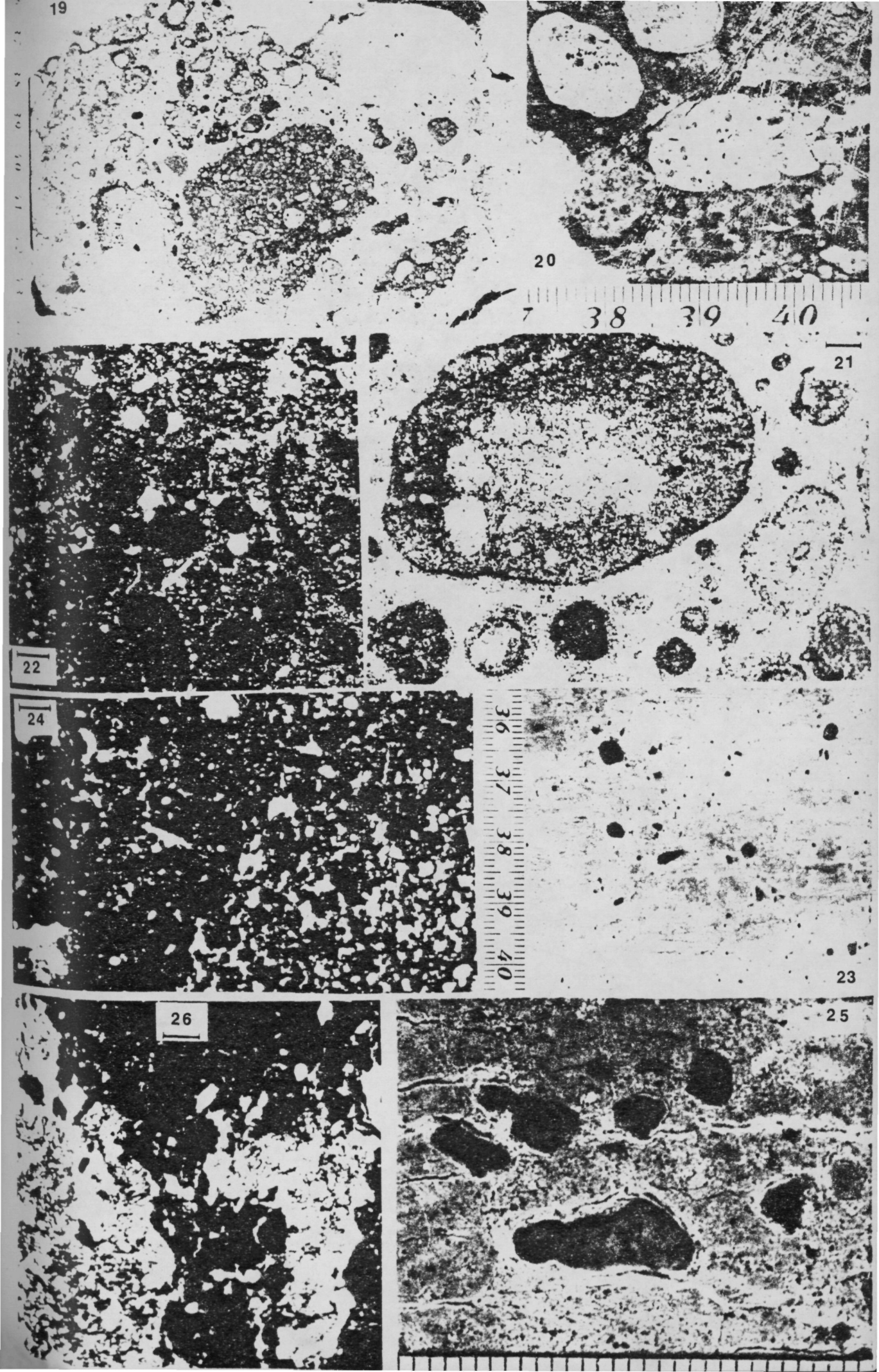


Fig 8

Detalle de los niveles basales del corte FLMR



- Fot. 19.- Caliza compuesta casi exclusivamente por pisolitos heterométricos, que muestran varios estadios en su desarrollo. Tiene el aspecto general de un conjunto de grandes pisolitos rojos (zonas oscuras en la foto) polifásicos, embebidos en una matriz carbonatada rosada caracterizada por la presencia de pisolitos - de pequeño tamaño y esporádicos fragmentos líticos. Muestra pulida FLMR 102. Escala centimétrica.
- Fot. 20.- Detalle de la muestra anterior en el que puede apreciarse la existencia de un molde de gasterópodo bulimoides relleno a su vez por una matriz carbonatada caracterizada por la inclusión de pequeños pisolitos. Las rayas blancas provienen del pulido defectuoso. Escala centimétrica.
- Fot. 21.- Aspecto microscópico de la muestra anterior. Obsérvese el film ferruginoso que delimita un estadio de crecimiento del pisolito polifásico que ocupa gran parte de la fotografía; así como su interior microesparitizado, con pequeños pisolitos y esporádicos granos de cuarzo. La matriz pisolítica rosada también muestra un alto grado de microesparitización. Lámina delgada. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 22.- Caliza roja pisolítica sin trazas de decoloración. Obsérvese el grueso film ferruginoso que envuelve los pisolitos. Muestra FLMR 102 b. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 23.- Calizas grumosas, retrabajadas, con litoclastos (zonas oscuras) que muestran grietas curvadas (circumgranular cracking). Escala en centímetros. Muestra pulida FCB a.
- Fot. 24.- Caliza con pequeños pisolitos, algún litoclasto y fragmentos de cuarzo. Localmente son abundantes los poros en forma de estrella (stellate voids) que le confieren un aspecto grumoso. Lámina delgada. Muestra FCB 18. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 25.- Caliza con abundancia de parches microesparíticos y de litoclastos. Obsérvese las grietas curvadas situadas alrededor de los litoclastos. Escala en milímetros. Muestra pulida FCB 6.
- Fot. 26.- Caliza con pequeños pisolitos, litoclastos y algunos fragmentos de cuarzo dispersos. Obsérvese la acción variante de las colonias de Microcodium que han penetrado por las grietas preexistentes. Lámina delgada FCB 25. La barra equivale a 1/2 mm.



A2). 3 mts.- Calizas predominantemente arenosas con inclusiones detríticas (silíceas) Cuarzo, Cuarzitas, liditas, más detríticas y abundantes hacia la parte inferior donde presentan caracteres algo margosos. En la parte media existen zonas con intraclastos, (localmente pueden ser oscuros) que pasan rápida y verticalmente a niveles pisolíticos. La parte superior está constituida por un nivel pisolítico en el que puede apreciarse un "inverse grading" en cuanto al tamaño de los pisolitos (desde tamaños de algunos mm. de  $\phi$  máx. en la parte inferior hasta más de 3 cm de  $\phi$  máx. en la parte superior); alguno de los pisolitos mayores muestran características polifásicas, llegando a englobar a algunos de los gasterópodos bulimoides que se encuentran en este nivel. La parte más superior está formada por un nivel noduloso, pisolítico, algo acarniolado. Coloración rosada general con moteado difuso verticalizado, de coloración roja, gris, negra y blancuzca. Existen algunos esporádicos tubos verticales rellenos por calcita geódica con moteado neto gris. Presentan una marcada y evidente disyunción prismática.

Tramo B: Representado por dos niveles:

B1). 2,30 mts.- Lutitas arenosas con nódulos ferruginosos y esporádicos pisolitos de pequeño tamaño más abundantes hacia la parte inferior. Presentan una intercalación carbonatada lenticular de calizas margosas con nódulos de silix (30 cms. de  $\phi$  máx.), y vetas de yeso secundario. Por encima de esta intercalación, las lutitas muestran pequeños nódulos carbonatados dispersos. La coloración general es roja con moteado difuso verticalizado de coloración rosada y tonalidad granate neta. Hacia el nivel calcáreo lenticular el moteado es grisáceo y esporádicamente rosado.

B2). 5 mts. Nivel carbonatado con un banco (50 cm) margocalizo intraclástico en la base, que hacia la parte superior engloba pisolitos localmente ferruginosos y de coloración más acentuada (granate) que el resto (grisáceo, con algún moteado difuso blancuzco). Le siguen calizas intraclásticas que van pasando a pisolíticas hacia la parte superior (1 mt.). Encima, existen unos bancos constituidos casi exclusivamente por pisolitos heterométricos, (algunos pueden tener más de 4 cm. de  $\phi$  máx.) llegando a constituir un "inverse grading" granulométrico, y van haciéndose mayores hacia la parte superior donde algunos muestran su carácter polifásico y pueden englobar a gasterópodos bulimoides presentes en este nivel (foto 20). Localmente existen nódulos ferruginosos dispersos de color granate. Coloración generalmente roja con moteados difusos grises y blancos con elongación vertical, y moteado granate neto. Aspecto compacto, forma un resalte topográfico. Son visibles localmente trazas de tubos verticales, con rellenos geódicos de esparita y moteado grisáceo neto, que quedan truncados en la parte superior que a su vez muestra una superficie neta e irregular característica.

Tramo C: Constituido principalmente por tres niveles;

C1). 1,70 mts.- Lutitas muy carbonatadas que engloban fragmentos del nivel inferior. Rosadas con moteado rojo bien definidos y moteados difusos blancuzcos y amarillentos. La parte superior está constituida por un nivel de margocalizas (10 cm) intraclásticas blancuzcas con moteados difusos grises y verdosos.

C2). 2 mts.- Lutitas carbonatadas, friables con pequeños nódulos carbonatados dispersos. Coloración rosada con moteados netos blancuzcos y amarillentos elongados verticalmente, que parecen estar ligados estrechamente a tubos verticales con relleno geodico de calcita y/o relleno limolítico que quedan truncados en la parte superior del nivel. Localmente existe moteado grisáceo difuso. En algunos lugares pueden pasar gradualmente al nivel superior.

C3). 3 mts.- Calizas grisáceas intraclásticas algo margosas en la parte inferior, con fisuración y nodulización que se van haciendo más abundantes hacia la parte superior (quedan patentizadas por el moteado amarillento difuso que las acompaña) donde pasan gradualmente a un horizonte (50cm de pot.) noduloso que recubre el conjunto, coloración grisácea generalizada con moteado neto rosado y blancuzco ligado a tubos verticales con rellenos geodicos de calcita que muestran truncaciones en la parte superior del nivel.

Tramo D: Representado por un solo nivel:

D1). 5,5 mts. como mínimo.- Lutitas rojas, friables con algunos pequeños nódulos carbonatados esporádicos y dispersos. Presentan moteado difuso gris, generalmente asociado a los horizontes carbonatados intercalados. Localmente existen algunas pequeñas intercalaciones (30 cms) de nivelillos carbonatados nodulosos rosados.

Se encuentran niveles parecidos en otros cortes efectuados fuera del área tipo del Complejo de Ulldemolins, tal y como pueden ser los existentes en la parte basal del corte de Gandesa (FGD), en la parte inferior del afloramiento de la Estación de Prat del Compte, así como los niveles inferiores del corte de Horta de Sant Joan (FHJ); a partir de esta última localidad y en dirección a la Cordillera Ibérica existen una serie de afloramientos que muestran continuidad con la sedimentación cretácica y que presentan niveles similares a los aquí descritos en idéntica posición estratigráfica (CANEROT 1974, COMBES 1969).

Destaca por la calidad de sus afloramientos, la parte basal del corte de Gandesa (FGD). Descripción (ver fig.9)

#### Niveles carbonatados basales de la serie FGD

Yacente: Calizas dolomíticas brechoideas grisáceas supratríaicas, posiblemente jurásicas, con zonas dedolomitizadas en las que puede apreciarse la penetración del Microcodium mediante fisuras y canales.

Tramo A: Constituido principalmente por ocho niveles:

A1). 1 mt.- Calizas brechoideas con litoclastos (fragmentos dolomíticos con fantasmas de pequeños oolitos) (Jurásico ?) y abundante acción del Microcodium mediante penetración por canales y fisuras (fót. 33). Gris con parcheado difuso amarillento.

A2). 70 cms.- Calizas amarillentas con zonas difusas rojas y moteado negro neto. Contienen pisolitos negruzcos, algunos litoclastos y fragmentos de gasterópodos negros. Son localmente abundantes las grietas curvadas.

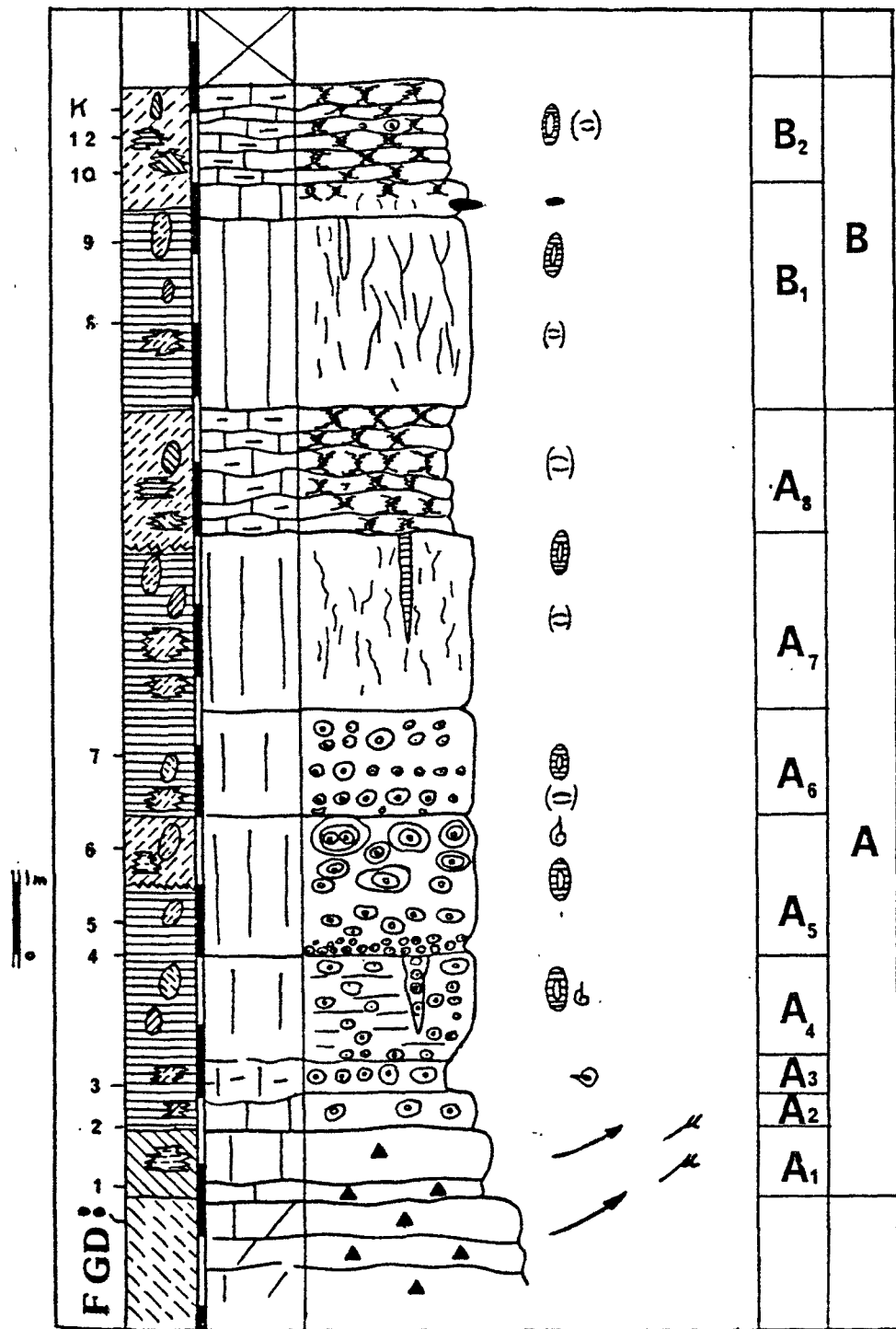
A3). 60 cms.- Calizas margosas amarillentas, pisolíticas, con gran cantidad de pisolitos heterométricos que localmente parecen sueltos (foto 27). Moteado rosado difuso. Presentan abundancia de grietas curvas y diferentes desarrollos de los pisolitos desde individuales a polifásicos. Contienen restos de Viladiella gerundensis VID.

muestras

↓  
color  
↓

tramos

niveles ↓



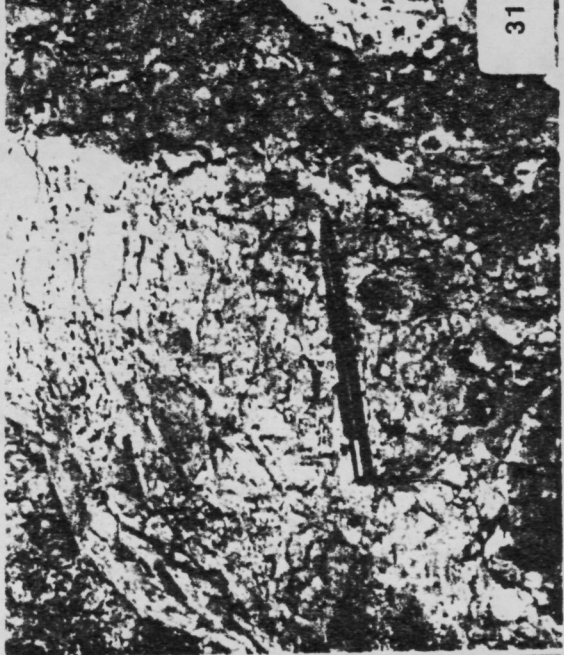
Detalle de los niveles

carbonatados basales del  
corte FGD

Fig 9

- Fot. 27.- Nivel constituido por pisolitos más o menos sueltos englobados en una matriz calcáreo margosa con pisolitos de menor tamaño en la que se presentan algunos ejemplares de Vidaliella gerundensis VID. --Corresponde al nivel A3 de la serie FGD.
- Fot. 28.- Detalle del nivel A4 de la serie FGD en el que puede apreciarse un graded bedding inverso en cuanto al tamaño de los pisolitos.
- Fot. 29.- Aspecto particular del nivel A5 de la serie FGD en el que se pueden observar la disposición de los pisolitos milimétricos característicos de sus horizontes basales.
- Fot. 30.- Parte superior del nivel A5 de la serie FGD donde se ha tomado la muestra nº 6. Obsérvense los pisolitos polifásicos de gran tamaño así como la coloración roja de su núcleo que resalta con respecto a la aureola amarillenta que los envuelve. Disposición general en graded bedding inverso.
- Fot. 31.- Aspecto general del nivel A6 de la serie FGD, donde se ha tomado la muestra nº 7. Se caracteriza por la heterometría general de los pisolitos que parecen mostrar alguna alineación preferencial.
- Fot. 32.- Aspecto de la superficie del nivel A7 de la serie FGD. Obsérvense los huecos irregulares y los parches redondeados rellenos por calcita geódica que corresponden a la truncadura superficial de los tubos verticales originados posiblemente por la actividad de raíces.





31



32



30



28



29



27

A4). 1,5 mts.- Calizas pisolíticas amarillentas con moteado rojo neto ligado a algunos de los pisolitos de mayor tamaño. Por lo general existe un graded bedding inverso de los pisolitos (foto 28) que localmente parece verse alterado por la existencia de cuñas verticales que penetran a lo largo de casi todo el nivel con pisolitos de mayor tamaño que los del encajante. Existen restos de gasterópodos y algunos huecos irregulares rellenos por calcita geódica (crystalaria) que proporcionan moteado neto grisáceo.

A5). 2 mts.- Calizas pisolíticas amarillentas con moteado rojo neto y moteado rosado difuso más abundante y patente hacia la parte superior del nivel. Localmente son visibles restos de gasterópodos. En la parte inferior abundan los pisolitos sencillos de pequeño tamaño (fot. 29), que gradan hacia arriba a pisolitos polifásicos de gran tamaño (fot. 30) (10 cm  $\phi$  máx.) con envolturas amarillentas y núcleo rojo. En la parte superior puede apreciarse como los grandes pisolitos polifásicos están unidos entre sí por un sedimento calcáreo rosado de características petrológicas diferentes a las del resto del nivel; micrita muy pura con algunas recristalizaciones milimétricas que probablemente representan trazas de actividad orgánica. Existen huecos irregulares rellenos por calcita geódica que proporcionan moteado neto rosado (foto 30).

A6). 1,5 mts.- Calizas pisolíticas amarillentas con moteado rosado difuso y gran cantidad de grietas curvadas. Los pisolitos, heterométricos, muestran una cierta disposición horizontal. Existen huecos irregulares con relleno geódico de calcita con moteado grisáceo neto. Los pisolitos mayores polifásicos, muestran tonalidades intensas amarillentas netas (foto 7). Algunos de los pisolitos parecen estar relacionados con los tubos verticales rellenos por calcita geódica a los que localmente se presentan asociados.

A7). 2,5 mts.- Calizas amarillentas compactas no pisolíticas, con fisuración abundante (que proporciona un moteado rosado difuso) y crystalaria en forma de huecos irregulares, grietas horizontales y tubos verticales con relleno geódico de calcita que aparecen truncados en la parte superior del nivel (foto 32). Existe moteado neto generalmente rosado y esporádicamente rojo ligado a las crystalarias verticales. Son abundantes las grietas curvas.

A8). 1,80 mts.- Calizas nodulosas algo margosas, con abundante fisuración que proporciona un moteado difuso generalmente amarillento y esporádicamente grisáceo. Abundan las grietas curvadas. Presentan marmorización (movilización plásmica del hierro), relativamente suave, que se hace patente localmente.

Tramo B: Representado por dos niveles principales, muestra un contacto neto con los materiales infrayacentes.

B1). 3,20 mts.- Calizas amarillentas (2,70 mts) compactas con gran cantidad de grietas curvas irregularmente repartidas (fotos 43 y 44), pero parecen estar relacionadas con las zonas en las que la fisuración es muy intensa, y pasan a niveles nodulizados (50 cms) tal como sucede con la parte superior. Presentan moteado rosado difuso ligado a la fisuración y moteado neto generalmente rosado ligado a los tubos y esporádicamente rojo asociado a las crystalarias irregulares, y a las grietas horizontales y verticales que quedan truncadas en la parte superior. Existen trazas de marmorización (fotos 43 y 44). En la zona nodulosa superior existen esporádicas vetillas y nodulos centimétricos de sílex.

B2). 1,40 mts.- Calizas nodulosas rosadas algo margosas (foto 37) localmente intracrística, con grietas curvas y algunas grietas verticales e irregulares rellenas de calcita espática, que motivan un moteado grisáceo neto. Existe



moteado difuso grisáceo y amarillento ligado a procesos de nodulización (foto 46). La nodulización parece ligada a un moteado difuso grisáceo y amarillento. La parte superior está cubierta por derrubios entre los que puede apreciarse que se trata de un tramo lutítico más o menos grisáceo.

## Otros afloramientos

En la zona de Uldemolins existen materiales muy pa-recidos, localizados en las partes basales de los cortes efectuados ahí (FMP y FGR) que pueden corresponder, a cau-sa de su poca potencia relativa y al alto grado de retra-bajamiento que presentan, a niveles condensados con el mis-mo significado que el conjunto de los descritos en FLMR y en FGD.

Generalmente se trata de niveles carbonatados muy pi-solitizados (con gran predominancia de pisolitos polifási-cos) con algunas intercalaciones lutíticas (FGR) asociadas que pueden motivar caracteres de posible laterización y un contenido silicie, nódulos de hierro etc. (FNR).

En la zona del Pinell del Brai (FEPB) estos niveles po-drían estar representados quizás por los hard ground y su-perficies rubefactadas que se hallan localizadas hacia la parte inferior de los niveles aflorantes.

## FACIES

Dadas las especiales características del litotipo prin-cipal considerado (calizas pisolíticas), las facies dife-renciadas son predominantemente postdeposicionales antes que deposicionales y corresponden al resultado de la histo-ria diagenética que modifica, en algunos casos muy amplia-mente, las facies deposicionales que tenían los carbonatos.

En conjunto y a grandes rasgos las facies distingui-bles son:

- 1a.- lutitas arenosas silíceas con nódulos de Hierro. Tie-nen aspecto laterítico.
- 1c.- lutitas calcáreas con algunos nódulos carbonatados dis-persos. Gradualmente se enriquecen en carbonatos hacia la parte superior.
- cm.- calizas margosas con algunos clastos detríticos silíceos dispersos. Hacia la parte media muestra algunos pe-queños pisolitos, que en la parte superior devienen muy abundantes y de gran tamaño (generalmente poli-fásicos) y que pueden englobar alguno de los gasteró-podos bulimoides que existen en ese nivel.
- cnp.- calizas nodulosas muy pisolíticas.
- cm1.- calizas margosas, lenticulares con nódulos de sílex.
- cm1.- calizas margosas intraclásticas con grietas curvadas y algunos pisolitos que se hacen muy abundantes hacia arriba donde llegan a ser predominantes. En la parte superior muestran algunos nódulos ferruginosos dis-persos.

- ci.- calizas intraclásticas con gran cantidad de fisuración y grietas curvas.
- cnf.- calizas nodulosas fisuradas con gran cantidad de grietas curvas...
- cpn.- calizas con pisolitos negros y algunos litoclastos dispersos. Parece algo detrítica.
- cmp.- calizas margosas con pisolitos milimétricos (oolitos).
- cpi.- calizas con gradad inverso de los pisolitos que se ve distorsionado por la existencia de huecos verticales rellenos por pisolitos de tamaño diferente al del material encajante.
- cpd.- calizas pisolíticas en las que se aprecia un verdadero gradad inverso en cuanto al tamaño de los pisolitos que pueden llegar a ser muy grandes y polifásicos. Hacia la parte superior existen depósitos micríticos con ostfácodos de origen límnico posiblemente infiltrados entre los pisolitos.
- cph.- caliza pisolítica con disposición de los pisolitos, predominantemente heterométricos, con una cierta alineación más o menos paralela a la estratificación.
- ccf.- calizas compactas con importante fisuración, abundantes grietas curvadas y presencia de tubos de cristallaria.

## SECUENCIAS

Las facies descritas anteriormente no se presentan aisladas, sino que lo más común es que se presenten asociaciones de facies concretas que pueden ser características de determinados niveles. Es decir existen unas facies que suelen presentarse juntas y otras que aparentemente no parecen guardar relación entre sí.

Hay facies que acostumbran a pasar gradualmente de unas a otras, formando secuencias de facies. Tal como se ha visto en los dos afloramientos principales estudiados, que aunque son muy similares entre sí, muestran algunas particularidades dignas de mención en cuanto al estudio de las secuencias de facies que presentan.

Así, en el corte de La Morera del Montsant (FLMR) se presentan varias secuencias diferentes. Se presenta una secuencia de facies (1), correspondiente al tramo A, que de abajo a arriba empieza con la facies la (lutitas arenosas silíceas con nódulos ferruginosos esporádicos), a la que se le superpone la subfacies cm (calizas margosas con pisolitos que se hacen más abundantes hacia la parte superior) y a esta la subfacies cnp (calizas nodulosas pisolíticas).

Los tránsitos entre unas facies y otras se hace gradualmente lo que puede indicar que ya deposicionalmente podían existir pasos graduales entre los materiales primigenios y que los procesos que luego han actuado lo han hecho diferencialmente según sean los horizontes considerados. Es decir, si suponemos que el material inicial era bastante semejante entre sí (en este caso calizas detríticas sobre lutitas algo arenosas) lo que parece gradual es la penetración e intensidad del proceso que convierte esos materiales en calizas pisolíticas y que en el último estadio parece corresponder a calizas nodulosas pisolíticas.

Otro tipo de secuencia (2) que presenta, correspondiente al tramo B, está constituida de abajo a arriba por: facies lc (lutitas carbonatadas que aumentan en contenido carbonatado hacia la parte superior, con algún nódulo ferruginoso disperso. Contacto neto con el infrayacente), seguida de la facies cm1 (calizas margosas lenticulares con nódulos y vetas de sílex), a la que se le superpone la facies cmi (calizas intraclásticas, localmente margosas en la parte inferior que muestran un aumento gradual y hacia arriba en el contenido en pisolitos que en la parte más superior devienen predominantes). Es interesante hacer recalcar el hecho de que la parte superior se halla truncada por una superficie de erosión.

Encima se le coloca el tramo C que corresponde a una secuencia (3) en la que primero se coloca la facies lc (con la particularidad de que en este caso el contenido en carbonato puede ser tan alto que llega a existir un horizonte carbonatado diferenciado más compacto). Encima se le coloca la facies ci (correspondiente a calizas intraclásticas con gran cantidad de fisuración y grietas curvadas que son más abundantes hacia la parte superior), encima se le coloca la facies cnf (calizas nodulosas fisuradas con gran cantidad de grietas curvadas). Encima se le superpone, mediante un contacto neto las lutitas carbonatadas correspondientes a la facies lc.

En el corte de Gandesa FGD existen algunas variaciones importantes tanto al tipo de facies predominantes, como a su ordenación secuencial.

En este caso se presenta, como particularidad, el que la gran mayoría de las facies no pasan gradualmente de unas a otras sino lo que sucede es que existen límites bastante netos.

En conjunto se empieza en la parte basal, mediante una cierta zona fracturada que puede haber hecho desaparecer los materiales lateríticos que posiblemente también existieran en este lugar.

Empieza con la facies cpn calizas algo detríticas, con algunos litoclastos dispersos y abundantes pisolitos con el núcleo negruzco), le sigue mediante un contacto neto la facies cmp (calizas margosas con abundantísimos pisolitos de pequeño tamaño que parecen corresponder a oolitos), después de un contacto neto, se le superpone la facies cpí (calizas muy pisolíticas que muestran a grandes rasgos graded bedding inverso de los pisolitos que se ve distorsionado por la existencia de huecos verticales que cortan casi todo el nivel y que están rellenos por pisolitos muy heterométricos y de tamaños diferentes a los del encajante). Existe un contacto claro sobre el que se coloca la facies cpd (calizas pisolíticas en las que en la base los pisolitos son muy pequeños casi del tamaño de un oolito; bruscamente y hacia arriba aumentan de tamaño los pisolitos deviniendo la mayoría de gran tamaño y polifásicos, de coloraciones variadas, entre los que se infiltran micritas que pueden contener restos de ostrácodos recristalizados); encima y mediante un contacto neto se superpone la facies cph (calizas pisolítica con pisolitos predominantemente heterométricos que muestran una disposición toscamente alineada siguiendo a muy grandes rasgos la estratificación (??); contacto neto sobre el que se coloca la facies ccf (calizas compactas con fisu-

ración importante, abundantes grietas curvas así como algunos tubos verticales con cristallaria) gradualmente se le superpone la facies cnf (calizas nodulosas con gran fisuración y abundantes grietas curvadas).

En el caso del Corte FGD parece que la mayoría de las facies mutuamente independientes tal como lo atestigua el hecho de presentar contactos netos entre sí. Parecen elementos de unas secuencias truncadas. Las únicas secuencias dignas de este nombre parecen corresponder a los niveles A7 y A8, así como a los niveles B1 y B2 en los que existen pasos gradacionales muy evidentes.

En conjunto parece que este afloramiento muestra una historia diagenética compleja, con un proceso interno de retrabajamiento de los materiales, este proceso debía ser discontinuo tal como lo atestigua tanto la facies cpi con truncadura superficial de tubos verticales rellenos por calcita geódica vertical, como la facies cpd que muestra truncadura superficial e infiltración de micritas de otro tipo que el que actualmente se le superpone en ese afloramiento y correspondiente a materiales micríticos depositados en pequeñas charcas de origen posiblemente pluvial).

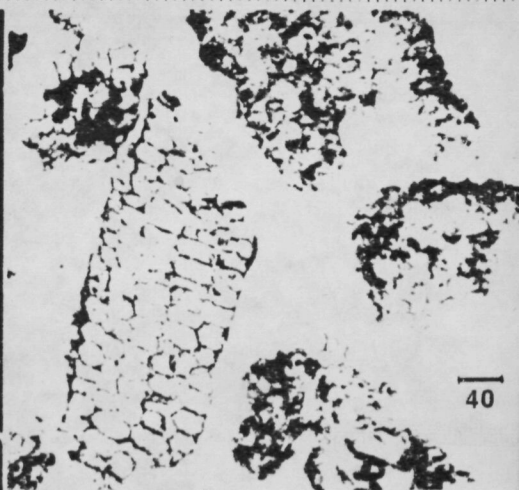
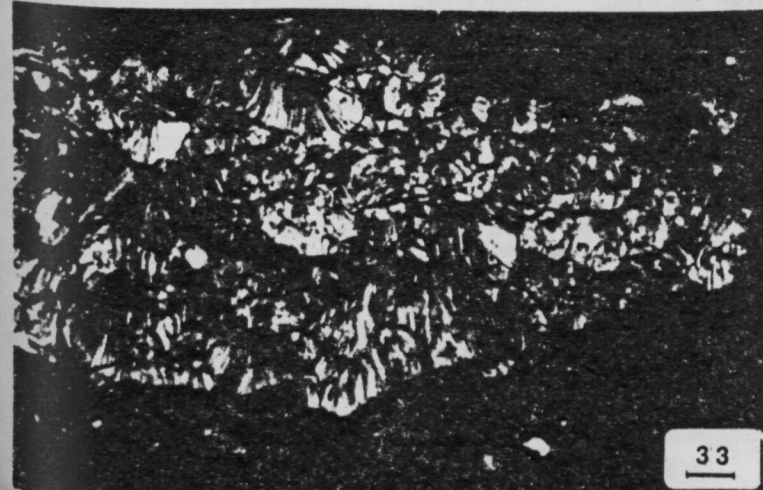
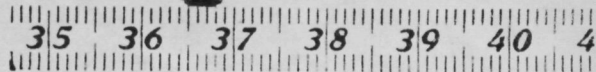
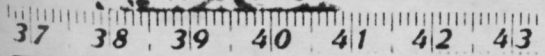
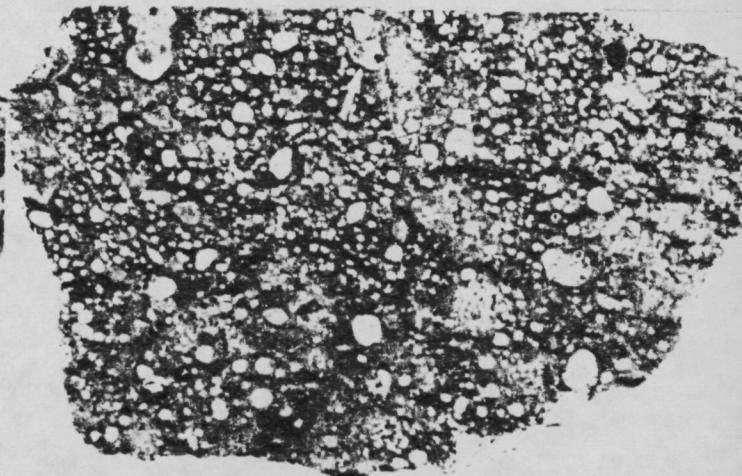
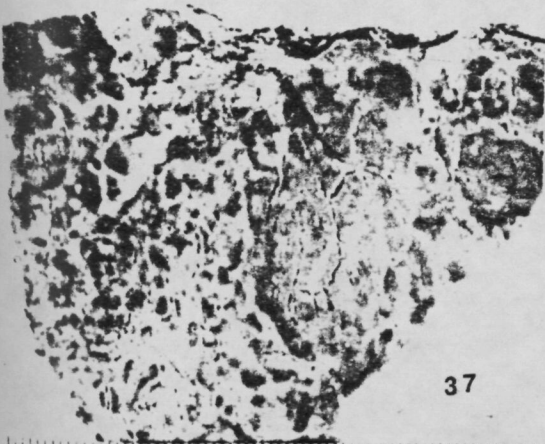
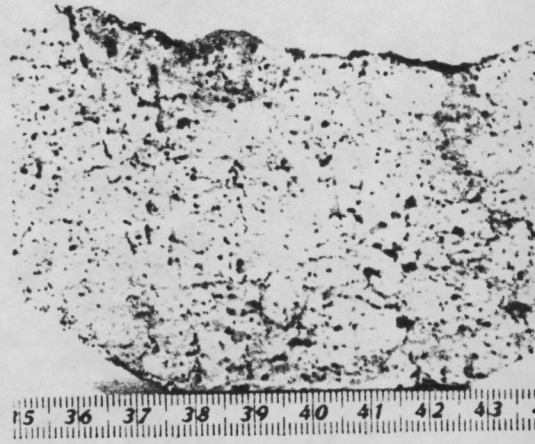
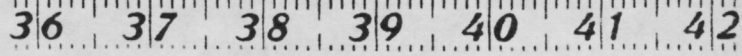
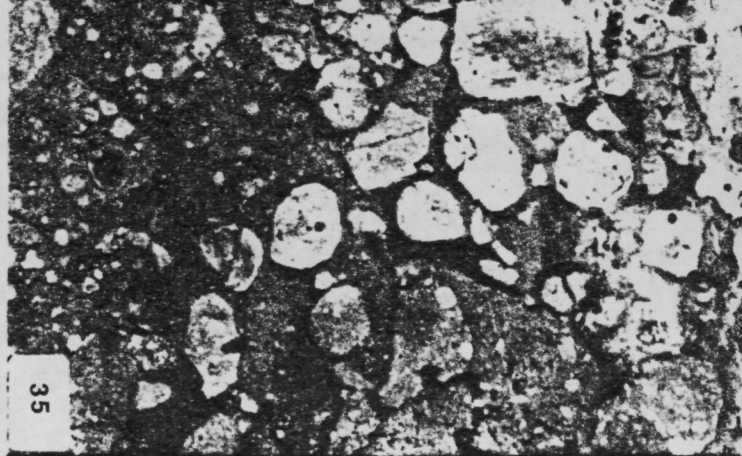
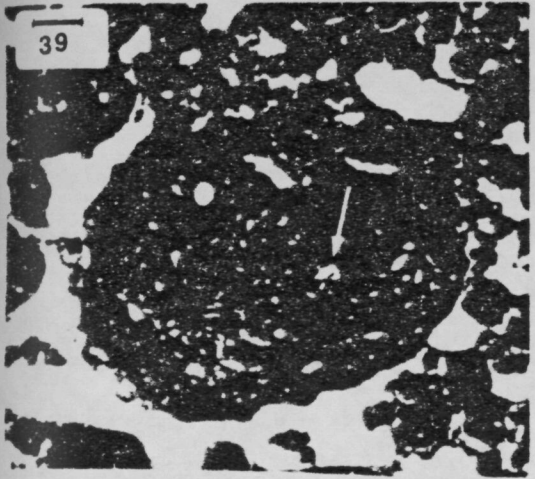
### Discusión e interpretación:

Hasta la fecha se han descrito depósitos pisolíticos carbonatados en cuatro grandes tipos diferentes de ambientes sedimentarios:

- 1.- zonas próximas al nivel de las aguas marinas: Se han descrito como más importantes, ejemplos en el Caribe (WARD et al 1970, WARD 1975, JAMES 1972); ejemplos en el Golfo Pérsico (PURSER et al, 1971, SHINN 1973, LOREAU & PURSER 1973, EVAMY 1973, SCHOLLE & KINSMAN 1974), también se han citado algunos ejemplos en Australia (LOGAN et al 1970, READ 1974), y en Sud Africa (SIESSER 1973, KNOX 1977)...
- 2.- lagoon hipersalino: Uno de cuyos ejemplos correspondiente al Caribe ha sido descrito por LUCIA (1968). En una situación claramente continental se han descrito (KHALE 1974, HALLEY 1974; 1976, 1977) materiales oolíticos y pisolíticos asociados al Great Salt Lake. En un contexto parecido y muy relacionado con ambientes marinos es donde se deberían formar (ESTEBAN & PRAY 1976) los depósitos pisolíticos ya clásicos del Capitan Reef, interpretados quizás prematuramente como vadosos por THOMAS (1965, 1968) y DUNHAM (1965, 1969, 1972).
- 3.- perlas de cueva: Han sido estudiados entre otros, por MURRAY (1954), SIEGEL (1965), DONAHUE (1965, 1969), DUNHAM (1972), BATHURST (1971)... etc. como un caso muy particular de depósito de origen vadoso con un contexto regional bastante concreto.

Recientemente y en una cuenca endorreica localizada en un altiplano de los Andes, se han descrito algunos crecimientos pisolíticos de origen principalmente químicamente (muy parecido al de las perlas de cueva) sin relación aparente con los depósitos evaporíticos situados en sus inmediaciones (RISACHER & EUGSTER, 1979).

- Fot. 33.- Superposición de colonias de Microcodium que corroen a las calizas dolomíticas (parcialmente dedolomitizadas) de la base de la serie FGD. Lámina delgada muestra FGD 00. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 34.- Pisolitos milimétricos de la base del nivel A5 de la serie FGD. Algunos son polifásicos (flecha). Muestran distribución irregular. Muestra pulida GD4. Escala centimétrica.
- Fot. 35.- Caliza con pisolitos heterométricos y polifásicos. Presenta la particularidad de que localmente están unidos entre sí por cemento constituido por esparita (E) blocky. Muestra pulida GD5. Escala centimétrica.
- Fot. 36.- Caliza con verdaderos pisolitos polifásicos y abundantes grietas curvadas (A). Los pisolitos acostumbra a tener una coloración (amarillenta) más acentuada que el resto (con tonalidad rosada). Se aprecian huecos irregulares rellenos por esparita (B). Muestra pulida FGD7. Escala centimétrica.
- Fot. 37.- Caliza rosada. Existen algunas grietas curvadas y abundantes grietas verticalizadas a las que parece estar asociada la decoloración grisácea que presenta. Muestra pulida FGD10. Escala centimétrica.
- Fot. 38.- Caliza rosada con abundantes poros fenestrales milimétricos que parecen mostrar generalmente una cierta tendencia hacia la horizontalidad, mientras que unos pocos están verticalizados en forma de pequeñas grietas. Son patentes algunos tubos verticales rellenos por esparita. Muestra pulida GD13. Escala centimétrica.
- Fot. 39.- Detalle de un pisolito en el que pueden apreciarse cristales lensoides de yeso reemplazado por calcita. Los pisolitos se hallan unidos entre sí por cemento esparítico bloky. Lámina delgada muestra GD23. La barra equivale a 1/2 mm.
- Fot. 40.- Tubos carbonatados formados por crecimiento concéntrico de prismas de calcita. Parece tratarse de un material subactual ligado a la actividad de pequeñas raíces. Comparese con la fot. 33. Lámina delgada sobre una inclusión lutítica de la muestra FGD 32. Lámina delgada sobre una inclusión lutítica de la muestra FGD32. La barra equivale a 0,1 mm.





Fot. 41.- Caliza pisolítica que muestra pisolitos polifásicos y heterométricos. El conjunto aparece fragmentado en grandes nódulos (1), con núcleo rojo y envoltura amarillenta (2) y niveles superiores rosados y micrfticos (3). Muestra pulida GD 6. Escala centimétrica. Comparar con foto nº 30.

Fot. 42.- Detalle microscópico de la muestra anterior, en el que puede apreciarse la heterometría de los pisolitos, la existencia de pequeños prismas de calcita dispersos (fragmentos de Microcodium ?) y la presencia de parches microesparfíticos (A). La barra equivale a 1/2 mm.

Fot. 43.- Caliza amarillenta con moteado rosado difuso y rojo neto. Obsérvense los films ferruginosos localizados en los bordes de los huecos redondeados rellenos por geodas de calcita que parecen denunciar varios estadios en el relleno de esos huecos. Muestra pulida FGD 8. Escala centimétrica.

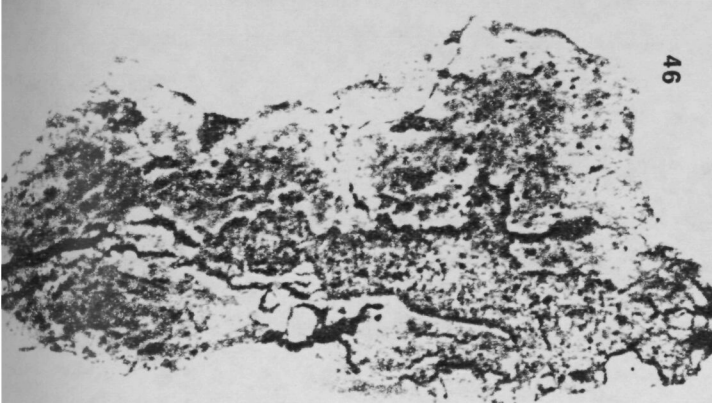
Fot. 44.- Caliza amarillenta con parcheado grisáceo y rosado. Presentan gran cantidad de grietas curvadas irregularmente distribuidas. Algunas de esas grietas parecen haberse desarrollado en varias fases. Muestra pulida GD 9. Escala milimétrica.

Fot. 45.- Detalle microscópico de la muestra anterior, en el que se aprecian perfectamente varias fases en el desarrollo de las grietas curvadas con el consiguiente relleno esparfítico (a). Existe parcheado microesparfítico irregular, que parece constituir una primera fase de relleno de los huecos que son cementados finalmente por esparita bloky (b). Lámina delgada. La barra equivale a 1 mm.

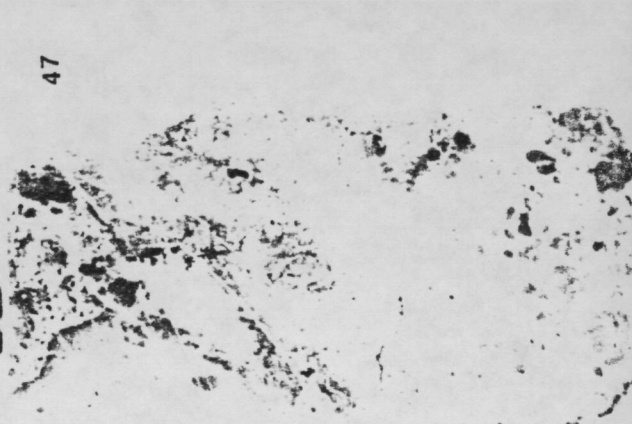
Fot. 46.- Caliza rosada con algunos poros fenestrales y algunas grietas irregulares de recristalización. Presenta un hueco (pedotubulo) elongado verticalmente, con paredes netas algo irregulares, relleno por fragmentos del encajante y cemento microesparfítico. Muestra pulida FGD K. Escala centimétrica.

Fot. 47.- Caliza rosada, intraclástica, con zonas de decoloración. Existe un hueco con cierta elongación vertical (pedotubulo) que aparece relleno por fragmentos subredondeados del encajante unidos por cemento esparfítico bloky. Muestra pulida FGD 18. Escala centimétrica.

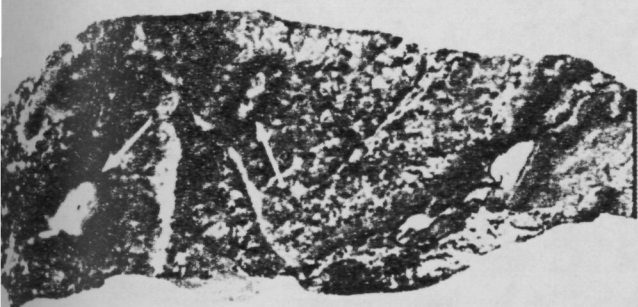
Fot. 48.- Caliza rosada con aspecto grumoso secundario por la gran cantidad de grietas curvadas que presenta. Existen algunos pisolitos heterométricos dispersos que tienen como núcleo al material micrftico original. Muestra pulida GD 23. Escala centimétrica.



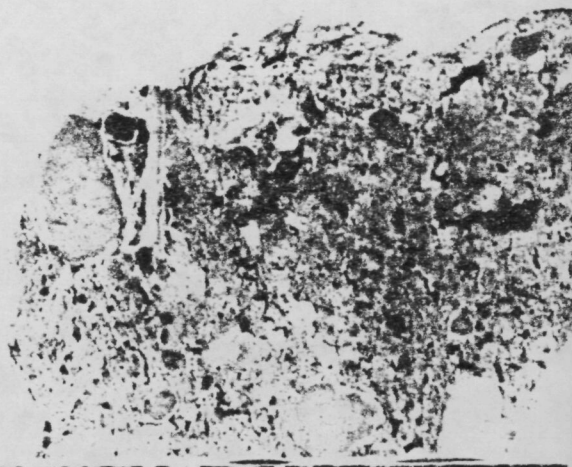
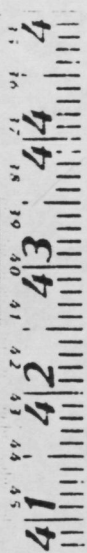
46



47



43



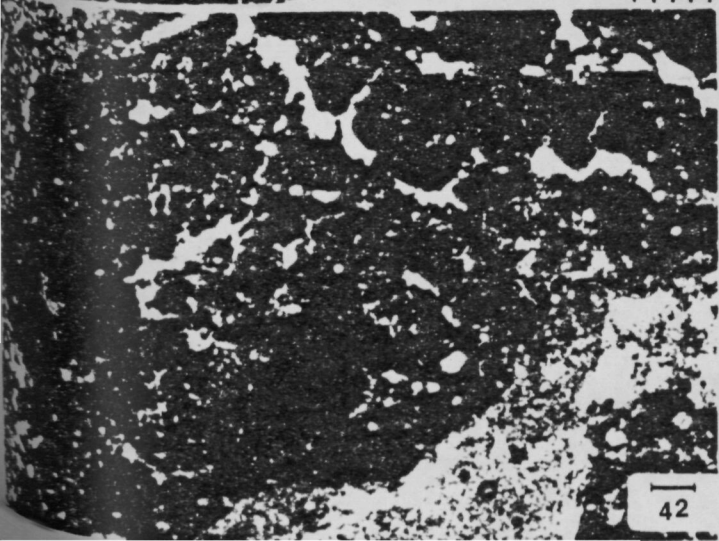
48



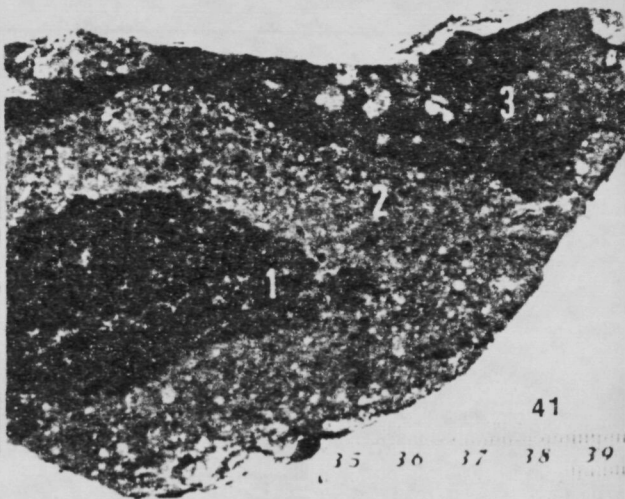
45



44



42



41

En el caso considerado, los niveles pisolíticos son bastante potentes y por lo general no muestran trazas de laminación lo que parecería indicar periodos de exposición subaérea (KLAPPA 1978); por tanto no existen pruebas de que estos materiales hayan sufrido exposiciones subaéreas el tiempo suficiente como para que se lleguen a producir laminaciones.

Origen de los carbonatos; en principio hay dos tipos diferentes de orígenes, los que hacen referencia a que están formados exclusivamente por la acumulación de carbonato cálcico en condiciones edáficas, raíces lavado vertical y, los que se refieren a un origen diferente de los carbonatos (deposición en una charca por ejemplo) y que luego han sufrido un proceso de pisolitización lo suficientemente intenso como para que el resultado final se asemeje al del caso anterior.

En el caso edáfico una de las pruebas evidentes de esa acumulación de carbonatos que tiende a ir cementando y/o substituyendo gradualmente al material original, es la existencia de un paso gradual y hacia arriba del contenido en carbonatos así como la existencia de restos del suelo original en forma de enclaves o en su defecto la existencia dispersa de alguno de sus componentes (granos de cuarzo, restos de clastos paleozoicos, etc.). Esto es perfectamente visible en el tramo A (niveles A1 y A2) del corte FLMR en el que se aprecia un paso gradual entre ambos niveles, con inclusiones residuales del material original en el nivel superior.

Generalmente muestran el límite superior neto con respecto a los materiales que se les superponen. En algunos casos ese límite es claramente erosivo tal como lo demuestran algunos fragmentos del material inferior englobados en los materiales suprayacentes (caso del límite superior del nivel B2 del tramo B del perfil FLMR. La presencia de restos de Bulimus (pulmonado) en algunos niveles nos parece indicar la proximidad manifiesta de la superficie del terreno en un momen-

to concreto de su historia. Esto está apoyado por los tubos verticales rellenos de cristales de calcita que quedan truncados en la superficie y que se van adelgazando hacia la parte interna, que parecen corresponder al relleno de los agujeros dejados por las trazas de raíces (en pedología se denominan cristallaria).

En conjunto los tramos basales del perfil FLMR parecen corresponder a carbonatos que muestran trazas de haber sido afectados acusadamente por fenómenos de tipo pedológico. Aunque existen algunos indicios al respecto no es del todo seguro que todos los niveles se hayan acumulado por la acción de las raíces y no es del todo imposible que alguno de esos niveles se haya acumulado primariamente mediante el concurso acuoso (charca) tal como parece poder corresponder claramente los niveles carbonatados intraclásticos basales del nivel B2.

En el nivel B1 aparecen unos carbonatos lenticulares con algunos nódulos y vetas de sílex.

La pisolitización y agrietamiento no se parecen producir gradualmente sino que se pueden originar durante episodios separados en el tiempo, y posiblemente caracterizables entre sí.

Este último material parece haberse formado mediante la acumulación y floculación de las soluciones coloidales de sílice muy comunes en los ácidos húmicos procedentes de los lavados de las zonas edafizadas instaladas sobre los materiales paleozoicos que circundan la zona de estudio y que es de donde probablemente provenía el mayor flujo acuoso y de materiales aportados. En principio parece que la precipitación de sílice se realiza a tenor de una reducción en el pH de la solución de mayor que 9 a menor que 9. De modo que en los lugares en los que se puede apreciar un reemplazamiento del carbonato por sílex (el contacto entre ambos es perfectamente gradual), se ha producido un incremento en el pH, que ocasiona la solución del carbonato, hasta el punto en el que la sílice deviene muy soluble y una

vez se produce un descenso sustancial del pH la sílice deviene insoluble siendo, probablemente, la primera en precipitar (SMALÉ 1973).

Por lo que respecta al corte de Gandesa (FGD) muestra algunas características diferentes. En los niveles más basales existen trazas de la actividad de raíces que es como se interpreta ahora la existencia de colonias de Microcodium (KLAPPA 1978) penetrando los materiales a través de grietas que pueden deberse, quizás, a las trazas de la acción mecánica de las raíces. Encima se le colocan niveles carbonatados que muestran varios estadios en el desarrollo de los pisolitos. Así, existe un horizonte (que corresponde al nivel A3 del tramo A) que muestra, entre pisolitos compactos embebidos en una matriz calcáreo-margosa, moldes y caparazones de pulmonados (Bulimus). Los contactos entre los diferentes niveles son bastante netos pero acostumbran a ser erosivos. Es muy interesante la disposición de inverse grading que muestran algunos de los niveles, particularmente el A5 donde hacia la parte superior los pisolitos mayores son marcadamente polifásicos y que parecen indicar un estadio de reactivación del proceso una vez (fot.30) formados los pequeños pisolitos. Además, el conjunto deviene más complejo al infiltrarse en los huecos dejados entre los pisolitos unas calizas micríticas rosadas con restos de ostrácodos y planórbis lo que nos parece indicar un origen lacustre ligado posiblemente a la deposición en charcas. Por tanto parece que en un momento dado de la historia del desarrollo del nivel de calizas pisolíticas, estas son recubiertas por unos materiales lacustres que pueden infiltrarse a través de los huecos existentes entre los pisolitos. Es decir, en esa zona y en el momento del desarrollo de los niveles pisolíticos, claramente edáficos, no es infrecuente encontrar una intercalación de tipo lacustre lo que nos parece indicar que en el mismo espacio y al mismo tiempo pueden producirse ambos tipos de depósitos.

Hacia la parte superior se aprecia la existencia de unos niveles (A7 y B1) en los que no existen pisolitos claramente desarrollados sino lo que se evidencia una gran cantidad de grietas curvadas (circumgranular cracking) existentes en el material y alrededor de los granos más o menos aloctonos que este pueda contener. Estas grietas parece que están estrechamente asociadas a los niveles en los que son más abundantes las trazas de las raíces (tubos de cristalària) así como la fisuración subsecuente.

Ambos niveles quedan cubiertos, después de una superficie neta (posiblemente erosiva) por unos niveles de calizas margosas nodulosas con algunos ostrácodos, rosadas, que probablemente tengan su origen primario ligado a la actividad de la deposición carbonatada en un medio acuoso de charcas.

Es decir, en este caso (el del corte FGD) no está muy claro cual es el origen primario del carbonato. Por una parte la carencia de evidencias definitivas a cerca del origen por acumulación y posterior cementación y substitución del material, original por carbonatos, característico de los niveles edáficos primarios, no es evidente en absoluto. Por otra parte hay que señalar la gran importancia de los niveles carbonatados pisolíticos que son más patentes según los niveles. Y finalmente hay que recalcar la presencia de algunos niveles micríticos rosados intercalados de origen claramente lacustre. Esto unido al hecho de haber encontrado algunos restos de ostrácodos y planorbis en los materiales rosados nos inducen a pensar en un origen lacustre para estos materiales. Así, todo el conjunto (excepto aquellos niveles en los que existen restos de pulmonados bulimoides) podría haberse depositado primariamente en un ambiente de pequeñas charcas asociadas a lugares en los que lateralmente pudieran formarse suelos carbonatados, y posteriormente se pudiera haber desarrollado una intensa cobertura vegetal a causa probablemente de la exondación del conjunto. De manera que una pisolitización posterior tendiera a la uniformización, dentro de lo posible, de esos niveles. La existencia de niveles carbonata-

dos con cherts es un dato a favor de una sedimentación continental en un lugar próximo relativamente al área madre de donde provendrían aguas cargadas con sílice como producto de lavado de ácidos húmicos.

En los otros perfiles considerados (FCD, FGR, FMP...) solo podemos constatar la presencia de esos niveles pisolíticos en la base que ligados a veces (FCD) a la presencia de Microcodium y a la existencia de fragmentos carbonatados retrabajados, así como a pequeños granos de sílex dispersos, nos parecen indicar la intensa actividad de procesos edáficos en unos materiales que probablemente fueron acumulados primariamente por procesos pedológicos.

En el caso de la serie FHJ estos materiales calcáreo-pisolíticos están colocados como techo de unos niveles lateríticos variegados. En ese caso junto con el hecho de presentar algunos restos del material infrayacente así como restos de Bulimus nos inducen a pensar que se trataba de unos materiales acumulados primariamente por efectos pedológicos y que han sufrido una intensa pisolitización. Este es también el caso de los niveles de la estación de Prat del Compte.

Resumiendo, la secuencia ideal empezaría por unos niveles de arcillas silíceas lateríticas que mostrarían corrosión sobre el substrato (mesozoico en FHJ, Estación de Prat del Compte y algunos de los afloramientos citados en la Ibérica, paleozoico en la zona de FLMR, etc.). Sobre estos materiales se depositarían sin solución de continuidad niveles carbonatados acumulados primariamente por fenómenos pedológicos que mostrarían algunas intercalaciones de carbonato de charca y sobre el conjunto (a través del espacio y del tiempo) se produciría una intensa pisolitización que, según los casos llegaría a enmascarar totalmente la estructura primaria del material original.

En conjunto todos los procesos citados anteriormente parecen haberse desarrollado en la zona vadosa del suelo, ya que no existen evidencias de la acción del nivel freático (mediante la removilización y reducción del Fe presente), ni evidencias claras de exposición subaérea (estromatolitos liquénicos de KLAPPA); lo que es evidente es la acción edáfica de esos mecanismos en una zona vadosa próxima a la superficie topográfica del terreno tal como lo puede atestiguar la presencia de restos no rodados de pulmonados bulimoides.

La carencia manifiesta de las características vadosas consideradas como típicas (cementos en menisco, en puente, ... etc.) lo que indica es que el material carece de la porosidad y permeabilidad primaria suficientes como para que se desarrollen esas estructuras (elongaciones verticales, cemento en forma estalagmítica, etc.).

Casi todos los ejemplos citados en la literatura se desarrollan sobre materiales que muestran una buena porosidad y permeabilidad primarias lo que facilita, según los autores, el crecimiento de láminas de carbonatos alrededor de los granos que actúan como núcleo de las construcciones pisolíticas así formadas.

Las implicaciones paleoclimáticas más evidentes se refieren, de acuerdo con la literatura citada a condiciones de semiaridez generalizada para explicar la formación de niveles de paleosuelos carbonatados en esta área.

Además hay que tener en cuenta que, de cara a originarse las grietas curvas se necesitan periodos de sequedad y humectación repetitivos y ello es posible preferentemente en un área en la que impere un clima semiárido.

En principio y en esas regiones, dependiendo de su naturaleza, de la temperatura del aire, de la coloración del contenido en agua, predominante y de la morfología de la superficie, los materiales expuestos a la influencia directa de los rayos del Sol pueden experimentar variacio-



nes de temperatura del orden de 40° - 80° C (PEEL 1974, ROTH 1965). Además como el gradiente térmico en los sólidos disminuye muy rápidamente en pocos centímetros de profundidad (PEEL 1974) se producen grandes diferencias térmicas entre la superficie y las zonas más profundas lo que se traduce en forma de un agrietamiento diferencial por contracción y expansión repetitivas; lo que podría explicar en parte que la pisolitización, a partir de las grietas curvas, sea más importante cerca de la parte superior de los niveles que en las partes inferiores de los mismos.