

# Los montículos arrecifales de Algas y Arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. I: Estratigrafía y Facies

Por E. MORENO-EIRIS (\*)

## RESUMEN

Los montículos arrecifales del Cámbrico Inferior están constituidos fundamentalmente por algas y arqueociatos. En la región de Sierra Morena los afloramientos de las plataformas carbonatadas cámbricas presentan unas características que permiten reconocer la estructura interna de los montículos, su composición biológica y los diferentes tipos de facies.

## ABSTRACT

The Lower Cambrian mounds are formed mainly by algae and archaeocyatha. In the Sierra Morena region the cambrian outcrops of carbonate platform sediments present stratigraphic features that enable us to recognize the inner structure of the mounds, the biologic composition and the different types of facies.

## INTRODUCCION

El estudio de las interrelaciones entre los organismos que forman los arrecifes es imprescindible para el conocimiento de estos ecosistemas en el pasado. Esta línea de investigación ha adquirido en estos años un gran auge y son numerosos los trabajos realizados sobre arrecifes actuales, los cuales actúan como modelos que pueden ser comparados con los ejemplos fósiles. A medida que retrocedemos en el registro fósil, y concretamente en el Cámbrico, la cantidad de información va siendo más escasa; son muy pocos los trabajos que tratan de este tema, en los cuales los principales objetivos han sido la descripción de la geometría general de las construcciones y la clasificación taxonómica de los organismos fósiles; siendo aún más escasos los trabajos publicados sobre otros aspectos, tales como estratigráficos, sedimentológicos y paleoecológicos.

Tras una rigurosa selección de las áreas de estudio hemos elegido, en Badajoz, el yacimiento de Alconera, y en Córdoba los de Pedroche y Las

Ermitas. Todos ellos pertenecen al Dominio Córdoba-Alanís dentro de Ossa-Morena (fig. 1). Estos yacimientos presentan unas características sedimentológicas y petrográficas de gran interés para

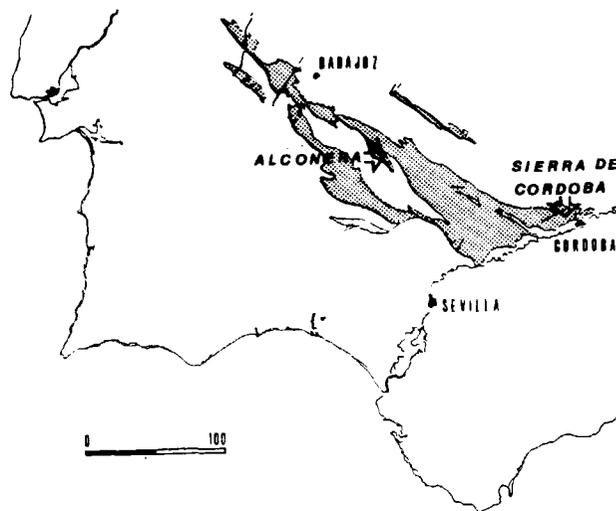


Figura 1.—Situación de las áreas de estudio pertenecientes al Cámbrico de Ossa-Morena (según IGME, 1980, modificado).

(\*) Departamento de Paleontología. Universidad Complutense. Instituto de Geología Económica. C. S. I. C. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

la interpretación y conocimiento de la actividad orgánica en las plataformas carbonatadas durante el Cámbrico Inferior.

### ARRECIFES CAMBRICOS

En las diferentes edades geológicas han existido arrecifes con unas características peculiares para cada una de ellas. Ya en el Precámbrico se encuentran algas cianofíceas constituyendo estromatolitos. Pero es en el Cámbrico donde se desarrollan arrecifes, construidos por los primeros organismos metazoos esqueléticos, los arqueociatos, que junto con las algas van a colonizar las plataformas carbonatadas someras del Cámbrico Inferior.

En este período de tiempo se desarrollan los primeros arrecifes de metazoos coincidiendo con la fracturación de placas y se desarrollan como respuesta a una inundación gradual de las áreas cratónicas casi planas. Estos arrecifes pioneros sólo se encuentran en los sedimentos pertenecientes al Cámbrico Inferior, y presentan todos los atributos sedimentológicos y paleoecológicos que se reconocen en los actuales (JAMES & DEBRENNE, 1980).

Del estudio detallado de un arrecife, en general, se pueden distinguir tres tipos de facies: 1. Facies del núcleo arrecifal. 2. Facies de los flancos arrecifales. 3. Facies inter-arrecifales. Dentro de las facies del núcleo del arrecife, en la mayoría de los casos, se reconocen cuatro estadios de desarrollo relacionados con diferentes tipos de texturas en calizas, una diversidad relativa de organismos y el modo de crecimiento de los constructores arrecifales, para cada una de estas etapas (JAMES, 1978).

El modelo elaborado por JAMES se puede aplicar cuando existe un amplio espectro de organismos arrecifales, pero esto no sucede en todas las épocas geológicas, y en concreto en el Cámbrico Inferior únicamente existen como metazoos arrecifales esqueléticos los arqueociatos; por ello JAMES y otros autores nos hablan de montículos arrecifales, cuya característica es la presencia solamente de las dos primeras etapas de desarrollo, ya porque el medio ambiente no sea el óptimo, o sencillamente no existan grandes metazoos.

En la literatura rusa se describen las construc-

ciones orgánicas basándose principalmente en la morfología, con una nomenclatura diferente a la anglosajona, tanto para el caso de los arrecifes actuales como fósiles, y los estadios de desarrollo arrecifal se interpretan de un modo muy impreciso.

Los montículos arrecifales del Cámbrico presentan una morfología variada, desde formas lenticulares plano-convexas, denominadas en la literatura rusa «monolofoides» (ZHURAVLEVA, 1966) a las cónicas apiladas o «dilofoides». Estos montículos o «calyptra» (sinónimo ruso), son el elemento unidad y lo constituyen fundamentalmente calizas bioclásticas con un porcentaje bajo de *boundstone* orgánicos. Con esta composición parece evidente que se han formado en ambientes tranquilos con tres tipos preferentes de localización: 1) bordes de la plataforma marginal; 2) cuencas profundas; 3) lagoones tranquilos o amplias plataformas.

Las facies que caracterizan el núcleo de un montículo arrecifal son:

- En la base como cimienta una caliza bioclástica *mudstone* a *wackestone*. Sedimento limoso con abundantes fragmentos bioclásticos, no existen organismos que atrapan y fijan partículas.
- Caliza *mudstone* a *bafflestone* en el núcleo. La zona más potente del montículo la constituyen las formas delicadas y ramificadas en posición de crecimiento en una matriz carbonatada *mudstone*. La caliza puede estar brechificada, lo que sugiere una litificación temprana parcial, desecación y «slumping», y presentan stromatactis.
- La cubierta del montículo es una capa delgada constituida por organismos incrustantes o lamelares, o por calcarenitas.

Las facies de los flancos del montículo arrecifal lo constituyen carbonatos masivos, generalmente bien estratificados con una gran acumulación de fragmentos de organismos, en nuestro caso arqueociatos. Esta caliza *mudstone* puede presentar una litificación total o parcial, y tener una mayor proporción volumétrica que el propio núcleo del montículo arrecifal (JAMES, 1978).

Así pues, los arrecifes del Cámbrico Inferior están constituidos por series de montículos, más o menos complejos. Estas estructuras unitarias, con

diámetros de escala métrica, están compuestos fundamentalmente por caliza micrítica y algas calcáreas, *Epiphyton* y *Renalcis*, mientras los arqueociatos, únicos metazoos esqueléticos calcáreos, se encuentran como elemento accesorio disperso dentro de la estructura orgánica o alrededor de ésta, en un porcentaje de un 20 por 100 del volumen total (DEBRENNE, 1984). Esto ocurre en los sedimentos pertenecientes al Cámbrico Inferior bajo (Tommotiense y Atdabaniense).

Ya en el Cámbrico Inferior medio (Atdabaniense Superior y Botomiense) los arqueociatos alcanzan su máximo desarrollo; las bioconstrucciones formadas principalmente por *Epiphyton*, *Renalcis*, *Girvanella* y estructuras cryptalgales contienen desde un 40 a un 70 por 100 de arqueociatos (DEBRENNE, 1984). La mayoría de los arrecifes cámbricos conocidos en el mundo pertenecen a este intervalo de tiempo, y en ellos se encuentran gran diversidad de especies de arqueociatos, los cuales en algunos casos se presentan en colonias ramificadas (ROWLAND, 1981). Estos edificios orgánicos constituidos por algas y arqueociatos se desarrollan en diferentes ambientes sedimentarios y presentan gran variedad de formas y tamaños, constituyendo complejos arrecifales con una verdadera *framework* o estructura de soporte constituida por los cálices de los arqueociatos (ROWLAND, 1984; SHEEHAN, 1985).

Durante el Cámbrico Inferior alto (Toyoniense) el número de especies decrece considerablemente, antes de su total extinción, pero el volumen que ocupan los arqueociatos alcanza un 60 por 100, proporción comparable a los organismos arrecifales actuales, además de presentar un elevado polimorfismo. Asociados a ellos se encuentran abundantes algas y otros organismos que se sitúan en los numerosos nichos ecológicos que originan estas bioconstrucciones.

En la historia geológica de los arrecifes constituyen el primer estadio arrecifal con organismos esqueléticos constructores. En estos arrecifes se han identificado los atributos que caracterizan a otros arrecifes posteriores, e incluso a los actuales, con procesos tales como acreción biológica, sedimentación interna, litificación temprana y erosión biológica (JAMES & KOBLUCK, 1978).

Los edificios carbonatados constituidos por algas y arqueociatos son considerados por varios autores como los arrecifes pioneros (DEBRENNE *et*

*al.*, 1981), y representan el prototipo biótico y estructural de arrecife, siendo los arqueociatos los únicos organismos capaces de producir estructuras *framework* en los arrecifes del Cámbrico Inferior.

### SITUACION GEOLOGICA

Los materiales carbonatados del Cámbrico Inferior que constituyen nuestro tema de investigación se encuentran en la Zona de Ossa-Morena (SO de España), en dos áreas geográficas diferentes:

- Provincia de Badajoz, próximo a las localidades de Zafra y Alconera.
- Provincia de Córdoba, en los alrededores de la ciudad de Córdoba.

En ambas áreas afloran sucesiones estratigráficas continuas de materiales del Cámbrico Inferior, que presentan un contenido paleontológico abundante y variado. Dentro de estas secuencias las rocas carbonatadas son en su mayoría de carácter órgano-sedimentario, como resultado de la actividad de organismos tales como algas calcáreas y arqueociatos, los cuales llegan a constituir arrecifes en algunos entornos localizados.

### Provincia de Badajoz

En el Cámbrico Inferior de la «Unidad de Alconera» (LIÑÁN & PEREJÓN, 1981) se han definido las Formaciones Alconera y La Lapa, constituidas por materiales detríticos-carbonatados y terrígenos respectivamente. La Formación Alconera fue dividida a su vez en dos tramos diferentes, el inferior, Miembro Sierra Gorda está formado fundamentalmente por carbonatos, debidos a la gran actividad de las algas, sólo en la parte superior de este Miembro las calizas masivas presentan junto a las algas, cálices de arqueociatos. El Miembro La Hoya tiene en la parte inferior calizas bioconstruidas, como resultado de la actividad conjunta de algas y arqueociatos, siendo estos últimos muy abundantes; las partes media y superior están constituidas por materiales terrígenos finos, alternando con niveles carbonatados, cuyo contenido paleontológico incluye trilobites, braquiópodos, chancellorias e hyolites.

El material que estudiamos pertenece al tramo superior del Miembro Sierra Gorda y al tramo inferior del Miembro La Hoya, ambos incluidos en la Formación Alconera.

### Provincia de Córdoba

En el área de estudio de la Sierra de Córdoba se distinguen en el Cámbrico tres unidades litoestratigráficas (LIÑÁN, 1974) que de techo a muro son:

- Formación Los Villares.
- Formación Santo Domingo.
- Formación Pedroche.

Esta sucesión fue establecida a lo largo del Arroyo de Pedroche, y propuesta como serie tipo para la Sierra de Córdoba (LIÑÁN, 1974).

El límite inferior de los sedimentos del Cámbrico es discordante, con los materiales vulcano-sedimentarios precámbricos de la Formación San Jerónimo, y concordante con los detríticos de la Formación Torreárboles asignados al tránsito Precámbrico-Cámbrico, pero considerados ahora como correspondientes al Cámbrico Inferior.

La Formación Pedroche, de edad Cámbrico Inferior bajo, está constituida por calizas de algas, estromatolitos y arqueociatos, calizas oolíticas y calizas dolomitizadas, que se alternan con niveles de areniscas y lutitas.

En concordancia estratigráfica con la anterior se dispone la Formación Santo Domingo constituida por materiales carbonatados, calizas de estromatolitos y calizas detríticas, que se alternan con lutitas y areniscas. La edad asignada es Cámbrico Inferior medio-alto. La Formación superior de la serie es la de Los Villares, constituida por areniscas, lutitas y lutitas margosas. La edad de ésta abarca desde el Cámbrico Inferior medio-alto al Cámbrico Medio.

Los yacimientos objeto de nuestro estudio se encuentran situados, uno junto al Arroyo de Pedroche, se trata de dos canteras cuyos materiales carbonatados, constituidos fundamentalmente por algas y arqueociatos, están incluidos en la Formación Pedroche. El otro es el yacimiento del Cerro de Las Ermitas, el cual constituye un excepcional ejemplo de arrecife cámbrico por sus características de afloramiento, pertenece a la Formación Pedroche.

### LITOESTRATIGRAFIA

#### El Cámbrico de Alconera

En los alrededores de la población de Alconera existen una serie de canteras abandonadas y otras actualmente activas, de las cuales se extraen bloques de mármoles veteados de color rojo-vinoso tan característicos de esta localidad y denominados por los canteros con el término de Serrancolín.

De las diez canteras existentes, tanto abandonadas como activas, hemos seleccionado para nuestro estudio cuatro de ellas. En la figura 2 se representa la situación y los cortes geológicos realizados en cada cantera. En general las capas presentan una dirección NO-SE, y buzan unos 30° al NE.

#### Descripción del corte I-I'

Esta sucesión litológica se inicia en la pared oc-

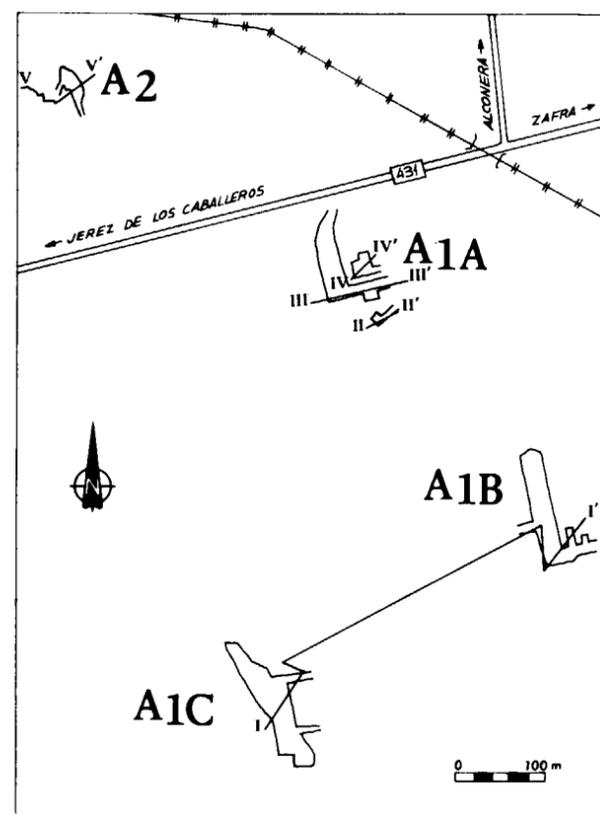


Figura 2.—Esquema espacial de las canteras de Alconera y situación de los cortes geológicos.

cidental de la cantera A<sub>1C</sub>, incluye los materiales que afloran en dicha explotación, y continúa, siguiendo una dirección SO-NE, hasta llegar a la cantera A<sub>1B</sub>. Esta última presenta unas dimensiones y características de afloramiento que nos ha permitido extraer gran cantidad de muestras. La sección concluye con las lutitas situadas a techo de esta cantera.

Los materiales que afloran en este corte están representados en la figura 3. De muro a techo son los siguientes:

- 17 m. caliza gris recristalizada con abundantes manchas oscuras que pueden corresponder a restos algales. Son frecuentes los cristales romboédricos de dolomita.
- 5 m. caliza gris dolomitizada en la parte inferior; en la parte media se halla un nivel con abundantes cálices de arqueociatos, junto con sombras de algas. Los cálices están caídos, rotos y su alto grado de recristalización no nos permite determinarlos, pero su hallazgo es notable, ya que se trata del nivel estratigráfico más bajo con arqueociatos, dentro de los materiales carbonatados del Miembro Sierra Gorda.
- 9,5 m. caliza gris recristalizada y dolomitizada con abundantes «sombras» de algas, posiblemente *Renalcis*, que le dan un aspecto moteado característico. A techo de este tramo se encuentran cálices de arqueociatos, la mayoría identificados como pertenecientes al género *Coscinocyathus*.
- 4 m. dolomía, con laminación paralela.
- 3 m. caliza gris con laminaciones de algas.
- 1 m. caliza gris masiva muy recristalizada, con sombras de algas y grandes cavidades tapizadas por dolomita y rellenas de calcita en mosaico.
- 11 m. caliza blanco-rosada muy dolomitizada.
- 9 m. caliza blanco-grisácea, en el que se alternan tramos muy recristalizados masivos y otros con laminaciones onduladas, posiblemente de origen algal, y actualmente dolomitizados.
- 25 m. caliza blanco-rosada dolomitizada, con abundantes vetas de calcita.
- 4 m. caliza blanca cristalina.

- 3 m. caliza rosada dolomitizada.
- 9,5 m. de caliza blanco-rosada cristalina.
- 13 m. caliza gris-blanca cristalina, alternándose con niveles grises moteados con «sombras» de algas.
- 34 m. caliza blanco-rosada cristalina.
- 5,5 m. caliza gris cristalina.
- 12 m. caliza violácea caracterizada por la presencia de algas junto con abundantes cálices de arqueociatos y cavidades cementadas.
- 24 m. lutita verde con nódulos calcáreos.
- 35,6 m. caliza de color violáceo característico de estas facies arrecifales. Se trata de una sucesión de montículos superpuestos, en cuyo interior se encuentran abundantes restos de algas, arqueociatos y espículas, dispersos en una matriz micrítica. El grado de recristalización de estos restos orgánicos, así como la existencia de diferentes tipos de cementos, nos indican un proceso de diagénesis bastante complejo, en el que se incluyen también procesos kársticos.
- 2,5 m. calcilutitas violáceas.
- 44,5 m. caliza violácea arrecifal, donde los restos de algas predominan sobre los cálices de arqueociatos. Se observan diferentes montículos superpuestos con superficies irregulares karstificadas. En la base de uno de los montículos se hallan estructuras «stromatactis» de gran tamaño y desarrollo.
- 2 m. calcilutitas violáceas.
- techo: lutitas.

Como anteriormente expusimos, esta sucesión comienza con los materiales carbonatados pertenecientes a la parte superior del Miembro Sierra Gorda, en el que se incluyen la cantera A<sub>1C</sub> y las capas suprayacentes a ésta, hasta llegar a las calizas nodulosas, cuya aparición caracteriza el Miembro La Hoya, en el cual adquieren un gran desarrollo las calizas violáceas, constituidas fundamentalmente por estructuras algales y cálices de arqueociatos, dispuestas en montículos superpuestos con intercalaciones de calcilutitas.

Ambos miembros pertenecen a la Formación Alconera del Cámbrico Inferior.

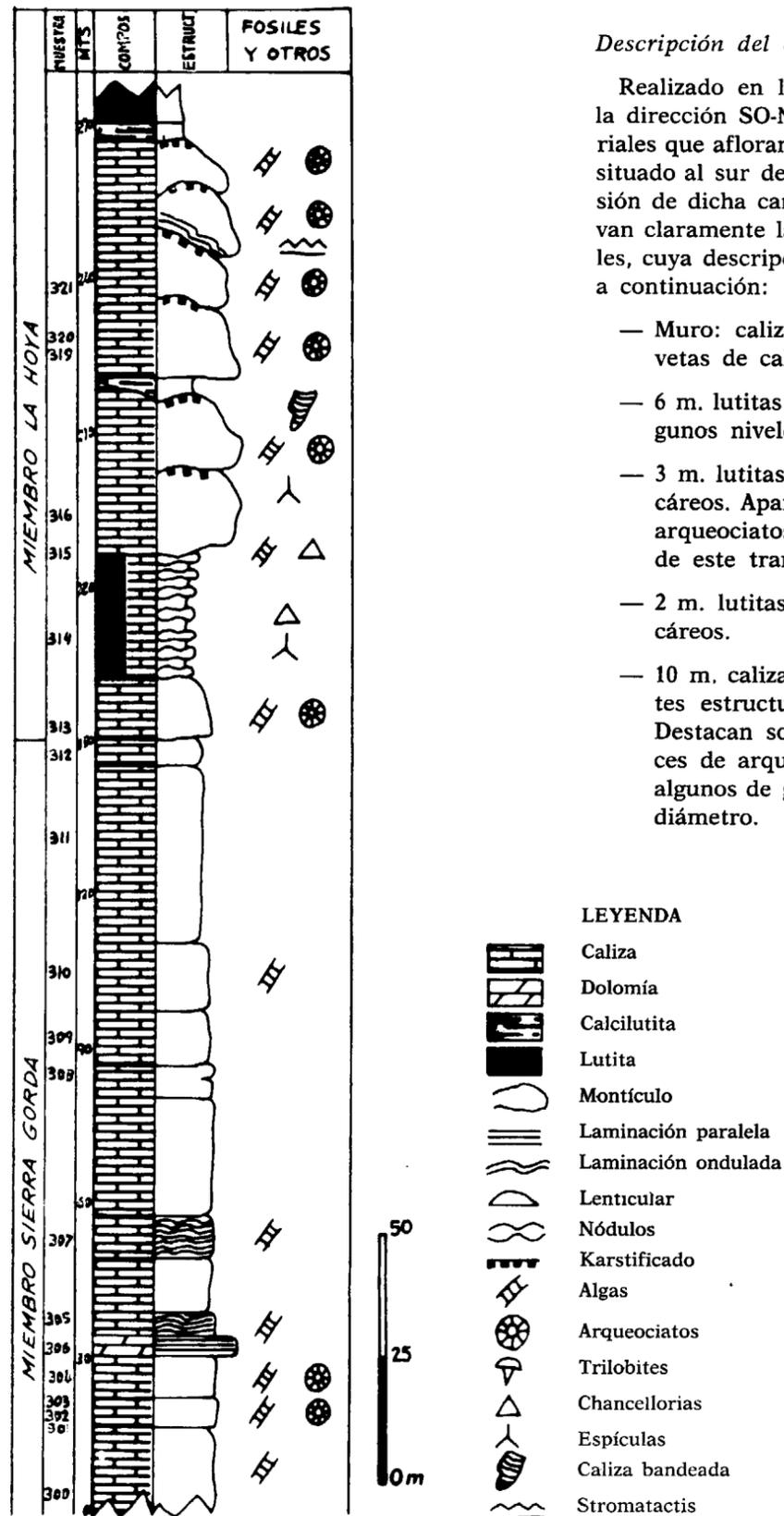


Figura 3.—Columna estratigráfica del corte I-I' en las canteras A<sub>1C</sub> y A<sub>1B</sub>. Alconera.

*Descripción del corte II-II'*

Realizado en la cantera A<sub>1A</sub> (fig. 2), siguiendo la dirección SO-NE. Lo componen aquellos materiales que afloran a lo largo de un reducido pasillo situado al sur de la explotación de mayor dimensión de dicha cantera. En estas paredes se observan claramente la sucesión de diferentes materiales, cuya descripción de muro a techo detallamos a continuación:

- Muro: caliza gris cristalina, con abundantes vetas de calcita y cristales de gran tamaño.
- 6 m. lutitas de color rojo, alternando con algunos niveles de lutitas verdosas.
- 3 m. lutitas de color verde con nódulos calcáreos. Aparecen esporádicamente cálices de arqueociatos de pequeño tamaño en la base de este tramo.
- 2 m. lutitas de color rojo con nódulos calcáreos.
- 10 m. caliza de color violáceo con abundantes estructuras algales muy recrystalizadas. Destacan sobre la matriz micrítica los cálices de arqueociatos también recrystalizados, algunos de gran tamaño, hasta de 10 cm. de diámetro.

- 4 m. calcilutitas con estructura lenticular.
- 4 m. calizas con restos algales.
- Techo: calcilutitas.

*Descripción del corte III-III'*

La dirección del corte es O-E (fig. 2). Comienza en la pared suroeste de la explotación de mayor tamaño de la cantera A<sub>1A</sub>. Lo constituyen los siguientes materiales (fig. 4):

- Muro: caliza gris cristalina.
- 16 m. caliza blanca cristalina.
- 14 m. calcilutitas violáceas, con estratificación ondulada e irregular; con abundantes restos de algas y algunos cálices de arqueociatos de grandes dimensiones; el grado de recrystalización nos impide reconocer la textura original de estos materiales.
- 5 m. caliza con algas, arqueociatos y *Chancelloria*.
- 10 m. calcilutitas con estratificación ondulada.
- 11 m. caliza con abundantes estructuras algales ramificadas y cálices de arqueociatos.
- 1 m. calcilutitas.
- 2 m. caliza estratificada en capas centimétricas.
- 4 m. calcilutitas.
- 5 m. lutitas con lentejones calcáreos de 20 a 50 cm. de espesor.
- Techo: lutitas.

*Descripción del corte IV-IV'*

Se sitúa en la cantera A<sub>1A</sub>, en el hueco más antiguo de dicha explotación (fig. 2). Sigue una dirección SO-NE, y describimos los siguientes materiales:

- Caliza violácea con estructuras algales. Los cálices de arqueociatos son de pequeño diámetro y en forma acintada. Se observan estructuras bandeadas de calcita, interpretadas como relleno de un paleokarst.

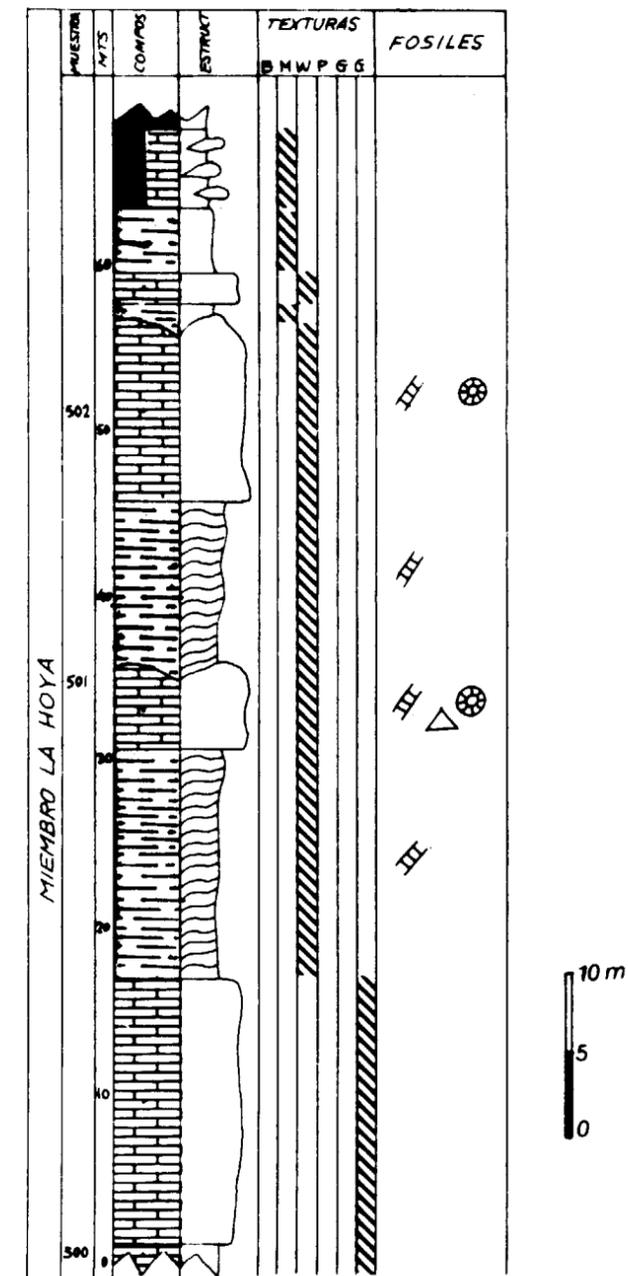


Figura 4.—Columna estratigráfica del corte III-III' en la cantera A<sub>1A</sub>. Alconera.

- Calcilutitas con estratificación lenticular. Se encuentran dispersos cálices de arqueociatos fragmentados y erosionados.

Los materiales que constituyen los tres cortes realizados en la cantera A<sub>1A</sub> pertenecen a la parte inferior del Miembro La Hoya.

Descripción del corte V-V'

Siguiendo la dirección O-E iniciamos el muestreo y levantamiento de la secuencia estratigráfica en los materiales que afloran a unos 180 m. hacia el O de la cantera A<sub>2</sub> (fig. 2). En este entorno afloran calizas masivas muy recristalizadas de color gris, con abundantes vetas de calcita, zonas intensamente dolomitizadas, y un aspecto moteado característico de las calizas algales del tramo superior del Miembro Sierra Gorda. Su potencia se calcula en unos 40 m.

Hacia el E, se encuentran afloramientos de calizas de un modo reducido y disperso, lo que imposibilita la obtención de datos sobre su sucesión litológica y su variación espacial. Este tipo de afloramientos se sucede a lo largo de 75 m.

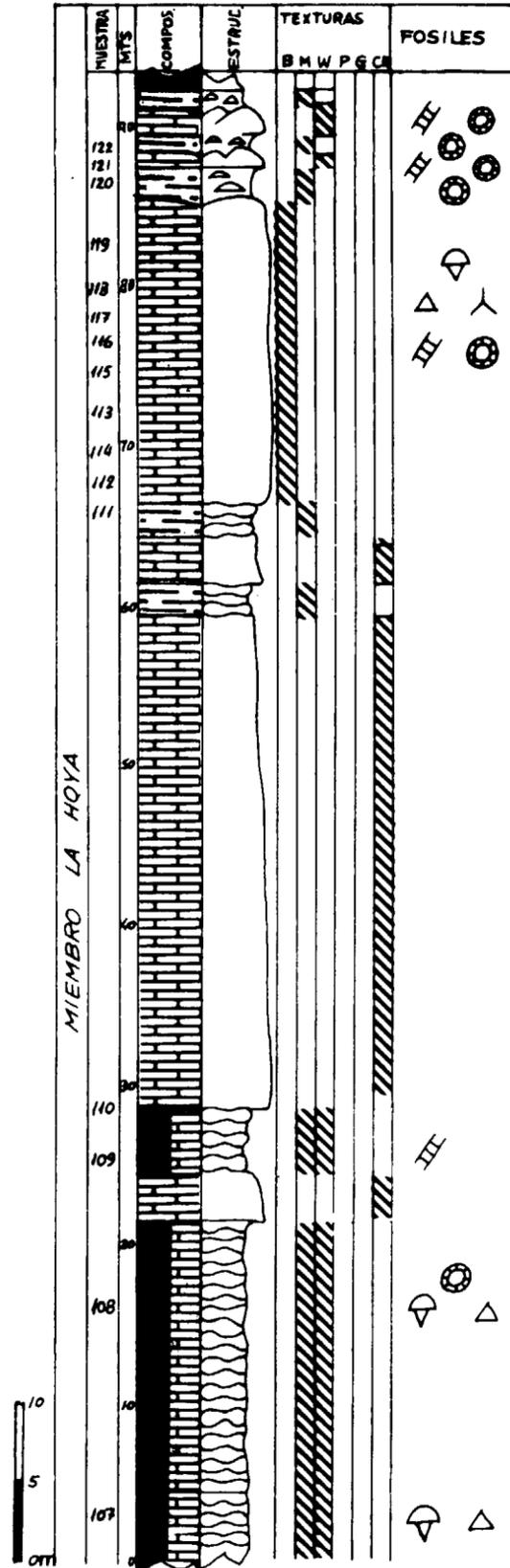
Los últimos 65 m. hasta la base de la cantera A<sub>2</sub>, por sus condiciones de afloramiento, han permitido obtener una serie de datos y muestras, de cuyo estudio se ha elaborado una distribución espacial de las litofacies existentes, en donde las calcilutitas nodulosas se intercalan y alternan con las calizas cristalinas de tonos grises y rosados.

La dirección del corte ha sufrido diversos desplazamientos sobre el terreno. Al llegar a la base de la cantera A<sub>2</sub>, la dirección del corte es SO-NE.

A continuación se detallan los diferentes tramos que afloran en los últimos 65 m. y en la cantera A<sub>2</sub>, representados en la figura 5. De muro a techo son:

- Lutitas nodulosas de color verde, los nódulos calcáreos presentan secciones de trilobites y *Chancelloria*.
- 17 m. lutitas nodulosas de color rojo, con restos de trilobites, *Chancelloria* y arqueociatos.
- 4 m. lutita nodulosa de tonos rojos, los nódulos calcáreos presentan restos de algas ramificadas del género *Epiphyton*.
- 31 m. caliza masiva cristalina de tonos rosados.
- 2 m. calcilutita nodulosa rojiza.

Figura 5.—Columna estratigráfica del corte V-V' en la cantera A<sub>2</sub>, Alconera.



- 3 m. caliza masiva cristalina de color rosado.
- 2 m. calcilutita nodulosa rojiza.
- 19 m. caliza con abundantes restos de algas y cálices de arqueociatos, son frecuentes los cálices en posición de vida del género *Coscinocyathus*, con diámetros mayores de 3 cm. Se encuentran también nódulos de oligisto y espículas de esponja.
- 2 m. calcilutita con estructura lenticular. Se encuentran cálices de arqueociatos muy fragmentados.
- 1 m. caliza en pequeños lentejones, en cuyo interior se hallan algas y arqueociatos
- 1 m. calcilutita con estructura lenticular, con cálices de arqueociatos rotos.
- 1,70 m. caliza, último tramo carbonatado de esta serie que aflora en pequeños lentejones con restos de algas y arqueociatos.
- 1,50 m. calcilutitas adaptándose a los lentejones de caliza.
- Techo: lutitas.

Los materiales que se describen desde los puntos V-V' de este corte (fig. 5), pertenecen a la parte inferior del Miembro La Hoya de la Formación Alconera.

El Cámbrico de la Sierra de Córdoba

Canteras del Arroyo Pedroche.

Próximo a la carretera nacional 432, de Córdoba a Espiel, se encuentran situadas las canteras de Pedroche, actualmente abandonadas en su explotación. Desde la ciudad de Córdoba en dirección a Cerro Muriano, la carretera presenta un nuevo trazado en varios kilómetros, desplazado hacia el este del anterior, y por tanto las dos canteras estudiadas están hoy situadas al este y muy próximas a esta nueva carretera.

La cantera que se sitúa más al sur, y estratigráficamente más baja, es la denominada CP<sub>1</sub>. En esta cantera afloran fundamentalmente materiales carbonatados y terrígenos, cuya distribución espacial se representa en la figura 6.

La limitación que ocasiona el no poder observar un arrecife en sus tres dimensiones, sino sólo

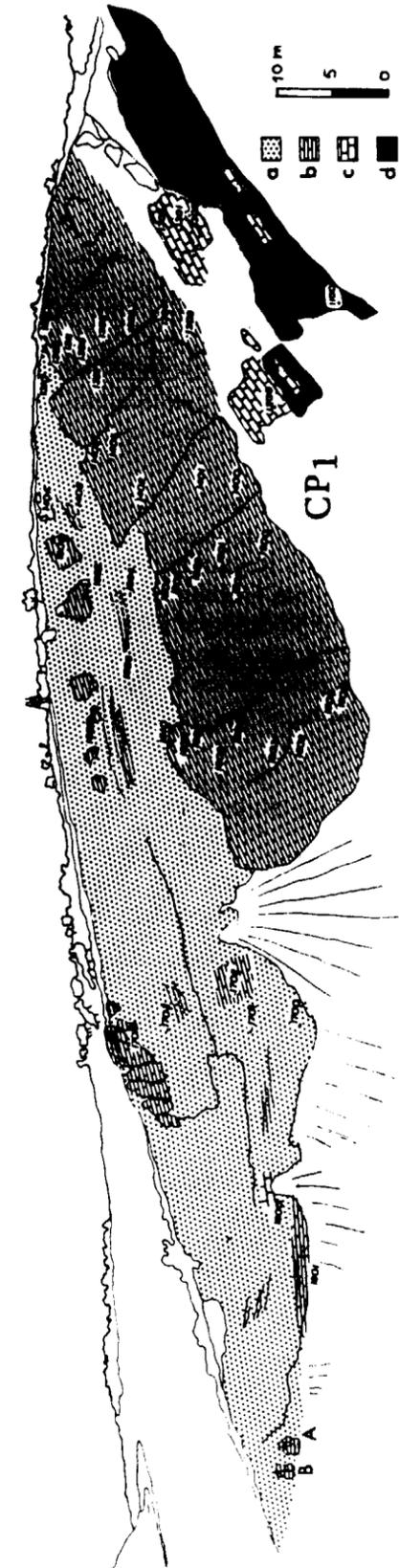


Figura 6.—Cantera CP<sub>1</sub> del Arroyo Pedroche. Situación de las muestras y distribución de las litofacies: a) Arcosas. b) Calizas algales. c) Lutitas. A y B) Montículos arrecifales.

reducidas a dos, como ocurre en general en el caso de los arrecifes fósiles que se estudian en paredes de canteras, se ha intentado compensar con la obtención de gran cantidad de muestras sobre esta superficie, para poder obtener suficientes datos sobre la variación de las facies en la vertical y en la horizontal (fig. 6).

En el borde oeste de la cantera afloran dos pequeños montículos carbonatados que destacan de las arcosas calcáreas envolventes (fig. 6). Estos dos montículos de 2 m. de altura y 1 m. de ancho, están constituidos fundamentalmente por algas y arqueociatos. Los cálices de arqueociatos se presentan en una proporción mayor que en ningún otro punto de la cantera.

La cantera CP<sub>2</sub>, situada unos 20 metros al norte de la anterior, y estratigráficamente más alta, la constituyen materiales fundamentalmente terrígenos, arcosas; son menos frecuentes las calizas que afloran en lentejones, o capas de escaso desarrollo.

La sección estratigráfica realizada en las canteras CP<sub>1</sub> y CP<sub>2</sub>, representada en la figura 7, se describe a continuación.

*Descripción del corte VI-VI'*

Las capas que constituyen esta secuencia presentan una dirección 110-130°, con un buzamiento de 30° N, y se suceden de muro a techo:

- Lutitas con ripples. Afloran unos 10 m. La potencia exacta no se puede conocer por estar la parte inferior cubierta.
- 2 m. lutitas con lentejones calcáreos de 0,10 a 0,45 m. de espesor.
- 2 m. caliza oolítica.
- 13,50 m. caliza gris constituida fundamentalmente por restos algales. Este tramo carbonatado adquiere un gran desarrollo, alcanzando unos 50 m. de anchura.
- 8 m. de arcosa calcárea con estratificación paralela.
- 2 m. caliza, aflorando en lentejones de espesor y morfología variable; lateralmente pasan a arcosas calcáreas. En estos cuerpos lenticulares se hallan restos de algas y arqueociatos.
- 1 m. arcosa calcárea.

— 2,5 m. caliza lenticular dispuesta en diferentes lentejones, las capas envolventes son de arcosa calcárea.

La zona comprendida entre la cantera CP<sub>1</sub> y la CP<sub>2</sub> se halla cubierta. Ya en la base de esta última cantera afloran:

- Caliza, cuya potencia total se desconoce, en los 7 metros que afloran se pueden observar estratificación cruzada y un nivel de oolitos de color rojizo a 2,5 m. del techo de este tramo carbonatado.
- 5 m. arcosa con lentejones calcáreos en los que encontramos abundantes restos de trilobites y algas.
- 6 m. caliza en tonos ocre, con restos de trilobites.
- 7 m. arcosa calcárea.
- Techo cubierto.

Esta secuencia estratigráfica corresponde al Miembro I de la Formación Pedroche (LIÑAN, 1974), cuya serie tipo fue realizada por el citado autor en esta misma carretera, pero en su antiguo trazado, a unos 200 metros al oeste del actual.

En general las dos secuencias presentan litofacies muy semejantes, lutitas, calizas oolíticas, calizas algales, arcosas, etc... Mayor diferencia presenta la distribución de las biofacies, ya que en nuestra sucesión no encontramos estromatolitos. Las calizas grises alcanzan un gran desarrollo, constituidas fundamentalmente por restos algales que pertenecen a formas esqueléticas y filamentosas, tales como *Epiphyton*, *Renalcis* y *Girvanella*, en muchos casos identificables, y en otros muchos como productos alterados de estas algas calcáreas, denominadas peloides.

En la cantera CP<sub>1</sub> los arqueociatos sólo se encuentran en los lentejones calcáreos de los tramos superiores de la serie y en menor proporción respecto a los otros componentes carbonatados: algas, ooides. Pero sí son muy abundantes en los montículos laterales del oeste de la cantera, donde alcanzan un 40 por 100 del volumen de la muestra. En estos montículos la interacción con las algas calcáreas es estrecha, y constituyen una textura *bafflestones*.

Cerro de Las Ermitas.

El yacimiento del Cerro de Las Ermitas, situado en el cerro homónimo de la Sierra de Córdoba, al NO de la ciudad, ha sido tema de estudio de anteriores trabajos bajo el aspecto paleontológico principalmente, y en muy pocos casos se ha abordado el aspecto sedimentológico de estos materiales (ZAMARREÑO & DEBRENNE, 1977).

Las secciones que hemos estudiado se sitúan las tres en la ladera SO del Cerro (fig. 8), y su disposición espacial nos pone de manifiesto la importancia de los cambios laterales de facies en relación con las estructuras arrecifales de algas y arqueociatos (fig. 9).

*Descripción del corte VII-VII'*

En general las capas afloran con una dirección aproximada de E-O y un buzamiento de unos 20° N.

De muro a techo encontramos los siguientes materiales:

- Andesitas.
- Inconformidad.
- 2,70 m. lutitas violáceas con microfósiles.

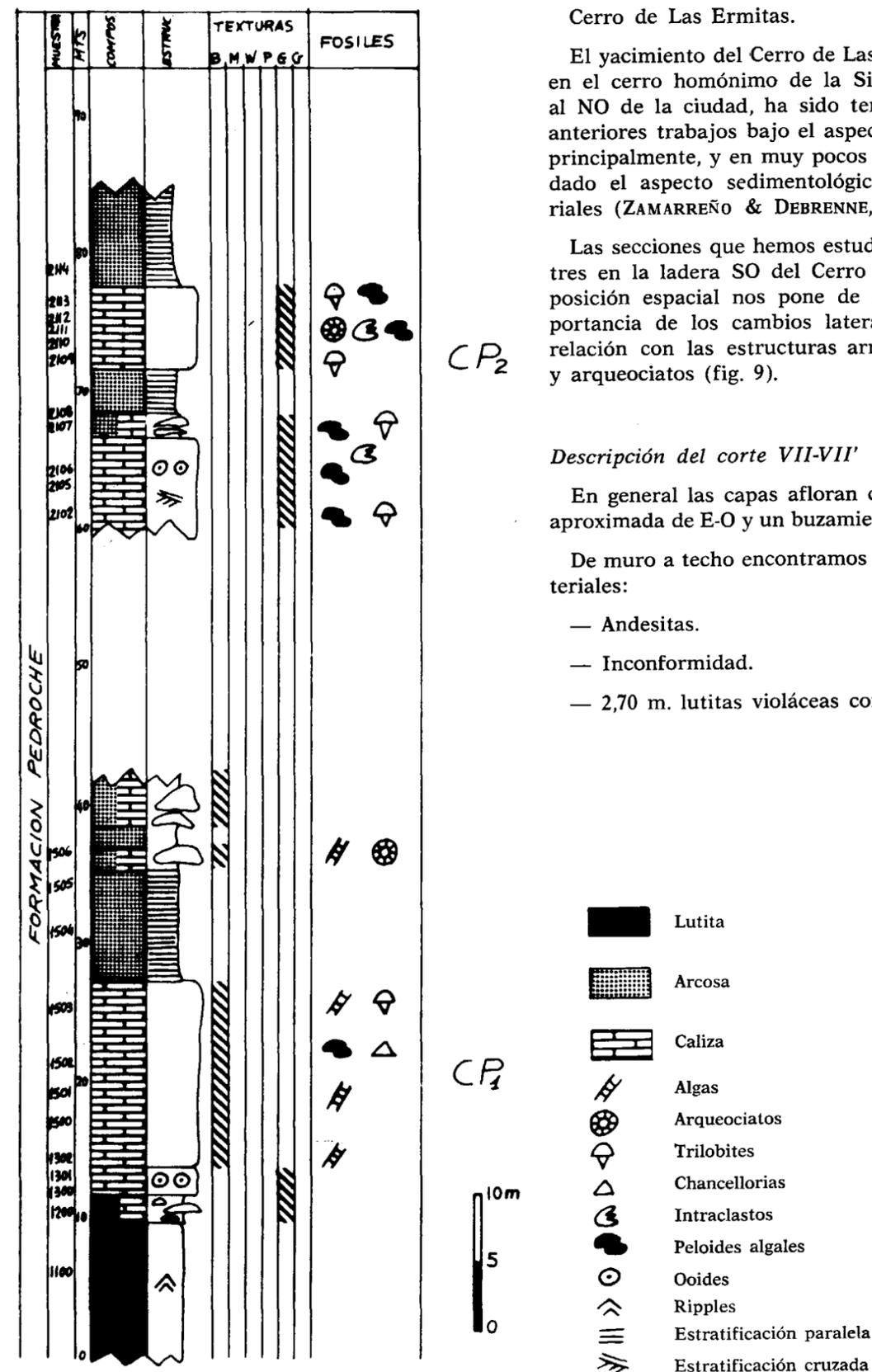


Figura 7.—Columna estratigráfica de las canteras CP<sub>1</sub> y CP<sub>2</sub> del Arroyo Pedroche. Córdoba.

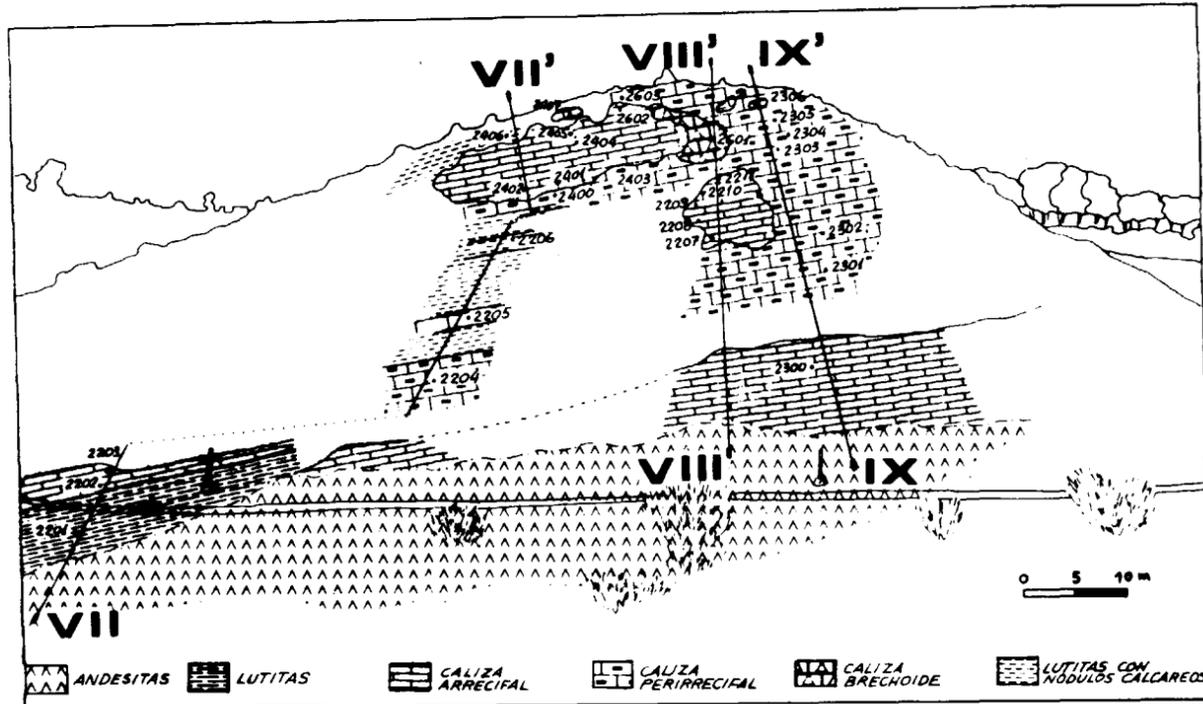


Figura 8.—Esquema de los cortes estratigráficos y distribución de las diferentes facies en el Cerro de Las Ermitas. Córdoba.

- 0,40 m. conglomerado polimíctico con cantos de cuarcita, andesita y lutita, cuyos tamaños oscilan entre 3 y 20 cm. de diámetro.
- 1 m. lutitas violáceas.
- 0,50 m. conglomerado con cantos de cuarcita y andesita, de hasta 35 cm. de diámetro.
- 2 m. lutitas violáceas.
- 1 m. conglomerado polimíctico de andesita, cuarcita y lutita verdosa.
- 2,5 m. lutitas verdes con grandes lentejones de caliza que se acuñan hacia el oeste.
- 2 m. caliza «rizada» con restos de algas y arqueociatos, los cálices de estos últimos presentan diámetros de 1 hasta 40 mm.; son más abundantes los de menor tamaño.
- 2,5 m. lutita verdosa con nódulos calcáreos que contienen algas y arqueociatos.
- 6 m. caliza violácea con aspecto ondulado.

- Existen cálices de arqueociatos fragmentados.
  - 10 m. alternancia de lutita con nódulos calcáreos en tonos verdes y violetas. En los nódulos se encuentran abundantes arqueociatos. Intercalado se halla un tramo de caliza cristalina.
  - 3 m. lutita con nódulos que pasa lateralmente a caliza violeta perirrecifal y brechoide.
  - 10 m. caliza arrecifal de color gris, con abundantes algas, y escasos cálices de arqueociatos. Este edificio orgánico origina un fuerte resalte topográfico.
  - 6 m. lutita verdosa con nódulos calcáreos; son abundantes los arqueociatos en estos nódulos.
- En los últimos metros de la cima del Cerro se hallan dispersos pequeños montículos de caliza gris, constituidos fundamentalmente por algas con algunos cálices de arqueociatos de pequeño tamaño.

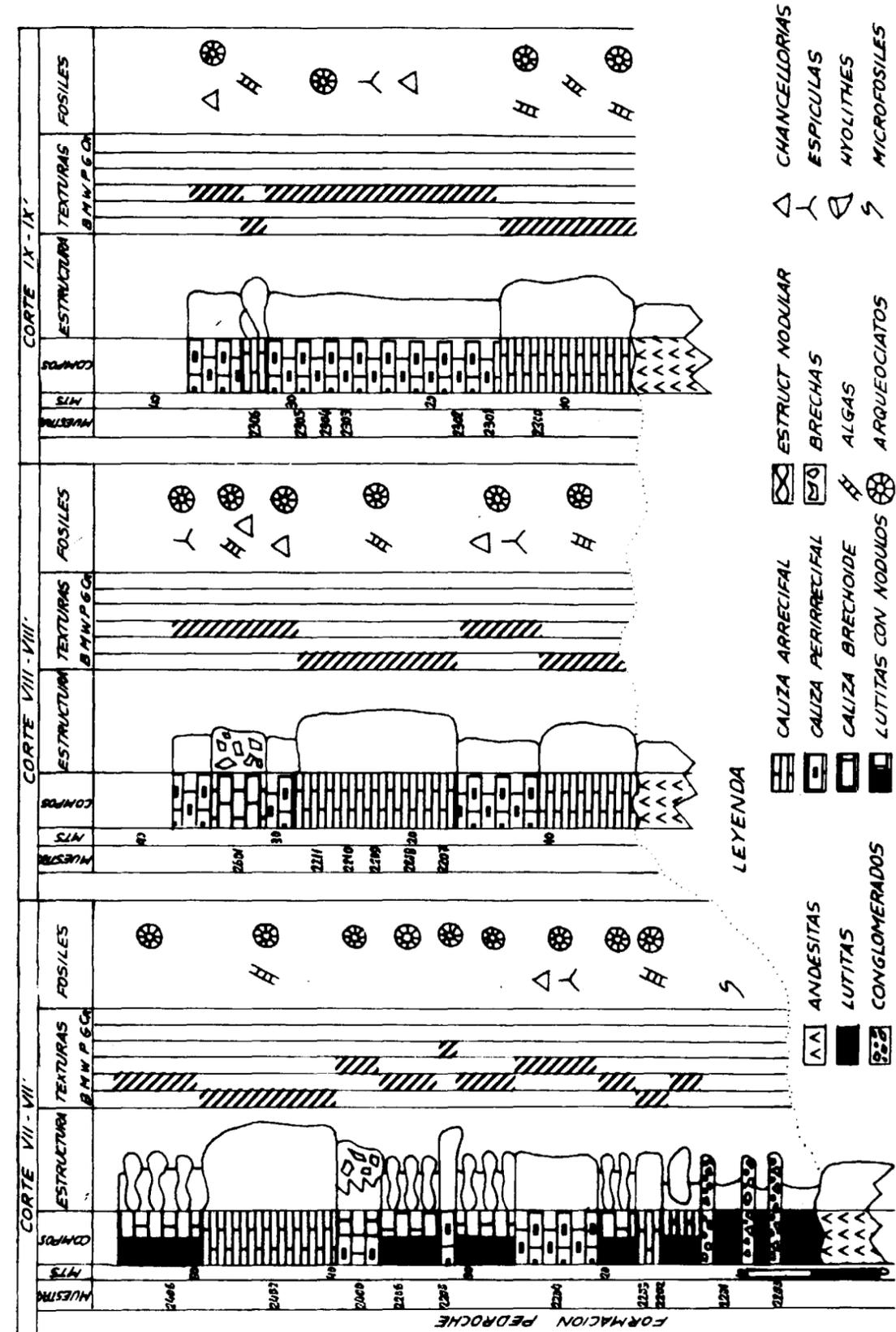


Figura 9.—Columnas estratigráficas del Cerro de Las Ermitas. Córdoba.

*Descripción del corte VIII-VIII'*

Este corte lo constituyen los siguientes materiales de muro a techo:

- Andesitas.
- Inconformidad.
- 7 m. caliza gris con abundantes estructuras algales y pequeños cálices de arqueociatos.
- 6 m. caliza perirrecifal, con gran cantidad de cálices de arqueociatos de gran tamaño y fragmentados.
- 12 m. caliza arrecifal con abundantes algas calcáreas, y algunos arqueociatos. Este edificio origina un resalte en la topografía.
- 2 m. caliza perirrecifal de color violácea, con gran cantidad de arqueociatos.
- 4 m. caliza brechoide, con abundantes arqueociatos y alguna estructura algal en las zonas próximas al arrecife.
- 3 m. caliza perirrecifal con gran cantidad de arqueociatos, la mayoría rotos.

*Descripción del corte IX-IX'*

Este corte es el más oriental de los tres, y lo componen los siguientes materiales de muro a techo:

- Andesitas.
- Inconformidad.
- 10 m. caliza gris con abundantes restos de algas y arqueociatos de pequeño tamaño. En la mitad del tramo se observan bolos de caliza algal rodeados de caliza con material lutítico.
- 16 m. caliza perirrecifal con abundantes arqueociatos, cuyos cálices presentan diámetros desde 2 a 25 mm. Están incluidos en una matriz micrítica violácea, en la que resaltan por estar recristalizados.
- 2 m. caliza algal en montículos.
- 4 m. caliza perirrecifal.

Estas secuencias pertenecen al Miembro I de la Formación Pedroche, y constituyen los materiales más antiguos de la Formación, ya que no están cubiertos como sucede en la Serie del Arroyo Pedroche.

El Cerro de Las Ermitas constituye un afloramiento con unas características excepcionales para el estudio de la distribución de las facies que posibilitaron el desarrollo de un importante complejo arrecifal en el Cámbrico Inferior, cuyo estudio en profundidad abordaremos en los capítulos correspondientes de síntesis litoestratigráfica y sedimentológica.

**SINTESIS DE LAS FACIES**

Después de la descripción detallada de las secciones estratigráficas de los yacimientos, creemos necesario describir los diferentes tipos de litofacies que caracterizan los materiales que se suceden en dichas secciones.

**Litofacies de las canteras de Alconera**

Las canteras de esta localidad presentan, a grandes rasgos, dos tipos diferentes de calizas, cada una de ellas se corresponde con los dos miembros que constituyen la Formación Alconera (fig. 10).

En los materiales carbonatados del Miembro Sierra Gorda, podemos distinguir las siguientes litofacies:

- a) Calizas grises algales.
- b) Dolomías.
- c) Calizas laminadas algales.

Los carbonatos de la base del Miembro La Hoya presentan diferentes tipos litológicos:

- d) Lutitas con nódulos calcáreos.
- e) Calizas biogénicas violáceas.
- f) Calcilutitas nodulosas.

La descripción detallada de cada una de las litofacies diferenciadas es la siguiente:

a) *Calizas grises algales*, afloran principalmente en la cantera A<sub>1c</sub> y se caracterizan por los colores grises y el aspecto moteado (lám. I, fig. 1). El aspecto moteado se debe fundamentalmente a los componentes algales que la integran, cuyos restos resaltan de la matriz micrítica y los cementos esparíticos que componen la roca. Únicamente hacia el techo de estas calizas algales aparecen arqueociatos, junto a las algas; sus cálices están fragmentados e intensamente diagenetizados. El efecto de la erosión diferencial permite

observar en la superficie de la roca las estructuras esqueléticas de algunos arqueociatos, observándose un cierto predominio de los cálices con tábulas, pertenecientes a *Coscyanocyathina*.

Estas calizas grises, de aspecto moteado, afloran masivamente con potencias de hasta 30 m., y están afectadas por procesos de karstificación actual.

b) *Dolomías*, se encuentran suprayacentes a la litofacies descrita anteriormente. Están constituidas por capas centimétricas con laminación paralela. El tamaño de los componentes que las integran, en este caso cristales de dolomita, las definen como doloesparitas.

c) *Calizas laminadas algales*, este tipo de facies es bastante frecuente en los tramos que afloran en la parte superior del Miembro Sierra Gorda. Se caracterizan por la presencia de laminaciones irregulares de origen algal, frecuentemente dolomitizadas.

d) *Lutitas con nódulos calcáreos*, afloran en la parte basal del Miembro La Hoya. El material lutítico, de color verde o violeta, engloba los nódulos

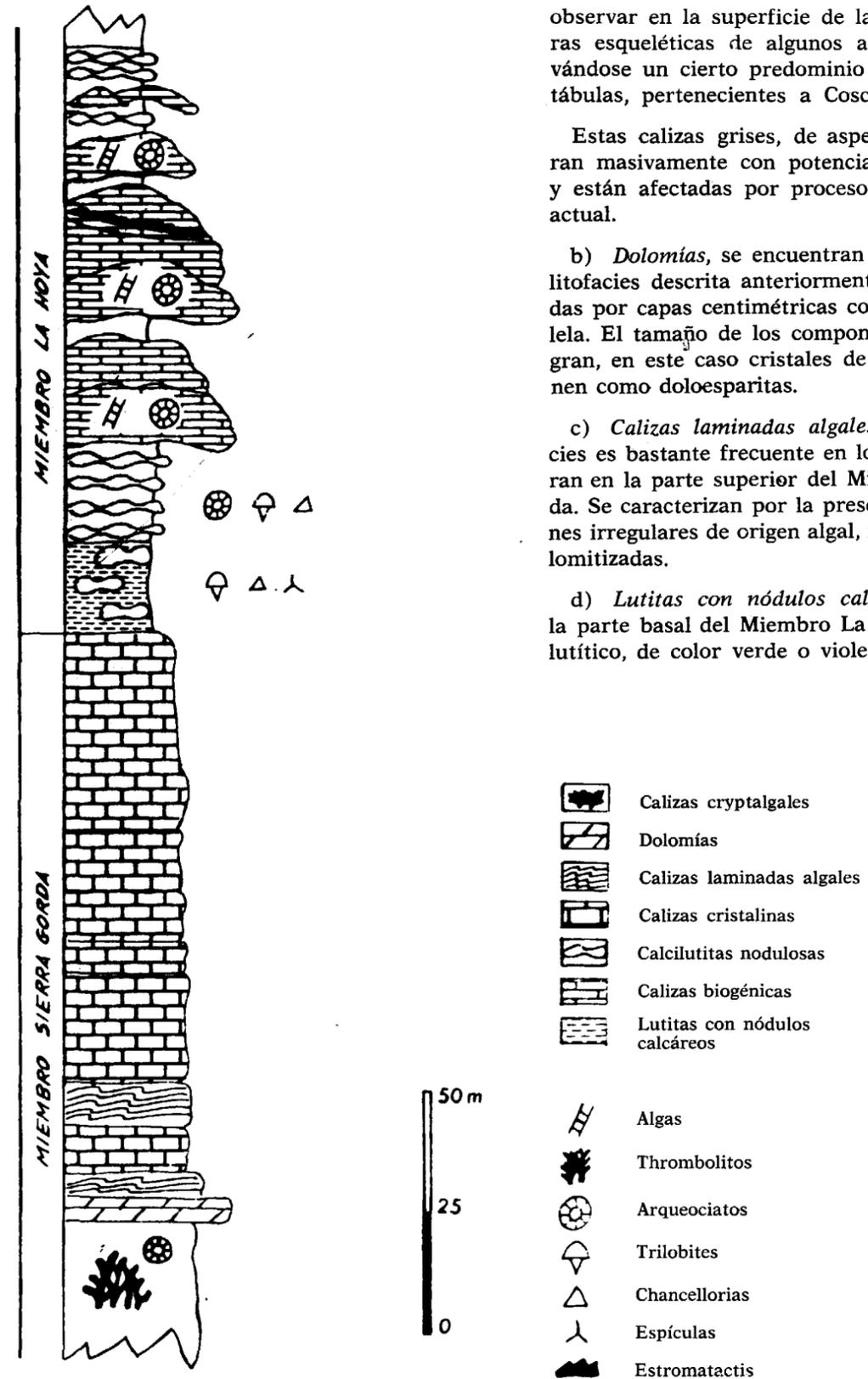


Figura 10.—Esquema de la sucesión de facies en las canteras de Alconera.

dulos carbonatados, los cuales presentan una morfología y tamaño muy variados. En el interior de estos nódulos se encuentran frecuentes secciones de trilobites, espículas de esponjas y excepcionalmente algún cáliz de arqueociato de pequeño tamaño.

e) *Calizas biogénicas violáceas*, constituyen numerosos montículos carbonatados superpuestos, que llegan a alcanzar en conjunto los 80 m. de potencia, mientras que cada uno de ellos presenta alrededor de los 10 m. de altura y hasta los 20 m. de extensión lateral (lám. I, fig. 2).

Estos montículos contienen fundamentalmente estructuras algales, y serían el principal elemento de acreción biológica de estos carbonatos. Los arqueociatos se encuentran íntimamente relacionados con las estructuras algales y presentan una gran variedad de tamaños, son frecuentes los cálices de grandes dimensiones rodeados por restos de algas, pero tanto unos como otros, están intensamente recristalizados. Estos cristales de calcita neomórfica, destacan de la matriz micrítica, lo que facilita, en parte, su diferenciación.

Los montículos, en general, presentan estructura masiva en su interior, donde se encuentran fundamentalmente los componentes orgánicos dispersos en la matriz. Estos componentes están con la disposición original de crecimiento, las estructuras algales con una morfología arborescente, y los cálices de arqueociatos entre éstas o dispersos irregularmente.

Otro tipo de estructura presente en estos montículos es la que hemos denominado estilolaminada, siguiendo la nomenclatura de LOGAN & SEMENIUK (1976) (lám. I, fig. 3), consistente en la sucesión de niveles estilolíticos que confieren a la roca un aspecto laminado, interpretada como de origen diagenético, relacionada con los procesos de compactación de la roca y de presión-disolución.

Formando parte de estas calizas se encuentran gran cantidad de restos de algas y arqueociatos recristalizados, pero identificables.

Los numerosos montículos arrecifales están superpuestos, y en general la superficie de contacto entre dos montículos es netamente erosiva. Además, se observa que los montículos con una posición estratigráfica más baja presentan una diagénesis meteórica muy intensa, con abundantes ca-

vidades cementadas y cavidades kársticas rellenas de un sedimento de calcita bandeada.

Hay que tener en cuenta que los procesos de karstificación, en este caso, son múltiples, ya que podemos observar evidencias de una karstificación durante el Cámbrico, y otra reciente, que ha determinado que los afloramientos se presenten como bloques colapsados con numerosos intersticios rellenos de material no consolidado.

f) *Calculutitas nodulosas*, se presentan en posición infra y suprayacente a las calizas biogénicas.

Es característico de este tipo de litofacies la estructura nodulosa, formada por nódulos de caliza micrítica e incluidos en una matriz con un alto contenido de residuo insoluble (lám. I, fig. 4). Estos cuerpos calcáreos se disponen en niveles más o menos continuos, de escala centimétrica, y en su interior se hallan bioclastos, generalmente fragmentos de cálices de arqueociatos.

Intercalados en este tipo de facies se encuentran pequeños lentejones de caliza biogénica (lámina I, fig. 4), constituidos por algas y arqueociatos, con una estructura masiva interrumpida por pequeños niveles con residuo insoluble más alto.

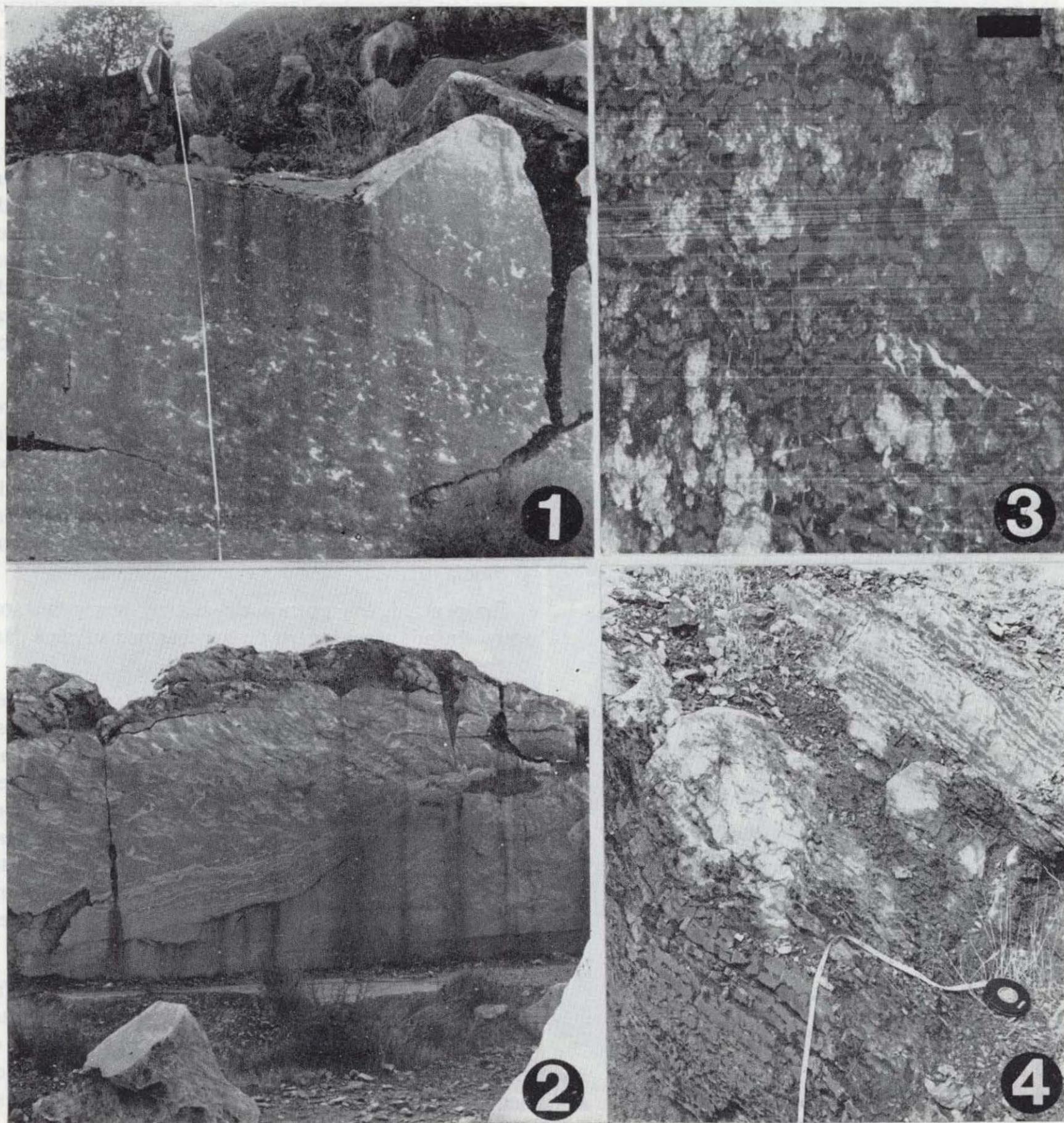
En el contexto general, la textura nodulosa de esta litofacies, parece tener un origen fundamentalmente diagenético, por compactación diferencial de un sedimento que, originalmente, presentaría una composición mixta de carbonatos y terrígenos finos. Estos últimos van aumentando su proporción hasta constituir las lutitas suprayacentes.

Este tipo de facies ha sido denominado por otros autores con los términos calizas «kramenzel» (SIMON, 1939) y «calizas rizadas» (LIÑÁN, 1984), términos que hacen referencia fundamentalmente al aspecto general de esta roca.

### **Litofacies de las Canteras del Arroyo Pedroche**

En las canteras del Arroyo Pedroche podemos distinguir las siguientes litofacies (fig. 11):

- a) Lutitas con ripples.
- b) Arcosas calcáreas.
- c) Calizas oolíticas.
- d) Calizas bioclásticas.
- e) Calizas algales.



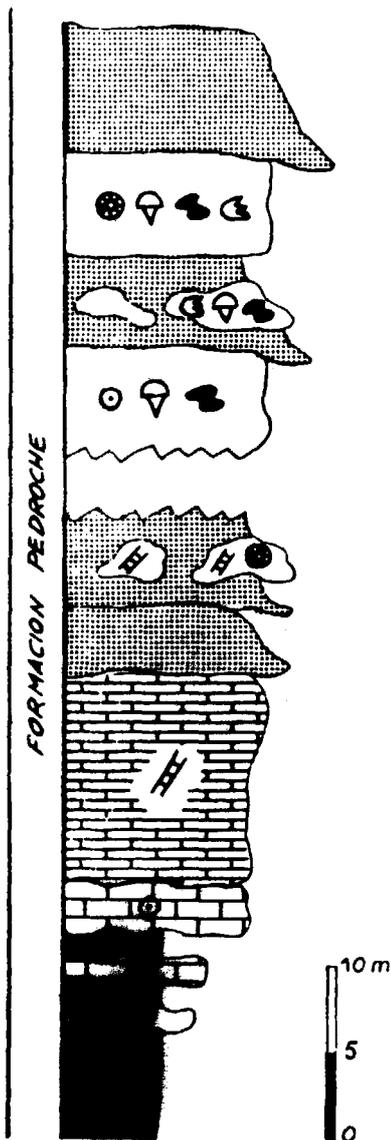
LAMINA I

Figura 1.—Caliza cryptalgal, aspecto moteado característico originado por la propia textura algal reticulada. Cantera A<sub>1C</sub>. Alconera.

Figura 2.—Caliza biogénica con algas y arqueociatos. Cantera A<sub>1B</sub>. Alconera.

Figura 3.—Caliza biogénica con abundantes restos algales que crecen formando pequeños arbustos, que junto con los cálices de arqueociatos se encuentran recristalizados. Destaca la estructura diagenética denominada estilolaminada. Las líneas rectas horizontales son de origen mecánico en la explotación de la cantera. Barra de 10 cm. Cantera A<sub>1A</sub>. Alconera.

Figura 4.—Lentejones de caliza biogénica intercalados entre calcilitas nodulosas. Cantera A<sub>2</sub>. Alconera.



-  Lutitas
-  Arcosas
-  Calizas algales
-  Calizas oolíticas
-  Calizas bioclásticas
-  Algas
-  Archeociatos
-  Trilobites
-  Bioclastos
-  Peloides algales
-  Ooides

a) Las *lutitas* se encuentran en la base de esta sucesión. Presentan laminación paralela, originada por la alternancia de láminas de 1 a 2 cm, con partículas terrígenas de diferente tamaño, y ripples. Son frecuentes los lentejones de caliza oolítica intercalados en ellas.

b) Las *arcosas* constituyen las capas suprayacentes a los niveles carbonatados de gran potencia (lám. II, fig. 1). Están formadas por granos de cuarzo terrígeno, feldespato potásico, plagioclasas, micas y fragmentos de roca, todos ellos englobados en un cemento calcáreo. Alcanzan los 10 m. de espesor; presentan estratificación planar, con capas cuya potencia varía desde varios centímetros a varios metros.

En la parte superior de la cantera CP<sub>1</sub>, son frecuentes los lentejones calcáreos de diferentes tamaños, rodeados por estos materiales terrígenos. En los términos más altos de la serie, ya en la cantera CP<sub>2</sub>, los niveles de arcosas adquieren mayor desarrollo, alternándose con calizas oolíticas y bioclásticas.

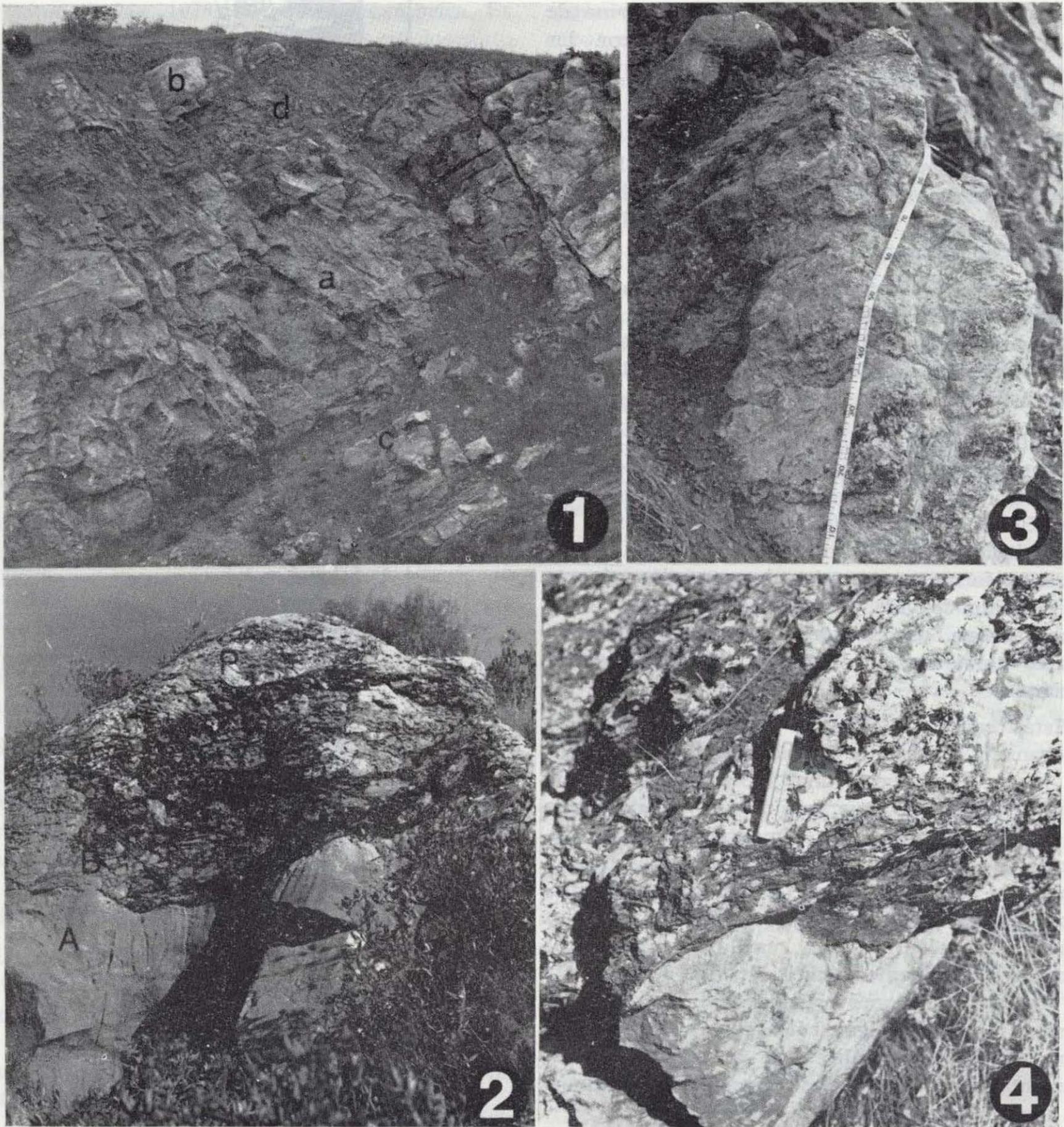
En general, los granos de cuarzo terrígeno son muy abundantes dentro de los mismos niveles carbonatados.

c) Las *calizas oolíticas* se encuentran, generalmente, en la base de los tramos carbonatados; constituyendo el inicio de la sedimentación calcárea en este yacimiento. Los primeros lentejones aparecen intercalados en las lutitas de la base, para aflorar posteriormente en un tramo continuo de unos 2 m. de potencia, en posición infrayacente a la caliza algal (lám. II, fig. 1). En algunos puntos la relación entre estos dos tipos de calizas es a través de superficies erosivas.

Los componentes fundamentales de esta litofacies son los ooides, algunos de ellos intensamente dolomitizados, cementados por calcita fibrosa o en mosaico, y que constituyen lo que hemos denominado dentro del apartado de las microfacies, como *grainstones* oolíticos.

La existencia de calizas oolíticas infrayacentes a las calizas algales, es un hecho bastante generalizado en otras localidades de la Sierra de Córdoba (ZAMARREÑO, 1977; LIÑÁN *et al.*, 1981).

Figura 11.—Esquema de la sucesión de facies en las canteras del Arroyo Pedroche. Córdoba.



LAMINA II

- Figura 1.—Vista parcial de la cantera CP<sub>1</sub> del Arroyo Pedroche. Tipos de facies: a - calizas algales, b - calizas bioclásticas, c - calizas oolíticas, d - arcosas. Córdoba.
- Figura 2.—Afloramiento en el Cerro de Las Ermitas de caliza perirrecifal (P), en contacto erosivo con la caliza arrecifal (A); sobre la superficie erosiva se encuentran brechas (B). Córdoba.
- Figura 3.—Vista parcial de un montículo arrecifal de la cantera CP<sub>1</sub> del Arroyo Pedroche, constituido por abundantes cálices de arqueociatos y algas calcáreas.
- Figura 4.—Caliza perirrecifal con gran cantidad de bioclastos, fundamentalmente arqueociatos y abundantes niveles de material lutítico. En posición infrayacente y acuñándose se encuentra caliza arrecifal. Cerro de Las Ermitas.

d) Las *calizas bioclásticas* afloran en la parte alta de la serie de la cantera CP<sub>1</sub>, en forma de lentejones calcáreos interestratificados con las arcosas (lám. II; fig. 1). También constituyen las capas basales de la cantera CP<sub>2</sub>.

Estos tramos calcáreos se reducen en los niveles superiores de la sucesión, en donde los materiales arcósicos son más frecuentes, y los carbonatos quedan reducidos a capas lenticulares de pequeño espesor.

Este tipo de litofacies está caracterizado por la presencia de abundantes bioclastos y ooides, dispersos en una matriz fundamentalmente terrígena, con gran cantidad de cuarzo detrítico. La dolomitización afecta únicamente a los ooides.

e) Las *calizas algales* son el resultado de la sedimentación de carbonato, como consecuencia del crecimiento y desarrollo de las algas calcáreas *Epiphyton* y *Renalcis* fundamentalmente. En estos *boundstones* se observan arbustos dicotómicos y formas cameradas de estos dos géneros en posición de vida, incluidos en una matriz microesparítica, con mayor o menor cantidad de cuarzo terrígeno, y diferentes fases de cementación.

Estas calizas de aspecto masivo y color gris, afloran en la cantera CP<sub>1</sub> alcanzando un espesor de hasta 13 m., con una superficie fracturada muy irregular, lo que impide ver la existencia o no, de estructuras sedimentarias, o simplemente la morfología externa de estas acumulaciones de carbonato (lám. II; fig. 1). En el extremo oeste de dicha cantera, se individualizan dos montículos calcáreos que resaltan de las capas arcósicas envolventes (lám. II; fig. 3), se trata de dos construcciones orgánicas en las que intervienen tanto las algas calcáreas, antes citadas, como abundantes cálices de arqueociatos, fundamentalmente de la clase Irregulares, originando una textura típicamente *bafflestone*.

**Litofacies del Cerro de Las Ermitas**

En la sección de materiales que afloran en el Cerro de Las Ermitas (fig. 12) podemos distinguir los siguientes tipos de litofacies:

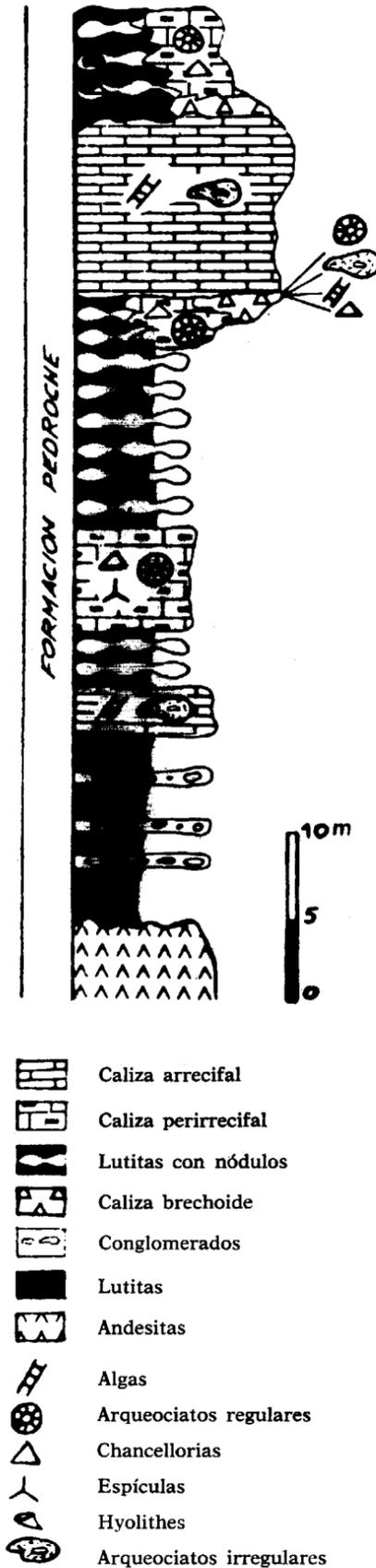


Figura 12.—Esquema de la sucesión de facies en el Cerro de Las Ermitas. Córdoba.

a) *Andesitas*. Pertenecen a la Formación San Jerónimo (LIÑÁN, 1978) de edad Precámbrica. Estas andesitas, ya descritas por los citados autores, se encuentran directamente en posición infrayacente a sedimentos del Cámbrico Inferior tanto carbonatados como terrígenos a través de una inconformidad.

b) *Conglomerados polimícticos*. Se disponen discordantes sobre las andesitas, en tramos de escasa potencia y alternándose con lutitas violáceas. Estos conglomerados polimícticos tienen cantos redondeados de andesita, lutita y metacuarcita, con diámetros de hasta 35 cm.

c) *Lutitas laminadas*. Constituidas por terrígenos finos, presentan laminación paralela originada por capas con componentes terrígenos de diferente granulometría, son abundantes los granos de cuarzo y las micas.

Alternan con los tramos conglomeráticos y presentan en algunos niveles microfósiles (LIÑÁN, 1978).

d) *Lutitas con nódulos calcáreos*. Se encuentran intercaladas con tramos carbonatados de las facies perirrecifal y en posición infra y suprayacente a los edificios.

Esta facies presenta en el afloramiento un aspecto noduloso, formada por nódulos calcáreos incluidos en el material lutítico envolvente. El término nódulo tiene, en este caso, un significado descriptivo y no genético, ya que se trata de fragmentos calcáreos deposicionales, con tamaños y formas muy variadas.

Estos fragmentos calcáreos están constituidos por *wakestone* con matriz micrítica, y abundantes bioclastos, arqueociatos, espículas e hyolithidos. En algunos casos el cáliz de un arqueociato constituye, por sí mismo, un fragmento con un diámetro de 2 cm.

e) *Calizas arrecifales*. Se localizan en diversos puntos del Cerro, y forman los característicos afloramientos en montículos con gran resalte topográfico (lám. II; figs. 2 y 4), alcanzando los 12 metros de altura. Se trata de calizas masivas de color gris, con una superficie bastante lisa, exceptuando las pequeñas oquedades como resultado de la erosión diferencial.

Están compuestas fundamentalmente por estructuras algales y pequeños cálices de arqueo-

ciatos; el grado de recristalización es bastante elevado, presentándose fantasmas de restos orgánicos en grandes cristales de calcita.

Además de estas construcciones de gran tamaño, se encuentran dispersos por el Cerro pequeños montículos de calizas algales, formando bolos de aspecto masivo y color gris claro, que contrastan con los materiales de las otras facies circundantes.

f) *Calizas perirrecifales*. Como su propia denominación indica se trata de las facies carbonatadas que rodean a los arrecifes, tanto en posición infra como suprayacente, así como lateralmente (lám. II; figs. 2 y 4). Esta facies se caracteriza por contener gran cantidad de bioclastos, dispersos en una matriz micrítica homogénea de color rojo y una estructura nodulosa, con nódulos calcáreos de muy diversos tamaños incluidos en una matriz más lutítica.

Entre los componentes orgánicos podemos distinguir abundantes cálices de arqueociatos de gran tamaño, fundamentalmente pertenecientes a la Clase Regulares. En las proximidades de las facies arrecifales se encuentran también cálices de Irregulares, y estolones de éstos, asociados a estructuras algales muy recristalizadas. Otros elementos abundantes son las espículas de esponjas y las rosetas de *Chancelloria*.

En general estos bioclastos están muy fragmentados, y presentan una gran variedad de tamaños, desde cálices de arqueociatos completos hasta pequeños restos de las murallas porosas y espículas de esponjas, dispersos en la matriz.

Una característica peculiar de esta facies es el aspecto noduloso que se manifiesta en el afloramiento por el efecto de la erosión diferencial con la acción del agua meteórica, que disuelve principalmente el carbonato y no el material lutítico, el cual presenta mayor resalte.

El origen de esta estructura es fundamentalmente diagenético, asociado a diversos procesos.

g) *Calizas brechoides*. Se encuentran relacionadas directa y lateralmente con uno de los edificios arrecifales (lám. II; fig. 2). Presentan las mismas características estructurales de las calizas perirrecifales. No obstante los fragmentos calcáreos son de mayor tamaño y presentan una elevada angulosidad. En ellos se hallan abundantes cálices de arqueociatos y estructuras algales,

con una disposición muy semejante a la que encontramos en las calizas arrecifales, por lo que han sido interpretados como fragmentos del edificio originados por la brechificación de éste.

Estas brechas intraformacionales presentan una matriz micrítica con abundantes componentes orgánicos, fundamentalmente estructurales algales y pequeños cálices de arqueociatos de la Clase Irregulares con abundantes estolones lo que nos indicaría su origen como parte del edificio orgánico próximo. También se encuentran en menor porcentaje otros componentes orgánicos como arqueociatos Regulares, rosetas de *Cancelloria* y otras espículas.

La textura nodulosa diagenética también está presente en esta facies.

h) *Calizas micríticas*. Se sitúan en la ladera oeste del Cerro, y están interestratificadas con las facies de lutitas con nódulos calcáreos.

Se caracterizan por presentar gran cantidad de bioclastos dispersos en una matriz micrítica homogénea; son muy abundantes las espículas de esponjas, rosetas de *Chancelloria* e hylolithidos, y de forma esporádica arqueociatos.

## CONCLUSIONES

En Alconera el Miembro Sierra Gorda está caracterizado por carbonatos con algunas intercalaciones de terrígenos finos; estos sedimentos se depositaron en una plataforma somera, con carácter transgresivo en relación con los materiales infrayacentes de la Formación Torreárboles. Los carbonatos presentan generalmente texturas algales, como resultado de la gran actividad de cyanobacterias, con el desarrollo de mallas, laminaciones, y estructuras cryptalgales reticuladas. Únicamente de forma esporádica, se encuentran asociados arqueociatos en los tramos superiores de este miembro, con una reducida diversidad taxonómica.

Durante la sedimentación del tramo basal carbonatado del Miembro La Hoya, en Alconera, se desarrollaron numerosos montículos arrecifales superpuestos. La composición de estos montículos, originados por la acumulación de carbonato, es fundamentalmente sedimento micrítico con bioclastos, entre estos últimos destacan las formas

ramificadas de algas calcáreas entre las que se identifican *Epiphyton* principalmente. Estas algas constituyen el elemento principal de acreción biológica de los montículos, junto a los cálices de arqueociatos, que en esta función tienen un papel secundario.

La plataforma del Cámbrico Inferior en la zona de Arroyo Pedroche presenta una asociación de facies que se induce su carácter somero con episodios de sedimentación carbonatada y terrígena, y donde se desarrollan también términos híbridos, generalmente calizas con abundantes terrígenos. La sucesión se inicia con lutitas con ripples, entre las que se intercalan calizas oolíticas, éstas llegan a alcanzar gran extensión lateral y constituyen barras oolíticas. Posteriormente se desarrollan las calizas algales, con abundantes formas de algas calcáreas. La sedimentación de los carbonatos se produciría fundamentalmente por la actividad y acumulación biogénica de *Epiphyton*, *Renalcis* y *Girvanella*. En algunos casos la interacción de algas y arqueociatos llega a formar montículos con un relieve topográfico acusado y una textura *bafflestone*, donde los cálices de arqueociatos presentan una gran densidad numérica, con formas ramificadas, constituyendo una estructura rígida en cuyo entorno se desarrollan las algas calcáreas.

El aporte de los materiales siliciclásticos, que durante la sedimentación de los carbonatos había sido importante, aumentan considerablemente, lo que origina el depósito de arcosas calcáreas que se alternan con capas calcáreas lenticulares, hasta constituir los tramos superiores formados exclusivamente por arcosas.

La sedimentación en una plataforma carbonatada con algún episodio terrígeno, en la localidad del Cerro de Las Ermitas presenta una gran variedad de facies que caracteriza un complejo arrecifal. Sobre un paleorrelieve desarrollado sobre andesitas precámbricas se implanta una plataforma carbonatada cámbrica, con la sedimentación de depósitos carbonatados fundamentalmente de origen orgánico y episodios de terrígenos intercalados. La sucesión se inicia con el depósito de materiales terrígenos finos, lutitas con niveles conglomeráticos intercalados. Los sedimentos calcáreos aumentan su desarrollo hacia el techo de la sucesión y en algunos lugares se observa claramente el desarrollo de montículos arrecifales, en general de grandes dimensiones, y

constituidos fundamentalmente por algas calcáreas y en menor proporción arqueociatos de pequeño tamaño. En relación con estos montículos se encuentran las facies perirrecifales y brechoides, en las que se encuentran abundantes cálices de arqueociatos de gran talla; en general los bioclastos están muy fragmentados y dispersos, y su aspecto noduloso se interpreta como resultado de los procesos que actuaron durante la diagénesis.

Los montículos arrecifales del Cámbrico Inferior de Sierra Morena presentan características muy diferentes relacionadas con la posición que ocuparían dentro de la plataforma carbonatada, la distribución de facies en su entorno, y la propia estructura interna de los montículos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo constituye una parte de un elaborado estudio sobre los montículos arrecifales de algas y arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena, presentado como Tesis Doctoral por la autora en la Universidad Complutense de Madrid, bajo la dirección del Dr. A. Perejón, al cual agradezco su ayuda inestimable.

También he de señalar la colaboración de la doctora M. Díaz-Molina y la del Dr. S. Rodríguez en la lectura crítica del manuscrito. La elaboración del material fotográfico fue realizado por don E. Martín y la mecanografía por Dña. I. Corchón.

## BIBLIOGRAFIA

- DEBRENNE, F.: *Archaeocyatha. Contribution à l'étude des faunes cambriennes du Maroc, de Sardaigne et de France*. Not. Mem. Serv. Geol. Maroc, 179, 1-371 (1964).
- DEBRENNE, F.; GANGLOFF, R. A., y JAMES, N. P.: *Archaeocyathan buildups: Pioneer reefs of the Paleozoic*. United States Department of the Interior Geological Survey short papers for the Second International Symposium on the Cambrian System, Open-File Report, 81-743, 63 (1981).
- IGME: *Mapa geológico de la Península Ibérica*. Escala 1:1.000.000 (1.ª edición). Inst. Geol. Min. España (1980).

- JAMES, N. P.: *Facies Models 10. Reefs*. Geoscience Canada, 5 (1), 16-26 (1978).
- JAMES, N. P., y DEBRENNE, F.: *Lower Cambrian bioherms: Pioneer reefs of the Phanerozoic*. Acta Paleont. Pol., 25 (3-4), 656-668 (1980).
- JAMES, N. P., y KOBLUK, D. R.: *Lower Cambrian patch reefs and associated sediments: Southern Labrador, Canada*. Sedimentology, 25 (1), 1-35 (1978).
- LIÑÁN, E.: *Las formaciones cámbricas del norte de Córdoba*. Act. Geol. Hispánica, 9 (1), 15-20 (1974).
- LIÑÁN, E.: *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis Doct. Univ. Granada, 191, 1-212 (1978).
- LIÑÁN, E.: *Introducción al problema de la paleogeografía del Cámbrico de Ossa Morena*. Cuad. Lab. Xeol. Laxe, 8, 283-314 (1984).
- LIÑÁN, E.; MORENO-EIRIS, E.; PEREJÓN, A., y SCHMITT, M.: *Fossils from the basal levels of the Pedroche Formation, Lower Cambrian (Sierra Morena, Córdoba, Spain)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 79, 277-286 (1981).
- LIÑÁN, E., y PEREJÓN, A.: *El Cámbrico de la «Unidad de Alconera», Badajoz (SO de España)*. Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.), 79, 125-148 (1981).
- LOGAN, B. W., y SEMENIUK, V.: *Dynamic metamorphism; processes and products in Devonian carbonate rocks, Canning Basin, Western Australia*. Geol. Soc. Australia Spec. Publ., 6, 1-138 (1976).
- ROWLAND, S. M.: *Archaeocyathid reefs of the southern Great Basin, western United States*. In Taylor, M. E., ed., *Short papers for the second international symposium on the Cambrian System*. U.S. Geol. Surv. Open-File Report, 81-743, 193-197 (1981).
- ROWLAND, S. M.: *Were there framework reefs in the Cambrian?* Geology, 12, 181-183 (1984).
- SIMON, W.: *Lithogenesis kambrischer Kalke der Sierra Morena (Spanien)*. Senckenbergiana, 21 (5-6), 297-311 (1939).
- SHEEHAN, P. M.: *Reefs are not so different - They follow the evolutionary pattern of level-bottom communities*. Geology, 13, 46-49 (1985).
- ZAMARREÑO, I.: *Early Cambrian Algal Carbonates in Southern Spain*. In: E. Flügel (ed.): *Fossil Algae. Recent Results and Developments*. Springer-Verlag, 360-365 (1977).
- ZAMARREÑO, I., y DEBRENNE, F.: *Sédimentologie et biologie des constructions organogènes du Cambrien inférieur du Sud de l'Espagne*. B. R. G. M. Mém., 89, 49-61 (1977).
- ZHURAVLEVA, I. T.: *Estructuras orgánicas del Cámbrico primitivo de la Plataforma de Siberia*. Trudy Inst. Paleont. Akad. Nauk. SSSR, 61-84 (en ruso) (1966).