

## *Descripción litoestratigráfica y aspectos sedimentológicos de las unidades*

S. RODRIGUEZ<sup>2</sup>, S. FALCES<sup>2</sup>,  
M. E. ARRIBAS<sup>1</sup>, J. A. DE LA PEÑA<sup>1</sup>,  
M. J. COMAS-RENGIFO<sup>3</sup> y E. MORENO-EIRIS<sup>2</sup>

### ABSTRACT

The features of the eight lithostratigraphic Units at Los Santos de Maimona basin are as follow:

**Unit 0:** Greywackes and interbedded volcanic beds. Some coal layers occur in the lower part of this unit near Los Santos de Maimona. The estimated thickness of this unit, which usually is not well exposed, is 700 m. It is regarded as shallow marine terrigenous sediments.

**Unit 1:** The so-called *Siphonodendron* limestone, composed of biostromal marls and limestones containing abundant rugose corals and brachiopods and frequent algae, tabulate corals, foraminifers, bryozoans, echinoderms, ostracods and molluscs. Its thickness attains 35 m at Los Santos hill and decreases to the north, being only 10 m at El Almendro. It is regarded as the reef flat of a fringing reef.

**Unit 2:** Composed of shales and sandstones and interbedded volcanic rocks. Some calcareous lenses also occur. It is usually poorly exposed, and contains few fossils. In the calcareous beds, some rugose corals, brachiopods, algae and foraminifers are identifiable. Its thickness reaches 80 m at Navafría and 100 m at El Portezuelo, although it decreases to the north. It is regarded as mixed deposits in shallow sea.

**Unit 3:** Composed of massive limestone and interbedded marl. It occurs only in sections close to the border of the basin (Navafría, Cerro Almeña, La Alameda), and corresponds to the lower part of the Unit 4 in sections where it is not present. It contains

---

<sup>1</sup> Departamento y UEI de Petrología y Geoquímica, Facultad de Ciencias geológicas e Instituto de Geología Económica, Ciudad Universitaria, 28040 MADRID, ESPAÑA.

<sup>2</sup> Departamento y UEI de Paleontología, Facultad de Ciencias geológicas e Instituto de Geología Económica, Ciudad Universitaria, 28040 MADRID, ESPAÑA.

common colonies of *Lithostrotion* and *Siphonodendron*, and foraminifers are quite abundant. Its thickness is very irregular; the maximum, more than 50 m, occurs at Cerro Almeña and Sierra Cabrera. It is regarded as lime sand shoals and calcareous lagoonal deposits in a very shallow platform.

**Unit 4:** Composed of graded crinoidal calcarenite and interbedded marl and shale. The best exposures are at El Portezuelo and Cerro Almeña. The calcareous layers are thicker and more abundant near the border of the basin, but shale is dominant in the middle. Although macrofossils are scarce in this unit, foraminifers and fragments of crinoids, brachiopods, rugose and tabulate corals, trilobites, calcareous algae and bryozoans are common. The thickness of this unit attains 80 m at El Portezuelo, in the middle of the basin, and decreases to the borders; at Cerro Almeña it is 42 m, and at La Alameda and El Almendro it is only 25 m. It is regarded as carbonate turbidites.

**Unit 5:** Composed of interbedded shale, marl and some limestone lenses. It contains some corals, brachiopods, crinoids, algae and foraminifers. Exposures are very poor. The real thickness could not be measure, but it is estimated to be about 70 m. It is regarded as distal carbonate turbidites.

**Unit 6:** The same lithology as unit 4, but carbonate are less abundant. Some large calcareous blocks up to 20x10x5 m occur in the northern area. The unit contains a rich fauna of brachiopods and corals. Bryozoans, algae and foraminifers are also common. Its thickness attains 40 m at Las Pilitas and decreases toward the north, being only 25 m at El Salamanca Chico. It is regarded as carbonate turbidites.

**Unit 7:** Composed of shale, and interbedded sandstone and conglomerate in the lower part. Some compressed goniatites, trilobites and plant fragments occur in shale some 50 m above the Unit 6. Its estimated thickness is 250 m, but it is ordinarily poorly exposed. It is regarded as basal deposits.

**Key words:** Los Santos de Maimona, Carboniferous, Upper Visean, Sedimentology, Lithostratigraphy, Biostratigraphy, Environment.

**Palabras clave:** Los Santos de Maimona, Carbonífero, Viseense superior, Sedimentología, Litoestratigrafía, Bioestratigrafía, Medios de sedimentación.

## UNIDAD 0

Los materiales correspondientes a esta Unidad han sido someramente estudiados en la sección del Portezuelo-0 (fig. 10), denominada así por haberse levantado por debajo de la sección del Portezuelo, que comprende las Unidades 1 a 4 (fig. 11).

Las características básicas de esta Unidad fueron descritas por ODRIOZOLA *et al.* (1983). Su potencia total se estima superior a 700 m, pero la complicada tectónica y la escasez de buenos afloramientos impiden precisar su espesor. Se encuentra representada en la zona sur de la cuenca, en las proximidades de Los Santos de Maimona.

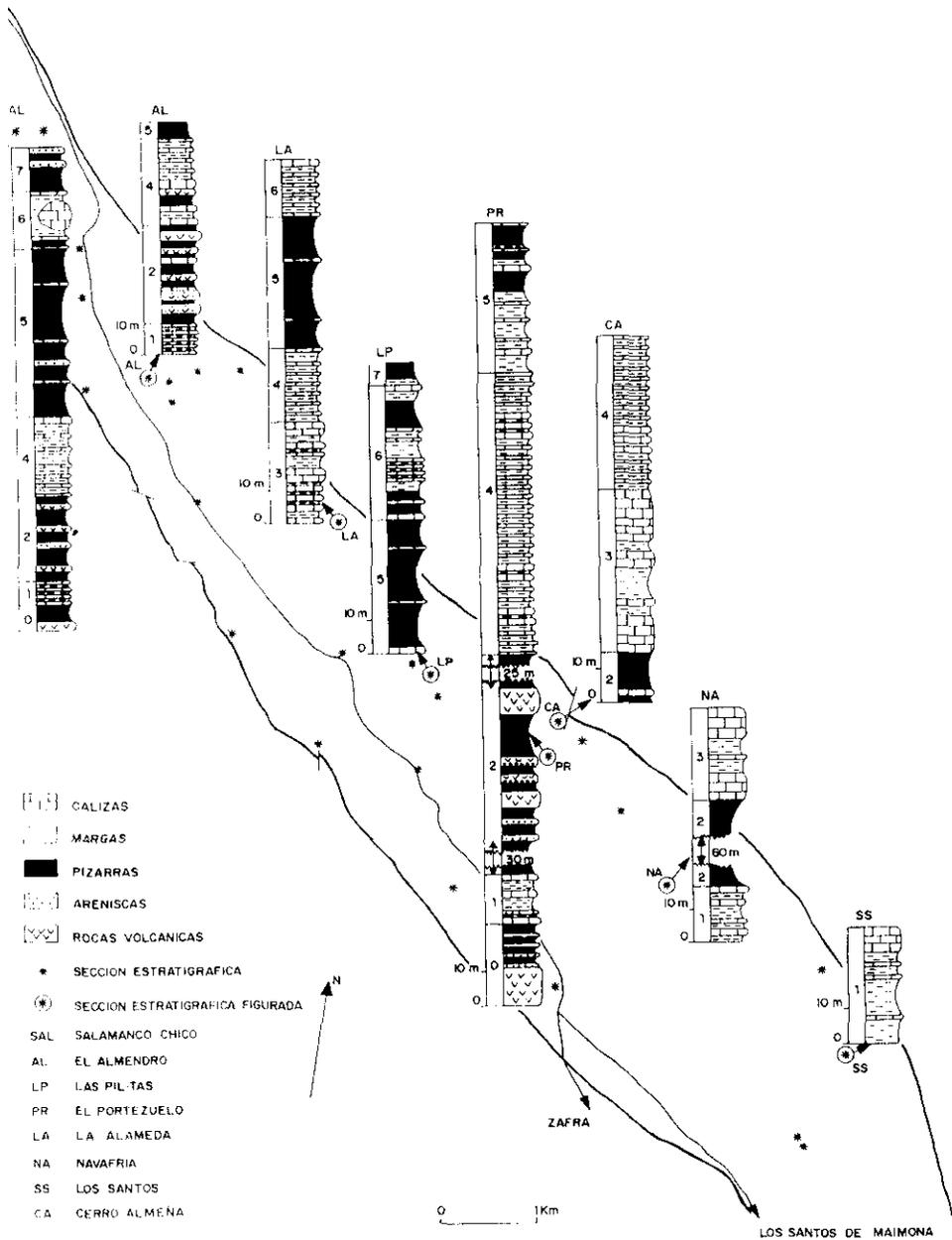


Figura 22.--Estratigrafía general de la cuenca de Los Santos. Las secciones figuradas muestran las variaciones litológicas y de potencia de las distintas Unidades litoestratigráficas.  
 Figure 22.--General stratigraphy of the Los Santos de Maimona basin. The figured sections illustrate the lithologic variations of the lithostratigraphic Units.

La Unidad está constituida por limolitas con algunos niveles de areniscas e intervalos de rocas volcánicas interestratificadas. Tanto las limolitas como las areniscas son de carácter grauváquico, con clastos muy variados, incluyendo fragmentos de rocas volcánicas y, en ocasiones, cemento calcáreo. Se observan pocas estructuras sedimentarias, entre las que predominan laminaciones paralelas y niveles calcáreos nodulares.

Los niveles volcánicos interestratificados son coladas dacíticas con textura porfídica y brechas volcánicas con gran variedad de componentes.

En el área más meridional de esta Unidad se localizan varios niveles de carbón que fueron explotados durante la primera mitad de nuestro siglo. Como ODRIOZOLA *et al.* (1983) señalan, el carbón extraído era una antracita de baja calidad e intensamente tectonizado, por lo que es inexplorable actualmente.

En la zona suroccidental de la cuenca se localizan unos niveles brechoides, que ODRIOZOLA *et al.* (1983) consideran como brechas basales de la cuenca y subyacentes a los demás sedimentos que en ella se encuentran. Estas brechas, como VALENZUELA *et al.* (1990) indican, presentan clastos que, por su litología carbonática, pueden proceder de la Unidad 1. En nuestros trabajos de campo hemos confirmado este dato, por lo que las brechas de la zona suroeste deben corresponder a materiales de sedimentación contemporánea o posterior al depósito de las Unidades 0 y 1.

## UNIDAD 1

Esta Unidad es la primera de franco carácter carbonático. Ha sido descrita en detalle por RODRIGUEZ *et al.* (en prensa.a), aunque su abundante contenido paleontológico ya había sido resaltado por autores anteriores (NAVARRO y LACAZETTE, 1922; HERNANDEZ PACHECO, 1955, ALTEVOGT, 1966, etcétera).

Está constituida fundamentalmente por margas y calizas biostromales con abundantes colonias de corales rugosos del género *Siphonodendron*. Debido a este carácter, se le ha denominado informalmente «calizas de *Siphonodendron*». En la bioconstrucción de estos niveles participan además grandes braquiópodos gigantoprodúctidos, algas, tabulados y briozoos. También son frecuentes corales solitarios, braquiópodos diversos, moluscos (especialmente gasterópodos), ostrácodos y foraminíferos.

Rocas volcánicas de composición basáltica, especialmente materiales piroclásticos, incluyendo aglomerados y cenizas volcánicas, aparecen intercalados con los niveles calizos y margosos en algunas de las secciones realizadas en

la zona más septentrional (El Portezuelo, Rivera de Guadajira, Los Linares y Albuera).

Los niveles correspondientes a esta Unidad han sido identificados en diez secciones y estudiados en detalle en seis de ellas (Albuera, El Almendro, Guadajira, El Portezuelo, Navafria y Los Santos, fig. 23). A partir de estas secciones se pueden observar las variaciones laterales importantes que presenta esta Unidad. La potencia, desarrollo de las bioconstrucciones, distribución de los componentes fósiles y de los componentes litológicos varían considerablemente de noroeste a sureste. En el sureste presenta cerca de 40 m de potencia (Los Santos), en tanto que en el noroeste llega a tener un espesor de 6 m (Albuera). Los bioconstructores son más abundantes y de mayor tamaño hacia el sureste. Los materiales volcánicos son más frecuentes en el sector septentrional.

### **Características sedimentológicas**

La sección más característica, completa y de mayor potencia de esta Unidad es la del cerro de Los Santos, y en ella nos basaremos para la descripción de la misma. En esta localidad la Unidad alcanza una potencia de 35 m y está compuesta por margas, calizas margosas y calizas ordenadas en asociaciones litológicas simples de margas a calizas, con contenido fósil variable.

La parte inferior está caracterizada por el predominio de margas con escasos niveles de calizas intercaladas. Por el contrario, la parte superior está integrada por bancos de caliza con algunos niveles margosos intercalados. Por lo tanto, se pueden distinguir dos subunidades, cuyas asociaciones de facies y organización secuencial se ilustran en la fig. 24.

*Subunidad inferior.*—Comprende los primeros 23 m de la Unidad y está compuesta por margas fosilíferas con capas delgadas de calizas. Se han identificado tres asociaciones de facies diferentes (fig. 24, A, B y C).

*Subunidad superior.*—Corresponde a los 12 m superiores de la sección. Está compuesta por calizas biostrómicadas y bioclásticas que contienen abundantes fósiles, frecuentemente en posición de vida, habiéndose diferenciado dos asociaciones de facies (fig. 24 D y E).

En toda la sección el contenido fósil es abundante y diverso, lo que nos ha permitido estudiar en detalle las asociaciones fósiles características de cada facies (fig. 24). Los fósiles más frecuentes son corales coloniales y solitarios, grandes braquiópodos (*gigantoprodúctidos*) y algas filoides. Para simplificar la figura no se han incluido otros componentes biogénicos menores, tales como equinodermos, moluscos, ostrácodos, etcétera.

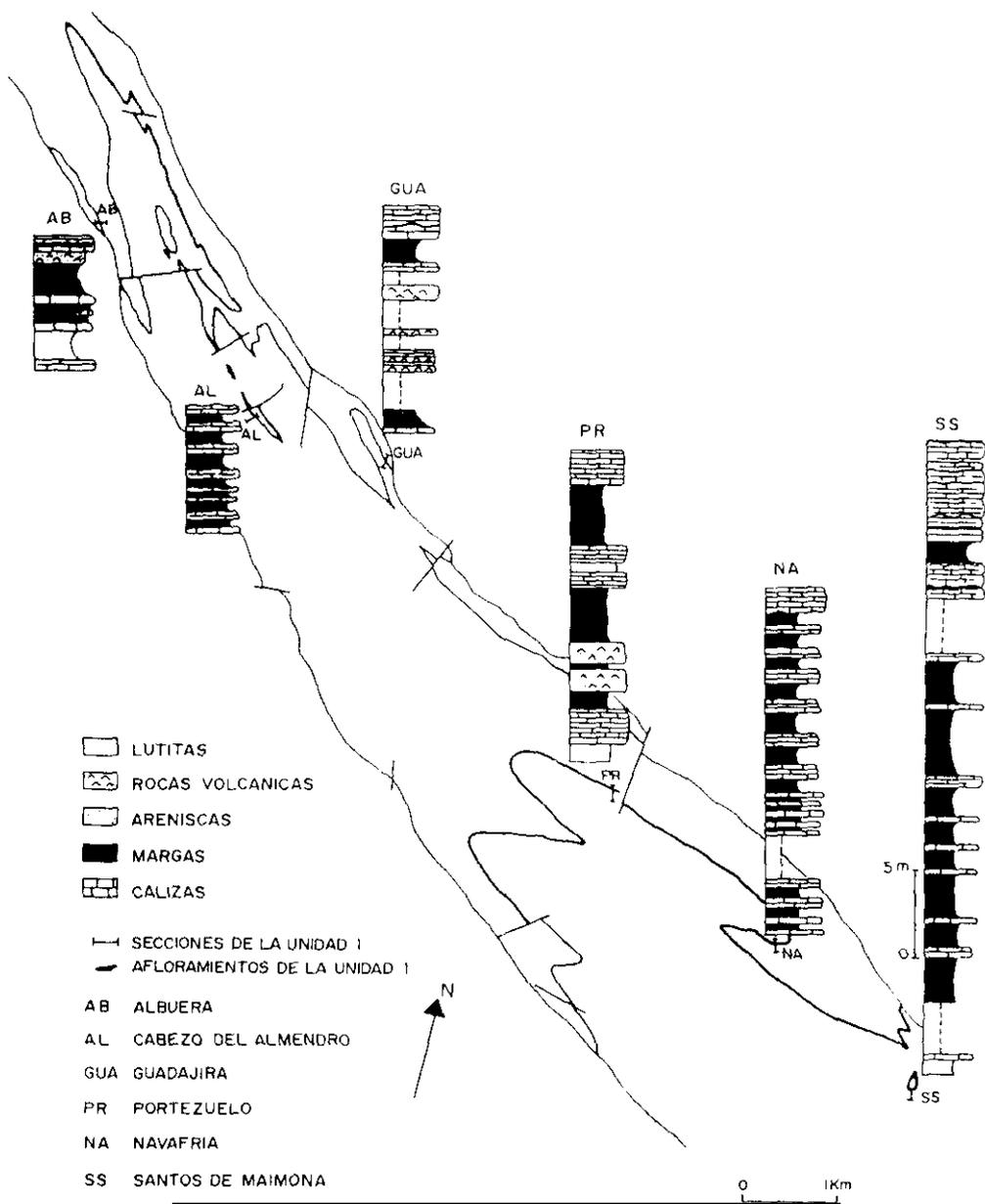


Figura 23.—Mapa de afloramientos de la Unidad 1, con representación de las secciones más características.

Figure 23.—Outcrops map of the Unit 1. Some representative stratigraphical sections are illustrated.

### *Asociaciones de facies: Secuencias deposicionales*

Como ya se ha indicado previamente, se pueden distinguir cinco asociaciones de facies a partir del contenido fósil y su distribución, fenómenos de reelaboración, variaciones litológicas, etc. Dos de ellas muestran evidencias de reelaboración y un medio deposicional de alta energía (figs. 24 A y D); las otras tres contienen fósiles bien preservados, muchos de ellos en posición de vida (figs. 24 B, C y E), y sugieren una alta precipitación de carbonatos en condiciones de energía moderada.

#### *Asociaciones de facies A y D: secuencias de llanura arrecifal con tormentas episódicas (fig. 24)*

Estas asociaciones muestran un término inferior margoso de 0,1 a 1,4 m de espesor, con gigantopodúctidos, rugosos coloniales y solitarios como componentes principales. Estos fósiles aparecen relacionados en tres asociaciones principales:

- a) Colonias faceloides (especialmente *Siphonodendron*, pero también syringopóridos), creciendo sobre un sustrato duro constituido por conchas de gigantopodúctidos.
- b) Colonias faceloides asociadas con corales solitarios grandes (generalmente Cyathópsidos), dispuestos sobre un sustrato duro constituido por conchas de gigantopodúctidos.
- c) Colonias faceloides y gigantopodúctidos creciendo sobre el techo de una secuencia precedente. En este caso, las conchas de gigantopodúctidos no constituyen el sustrato para el crecimiento de los corales.

En todos estos casos, los corales y braquiópodos no han sufrido ningún transporte. Estas facies son interpretadas como sedimentos de llanura arrecifal. La energía del medio era moderada y la producción de carbonato alta.

El término superior, de 0,1 a 0,8 m de espesor, es predominantemente bioclástico y comprende fragmentos de corales, braquiópodos, equinodermos, algas y gasterópodos. En ocasiones, los bioclastos muestran una orientación preferente y localmente puede observarse laminación paralela. No se han identificado otras estructuras deposicionales. En algunos puntos se localizan grandes colonias de corales rugosos volcadas (fig. 24 D). En conjunto, estas características implican condiciones energéticas elevadas. Estas facies han sido interpretadas como tormentas episódicas, responsables de un importante reabajamiento.

En algunos casos, se ha localizado un término intermedio compuesto por calizas biostromales. Los principales componentes son corales rugosos coloniales,

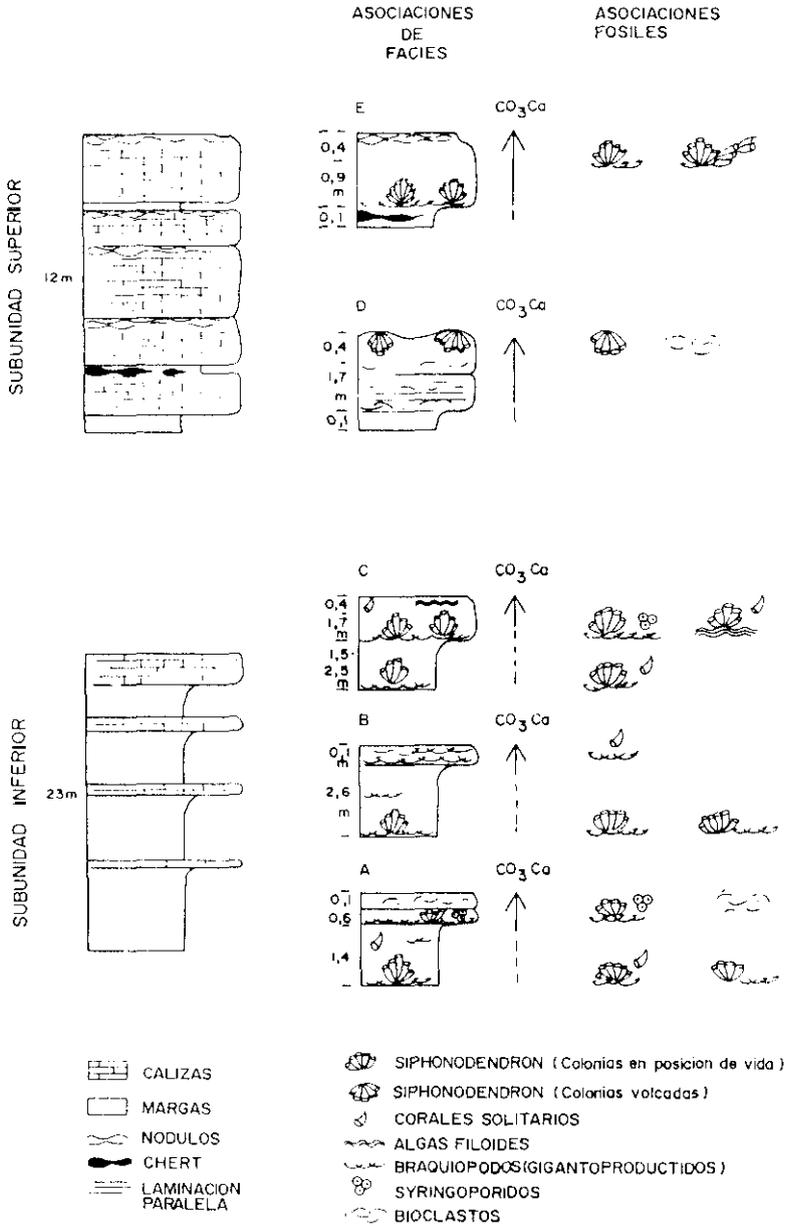


Figura 24.—Asociaciones de facies en la Unidad 1 (para la explicación ver texto).  
Figure 24.—Depositional sequences of the Unit 1 (see text for explanation).

syringopóridos y gigantoprodúctidos en posición de vida. Estas capas suelen ser finas y muestran una superficie superior erosionada. Probablemente representan parte del término superior de una secuencia de somerización de llanura arrecifal (asociaciones de facies B, C y E), cuyo desarrollo fue interrumpido por episodios de tormentas.

#### *Asociaciones de facies B, C y E: secuencias de llanura arrecifal (fig. 24)*

Muestran una capa inferior margosa, generalmente muy fosilífera, de 0,1 a 2,6 m de espesor. Los fósiles más frecuentes son corales rugosos coloniales y solitarios, y gigantoprodúctidos. Estos fósiles muestran la misma distribución y relaciones que en las asociaciones A y D, anteriormente descritas. En todos los casos, los corales coloniales están en posición de vida, generalmente creciendo sobre conchas de gigantoprodúctidos. En estas facies es dominante la micrita, que constituye la matriz, por lo que podemos inducir un medio de energía moderada.

Las capas superiores están constituidas por calizas biostromales, en las que los principales componentes biogénicos son colonias de *Siphonodendron*, gigantoprodúctidos, syringopóridos y algas filoides. Los principales constructores (colonias de *Siphonodendron*, y en menor medida syringopóridos) crecen sobre gigantoprodúctidos y algas filoides. Algunos corales solitarios con disepimentos (especialmente *Axophyllum*) se fijan a los gigantoprodúctidos y sirven de base para el crecimiento de las colonias de syringopóridos.

Estructuras de nodulización e impregnación por óxidos de hierro, que aparecen en algunos puntos a techo de los términos superiores, sugieren que estas facies podrían constituir secuencias de somerización semejantes a las descritas por JAMES (1979).

### **Procesos diagenéticos**

Los procesos diagenéticos que afectan a las calizas de *Siphonodendron* no parecen modificar drásticamente las características texturales de los sedimentos originales. No se observan fuertes recrystalizaciones o dolomitizaciones.

### **Procesos eogenéticos**

Los procesos identificados más notables incluyen la micritización de algunos bioclastos (gasterópodos...), perforaciones endolíticas, rellenos geopetales y disolución de los componentes biogénicos.

La porosidad primaria (intrapartículas) en ocasiones muestra un cemento temprano que evitó el colapso de los bioclastos durante la compactación mecánica.

La presencia de óxidos de hierro y de estructuras de nodularización en las zonas próximas al techo de algunas secuencias de somerización sugiere episodios de exposición subaérea, que serían más frecuentes en las secciones septentrionales.

### **Procesos mesogenéticos**

La mayoría de los cambios que afectan a los sedimentos se deben a procesos de compactación química y mecánica. Los grandes bioclastos presentes en capas grano-soportadas están deformados y rotos. Posteriormente, durante la fase de enterramiento se produce una importante serie de procesos de compactación química, como indican los contactos suturados entre los granos y las juntas estilolíticas con material insoluble que a veces produce nodulización.

Otros productos de esta fase de la diagénesis son cementos intra- e interpartículas con textura en mosaico posterior a la compactación.

### **Procesos telogenéticos**

Durante la fase posterior al enterramiento se han producido también procesos de disolución, con formación de porosidad secundaria. Esta porosidad fue posteriormente rellena por cemento fibroso y en mosaico. Esta fase está también caracterizada por cementos que rellenan una red de venas de origen tectónico posteriores a los demás procesos diagenéticos descritos.

### **Silicificación**

La mayoría de las capas de la caliza de *Siphonodendron* están afectados por procesos de silicificación (reemplazamiento y cementación).

El reemplazamiento afecta a todo tipo de bioclastos. El cemento rellena poros intrapartículas, vacuolas y fracturas. Predominan las texturas en mosaico (megacuarzo) y fibrosa radial. También se observan ocasionalmente lentejones de hasta 4 cm de espesor y 15 cm de longitud.

La silicificación se produjo probablemente en las dos fases siguientes de la historia diagenética: 1) silicificación temprana selectiva de bioclastos, posterior-

mente afectados por cementos calcíticos, deformación y fracturación, 2) relleno telogenético silíceo de vacuolas y fracturas.

El origen de la sílice en la fase temprana pudo estar relacionado con el vulcanismo contemporáneo, especialmente en la zona septentrional del área estudiada.

### Comparación con otras secciones

El espesor del conjunto de la Unidad, así como el de los tramos margosos, disminuye hacia el noroeste. Sin embargo, las secuencias y las asociaciones de facies son similares en todas las secciones. Las principales diferencias pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Materiales volcanoclásticos aparecen con frecuencia hacia el norte. En la sección del río Guadajira representan casi el 50 % del espesor total de la Unidad. Un kilómetro al nordeste de esta localidad, la Unidad está constituida en su totalidad por materiales volcánicos, incluyendo lavas basálticas. En otras secciones, próximas al borde nordeste de la cuenca (Los Linares y Albuera), destaca la reducción de los niveles carbonatados en favor de materiales volcanoclásticos.
- Las secuencias descritas son generalmente menos potentes hacia el noroeste. La altura de las colonias de *Siphonodendron*, que puede llegar a ser de 1 m en Los Santos, alcanza tan solo de 10 cm a 15 cm en El Almendro, donde además son menos abundantes.
- Los bioconstructores secundarios, tales como briozoos, son más abundantes hacia el noroeste, llegando a ser los componentes principales en algunas capas de las secciones de El Almendro y Albuera. Los organismos no constructores (gasterópodos, trilobites, bivalvos, rugosos solitarios, etc.) son más frecuentes también en secciones alejadas del borde sur de la cuenca. Son abundantes en El Portezuelo, Guadajira y El Almendro.
- En las secciones del río Guadajira y El Almendro, los principales bioconstructores pueden disponerse sobre concentraciones de corales solitarios alternativamente a los gigantoproductidos.
- Las capas bioclásticas son proporcionalmente más importantes en las secciones situadas al norte, pero los restos bioclásticos suelen ser de menor tamaño. Sólo en la sección de Los Santos, y en menor medida en la sección de Navafría se observan grandes colonias volcadas. Incluso en la segunda sección indicada, predominan los restos fragmentarios de colonias en las capas de tormentas.

## Componentes biogénicos

### *Principales bioconstructores*

Las capas biostromales de la Unidad 1 muestran un contenido fósil muy diverso. Sin embargo, los principales bioconstructores son unas pocas especies de corales rugosos, y gigantoprodúctidos, que constituyen más del 80 % de la estructura rígida en las bioconstrucciones.

**Rugosos.**—Corales rugosos del género *Siphonodendron* son los componentes principales de las capas biostromales. Están presentes en todas las localidades estudiadas y son particularmente abundantes en las localidades de Los Santos y Navafría. Las colonias muestran una morfología ramificada muy abierta y se conservan tanto en posición de vida como volcadas y fragmentarias, según las capas en que se encuentran. En la sección de Los Santos llegan a alcanzar 1 m de altura y hasta 1 m de diámetro en las capas margosas inferiores. En los niveles calizos llegan a tener 40 cm de altura y localmente hasta 1 m de diámetro. Algunas colonias observadas en Navafría, que crecen notablemente en direcciones laterales formando «microatolones», alcanzan más de 2 metros de diámetro por tan sólo unos 40 cm de altura. En las localidades situadas más al norte las colonias no suelen sobrepasar 10 ó 15 cm de altura y 30 ó 40 cm de diámetro.

La especie más frecuente en las bioconstrucciones es *Siphonodendron martini*, pero también *Siphonodendron irregulare* está presente en todas las secciones, y en algunos casos en proporciones semejantes a ella.

Una característica notable de las colonias de *Siphonodendron* en Los Santos y Navafría es que en cada secuencia biostromal alcanzan un nivel superior uniforme, que en ocasiones puede seguirse centenas de metros.

**Braquiópodos.**—Grandes Gigantoprodúctidos, con morfologías marcadamente cóncavo-convexas, aparecen en casi todas las capas de la Unidad 1, representando uno de sus rasgos más característicos. Están fijos al sustrato y constituyen una base firme para el crecimiento de las colonias de coral. Apparentemente la mayor parte de estos braquiópodos se fijaron al fondo cementándose al sustrato. Estos gigantoprodúctidos son relativamente poco variados, dominando claramente ejemplares asignables al género *Gigantoproductus*.

### *Bioconstructores secundarios*

En los biostromos de la Unidad se identifican diversos bioconstructores que, aunque no son componentes mayores de la estructura, participaron en la misma, ya sea creciendo entre los componentes mayores, ya sea sustituyéndolos cuando

no podían desarrollarse. Otros organismos colaboraron en la construcción atrayendo sedimentos que dieron consistencia al conjunto.

**Rugosos.**—Si exceptuamos las colonias de *Siphonodendron*, son muy escasas las especies de corales rugosos coloniales que participaron en la bioconstrucción. Entre ellos cabe destacar la identificación de algunos ejemplares de *Solenodendron* presentes en las capas superiores en la localidad de El Almendro. Generalmente sólo se les ha encontrado como fragmentos dispersos en los niveles bioclásticos.

**Tabulados.**—Colonias de syringopóridos aparecen con frecuencia en numerosas secciones, pero nunca son abundantes, por lo que se puede suponer que no jugaron un papel importante en las bioconstrucciones. Tienen hábito ramificado erecto y alcanzan dimensiones similares a las de las colonias medias de los rugosos. Como éstos, crecen sobre grandes braquiópodos, pero con frecuencia también crecen rodeando a rugosos solitarios.

Algunas colonias de Michelínidos han sido identificadas en los niveles margosos del Cerro de Los Santos. Son escasas y de pequeño tamaño, ya que no suelen sobrepasar 5 cm de diámetro.

**Briozoos.**—Los briozoos son frecuentes en todas las secciones donde se ha estudiado la Unidad. Se pueden distinguir tres tipos básicos:

- a) Briozoos fistulipóridos, con hábito encostrante. Su distribución no muestra unas pautas regulares y su abundancia varía mucho de capa a capa y de una localidad a otra. Son algo menos frecuentes en las localidades del centro de la cuenca (Portezuelo, Guadajira), que en las localidades con mayor porcentaje de bioconstrucciones (Navafría, Los Santos). Suelen cubrir conchas de otros organismos y adosarse a grandes braquiópodos o a corales coloniales.
- b) Fenestélidos ramosos. Son muy delicados y generalmente están fragmentados. Son frecuentes en niveles margosos y en calizas de la zona central y septentrional (El Almendro, Albuera, Guadajira), pero más bien escasos en los niveles calizos superiores de la zona sur (Los Santos).
- c) Briozoos ramosos erectos. Se encuentran preferentemente en las áreas septentrionales (El Almendro, Guadajira), donde son frecuentes bioconstructores en los niveles superiores. En capas donde las secuencias alcanzan solo unos centímetros y no se desarrollan corales rugosos, pueden llegar a ser dominantes. En los niveles donde las colonias de rugosos crecen muy separadas ocupan algunos huecos entre ellas.

**Algas.**—Varios tipos de algas juegan un papel secundario en las bioconstrucciones. Algunas de ellas se distribuyen con pautas semejantes a las de los briozoos.

Las Ungdarelláceas son frecuentes en todas las secciones, especialmente en

las capas inferiores de la Unidad. En algunas capas de El Almendro y de Navafría representan un constituyente principal de algunas capas de pequeño espesor. Presentan un hábito ramificado. Aunque presentes, son escasas en los niveles superiores calizos de la zona sur.

Algas Solenoporáceas se encuentran con frecuencia en los niveles margosos inferiores del área sur (Navafría, Los Santos). De hábito ramoso, suelen ocupar los huecos existentes entre las colonias de rugosos o constituir el elemento fundamental de capas biostrómicadas de poco espesor. Su estructura interna está con frecuencia recristalizada, de forma que su característica estructura celular sólo es visible localmente.

Diversos tipos de cyanophytas aparecen en varias localidades. Micritizaciones periféricas de los bioclastos producidas por cyanophytas se encuentran en todas las localidades.

### **Elementos accesorios de las capas biostromales**

Además de los organismos constructores presentes en los distintos niveles de la Unidad 1, se han identificado numerosos restos de otros componentes del ecosistema de la llanura arrecifal, que usaron los nichos ecológicos producidos por la estructura y que contribuyeron a la producción de sedimentos. Parte de ellos se conservan en buen estado y más o menos completos. La mayoría, sin embargo, son solo reconocibles en lámina delgada, como fragmentos constituyentes del sedimento.

**Rugosos.**—Corales rugosos solitarios aparecen tanto en los niveles margosos como en los calizos. Son frecuentes y sirven como base para el crecimiento de tabulados y rugosos coloniales en algunas de las secciones estudiadas (Los Santos, Portezuelo, Guadajira, El Almendro). La mayoría de estos rugosos solitarios tienen diseipimentos y pertenecen a las familias Axophyllidae y Cyathopsidae, pero también se han identificado algunos corales rugosos sin diseipimentos en los niveles margosos del cerro de Los Santos.

**Moluscos.**—Los moluscos son frecuentes en toda la Unidad, pero su distribución no es homogénea. No hemos encontrado cefalópodos, pero gasterópodos y bivalvos son comunes.

Los gasterópodos son los moluscos más frecuentes en la Unidad. En las secciones meridionales son escasos, pero en las septentrionales son frecuentes y en algunas capas de El Almendro llegan a ser abundantes. Se han reconocido gasterópodos de diversas morfologías y tamaños. Son notables en la roca las secciones de gasterópodos troquiformes de hasta 5 cm de longitud, pero también son frecuentes microgasterópodos sólo reconocibles en lámina delgada, que apenas alcanzan 2 ó 3 mm de tamaño.

Por el contrario, los bivalvos aparecen más frecuentemente en las secciones meridionales (Los Santos), y en general en forma de fragmentos que sólo se reconocen en lámina delgada.

Tanto unos como otros vivieron probablemente en el fondo limoso alrededor de las colonias de corales y en las cavidades alrededor de ellas.

**Braquiópodos.**—Aparte de los gigantoprodúctidos, algunos otros braquiópodos juegan un papel accesorio en las bioconstrucciones. Algunos espiriferáceos han sido identificados en los niveles margosos de Los Santos. Asimismo, numerosos restos de braquiópodos puntuados e impuntuados han sido reconocido en láminas delgadas de todas las secciones. Aunque en algunos casos se trata de braquiópodos enteros, la variedad de formas y estructuras de la concha, observadas en lámina delgada, permite deducir que la asociación de braquiópodos de esta Unidad fue mucho más variada y compleja que la que se puede deducir de los ejemplares encontrados enteros.

**Equinodermos.**—Las placas de equinodermos son frecuentes en toda la Unidad, aunque no se ha encontrado ni un solo ejemplar entero. Son comunes en el norte y su frecuencia disminuye hacia el sur. Se identifican tanto placas de crinoideos como de equinoideos.

**Poríferos.**—Aunque se han localizado algunas esponjas completas, son muy escasas en toda la Unidad y sólo aparecen en los niveles margosos. Por el contrario, las espículas son abundantes en todas las localidades. Se conservan tanto como moldes de calcita espática, como espículas calcáreas bien conservadas. Muy probablemente coexistieron esponjas calcáreas y silíceas.

**Trilobites.**—La distribución de los trilobites presenta una pauta muy definida: son escasos en el sur, pero su abundancia aumenta hacia el norte, y en localidades como El Almendro llegan a ser abundantes. Se encuentran sólo en niveles calizos y no son clasificables.

**Ostrácodos.**—Tanto ostrácodos lisos como ornamentados son comunes en toda la Unidad. Ejemplares articulados aparecen más frecuentemente hacia el norte. Valvas desarticuladas pueden encontrarse en todas las localidades. En algunos niveles margosos de Los Santos llegan a ser muy abundantes, siendo el principal constituyente de algunas capas. Por el contrario, son escasos en los niveles superiores calizos de la misma sección.

**Foraminíferos.**—Endothyridos y Archaediscidos son frecuentes en las localidades septentrionales (El Almendro, Albuera). Su número decrece hacia el sur, siendo raros en Los Santos. Por el contrario, los tetratáxidos, que suelen estar fijados a corales coloniales, algas calcáreas y placas de equinodermos, se encuentran en todas las secciones, aunque no llegan a ser nunca numerosos.

**Peces.**—Algunos restos de peces han sido identificados en dos localidades.

En Los Santos se ha localizado una placa dental de *Bradyodonto* (SOLER-GUJON y RODRIGUEZ, 1991). En el Almendro se han reconocido varias escamas de peces en niveles calizos de la parte superior.

### *Componentes de las capas de tormentas*

Los componentes de las capas bioclásticas son básicamente los mismos que los de los niveles biostrómicos. Sin embargo, su abundancia es muy variable. Fragmentos de los principales bioconstructores de los biostromos son también los componentes más abundantes de estos niveles. En ocasiones se encuentran grandes colonias de *Siphonodendron* volcadas, pero enteras o casi enteras, en la localidad de Los Santos. En Navafría, algo más al norte, hay grandes fragmentos de colonias, pero éstas muestran ya señales de un notable transporte. Más al norte sólo se encuentran pequeños fragmentos de las colonias. Las capas de tormentas suelen tener menor desarrollo también en secciones como Guadajira, El Almendro o Albuera.

La proporción de algas, braquiópodos, corales coloniales y placas de crinoides es más alta en estas capas de tormentas. Componentes menores tales como moluscos, ostrácodos, corales solitarios, etc. son escasos en ellas, por lo que puede deducirse que eran también más escasos en las zonas más externas de la llanura arrecifal.

### **Interpretación**

La caliza de *Siphonodendron* representa la llanura arrecifal y zonas más interiores de un arrecife franjeante, con el mar abierto hacia el sur y el continente hacia el norte. Esta interpretación se basa en los siguientes hechos:

- La facies más frecuente es la constituida por calizas biostromales. Estos biostromos están compuestos básicamente por corales fasciculados (rugosos y tabulados) que alcanzan el mismo nivel de crecimiento en cada capa. En muchos casos las colonias tienen una característica morfología de microatolón.
- Los sedimentos alrededor de las colonias son calcarenitas bioclásticas (*packstones* y *wackestones*), con gran cantidad de limo micrítico, pero con escaso o nulo cemento esparítico primario.
- Los organismos bioconstructores principales disminuyen hacia el noroeste, donde la proporción de bioconstructores accesorios y organismos no constructores aumenta.

- El espesor de la Unidad en general, y el de cada secuencia en particular, disminuye hacia el norte.
- En toda el área estudiada se identifican capas de tormentas. El tamaño de los clastos en las mismas es mayor hacia el sur, donde se localizan incluso grandes colonias enteras volcadas, pero la abundancia proporcional de estos niveles es mayor hacia el norte.

La llanura arrecifal se desarrolló sobre materiales terrígenos que se depositaron en la Cuenca de Los Santos durante el Viseense medio. La sedimentación calcárea se produjo sólo en una fase terminal del relleno de la cuenca, cuando la profundidad fue suficientemente pequeña, y los aportes de terrígenos lo bastante escasos para permitir el desarrollo de organismos constructores.

La profundidad fue suficiente al principio para que los corales faceloides alcanzaran alturas de hasta 1 m. Cuando los corales alcanzaron el nivel medio de las mareas bajas, el crecimiento vertical fue sustituido por crecimiento lateral, con la consiguiente extensión de la llanura arrecifal. Sin embargo, los pulsos subsidentes que produjeron la formación de la cuenca seguían produciéndose y permitieron el desarrollo renovado de capas biostromales sucesivas. Después de cada pulso subsidente comenzaba de nuevo el crecimiento de los organismos bioconstructores, hasta alcanzar el nivel medio de las mareas bajas. Este crecimiento se producía en dos fases, coincidentes con los dos primeros estadios de desarrollo de un arrecife según JAMES (1979, 1983):

1. Fase de estabilización. Comienza con la sedimentación de finos niveles de detritos bioclásticos (*packstone*). En estos niveles se encuentran restos de pelmatozoos, corales solitarios, braquiópodos y ostrácodos, mezclados con algas rojas (generalmente *Ungdarellaceas*) y *Cyanophytas*. Esta fase termina cuando grandes gigantoprodúctidos comienzan a cementarse al sustrato y empieza la fase de colonización. Los braquiópodos proporcionan un sustrato rígido, apto para el desarrollo de los corales coloniales.
2. Fase de colonización. Comienza con el desarrollo de colonias de *Siphonodendron* sobre los gigantoprodúctidos. Algunas otras formas ramificadas (rugosos fasciculados, syringopóridos, briozoos, solenoporáceas) contribuyen también a la bioconstrucción. Algunos de ellos llegan a ser parte importante de la misma en puntos donde la profundidad no es suficiente para el desarrollo efectivo de las colonias de *Siphonodendron*. Estas formas ramosas producen microambientes locales favorables para el desarrollo de poríferos, corales solitarios, gasterópodos, trilobites, etc. Con cierta frecuencia se produjeron tormentas de excepcional violencia, que afectaron a la llanura arrecifal antes de que la

bioconstrucción adquiriese una consistencia definitiva. El resultado son capas compuestas por bioclastos, que contienen en la zona más próxima al borde de la llanura arrecifal algunas colonias volcadas casi enteras.

La fase de diversificación no llegó a desarrollarse a causa de la limitación de crecimiento del nivel medio de las mareas bajas. Aunque las asociaciones de organismos son muy variadas, los principales bioconstructores son unas pocas especies. Evidencias de exposición subaérea son notables a techo de muchas de las secuencias en todas las secciones estudiadas, y son interpretadas como momentos de mareas excepcionalmente bajas, descensos temporales del nivel del mar, o simplemente, la conclusión de las secuencias de somerización por colmatación, antes de que se produzca un nuevo pulso subsidente.

La cresta arrecifal que suele encontrarse protegiendo a la llanura arrecifal no ha sido localizada. De hecho no hay afloramientos más meridionales de esta Unidad que los del cerro de Los Santos. Se pueden considerar dos hipótesis para explicar este hecho:

1. La cresta del arrecife ha sido totalmente erosionada por erosión reciente. Sin embargo, tal cresta debería ser más resistente a la erosión que la propia llanura arrecifal, que está excelentemente conservada.
2. Una auténtica cresta arrecifal no llegó a existir. La llanura arrecifal podría haber terminado con un pequeño talud frontal. El relieve de las capas bioconstruidas no es muy importante, y dicho talud podría ser tan sólo de algunos metros. Esta posibilidad concuerda con el modelo descrito por CLOUD (1952, figura 1A) para arrecifes franjeantes con ligera subsidencia. La ausencia de formas bioconstruidas masivas puede estar justificado por un moderado nivel de energía (con la excepción de las tormentas más o menos periódicas). Un hecho apoya esta hipótesis; no se han encontrado colonias masivas en las capas biostromales, pero tampoco en las capas de tormentas, en las que es de esperar el hallazgo de fragmentos de los organismos que constituyen la cresta arrecifal. Esta hipótesis, aunque la más probable no está confirmada, ya que todas las evidencias son de tipo negativo (ausencia de cresta arrecifal, ausencia de fragmentos de la misma en las capas de tormenta, etc.).

Por otra parte, el modelo propuesto no es totalmente hipotético. En el este de Australia existen actualmente arrecifes franjeantes con características similares, sin una auténtica cresta arrecifal, con niveles de tormentas acumulados en la llanura arrecifal, y con un talud muy reducido, a veces tan sólo dos o tres metros. El único carácter no presente en ejemplos actuales es la gran extensión, más de 10 km, del ejemplo descrito.

Generalmente, solo estructuras biohermales se interpretan como auténticos

arrecifes en el registro fósil. Sin embargo, el origen arrecifal de los niveles biostrómicos de esta Unidad está basado en numerosas evidencias. De hecho, la diferencia entre biohermos y biostromos es relativa, como LINK (1950, p. 263) señaló: «Y así cualquier biostromo puede ser considerado como una forma lenticular, aunque tenga sólo dos pies de espesor y 100 millas o más de extensión». En nuestro caso la situación no es tan extrema, con 35 m de espesor en Los Santos, y menos de 10 m 10 km más al norte. Este caso ilustra la necesidad de revisar la aplicación de determinadas concepciones, válidas en términos generales, pero con importantes excepciones.

## **UNIDAD 2**

Esta Unidad es equivalente a la parte superior del tramo II descrita por VALENZUELA *et al.* (1990). Está representada en las secciones de La Rivera del Robledillo, Portezuelo, Cabezo del Almendro, Navafría, Los Linares y El Salamanca Chico. En las dos primeras secciones aparece la Unidad mejor desarrollada, mientras que en la sección de Navafría la Unidad queda representada únicamente por un tramo lutítico semicubierto. La potencia máxima medida para esta Unidad es de 110 m en El Portezuelo, disminuyendo hacia el sur hasta Navafría (85 m) y hacia el norte hasta Cabezo del Almendro (50 m) (fig. 25).

### **Características sedimentológicas**

Litológicamente es una Unidad muy variada, estando constituida por vulcanitas, depósitos volcanoclásticos, areniscas, lutitas y calizas. Se ha tomado la sección de La Rivera del Robledillo como representativa de la Unidad 2, debido a la calidad del afloramiento en relación a otras secciones, aunque en ella aflora únicamente la mitad superior de esta Unidad. En esta sección podemos distinguir los tres tramos que a continuación se describen.

*Tramo 1.* Tiene una potencia de 2 m. Representa los materiales de la base de la Unidad y son: vulcanitas, conglomerados volcanoclásticos y lutitas pizarrosas negras, que se relacionan en dos asociaciones de facies 2.A y 2.B (fig. 27). La asociación 2.A tiene una potencia de 1 m y está constituida por un término inferior que corresponde a un conglomerado volcanoclástico con fragmentos de bioclastos (crinoides, corales solitarios...) y granoclasificación positiva. De manera gradual este término pasa a lutitas negras pizarrosas, dentro de las cuales no se han reconocido componentes deposicionales, si bien muestran laminación paralela. La asociación 2.B tiene una potencia de 1 m y está constituida por un término

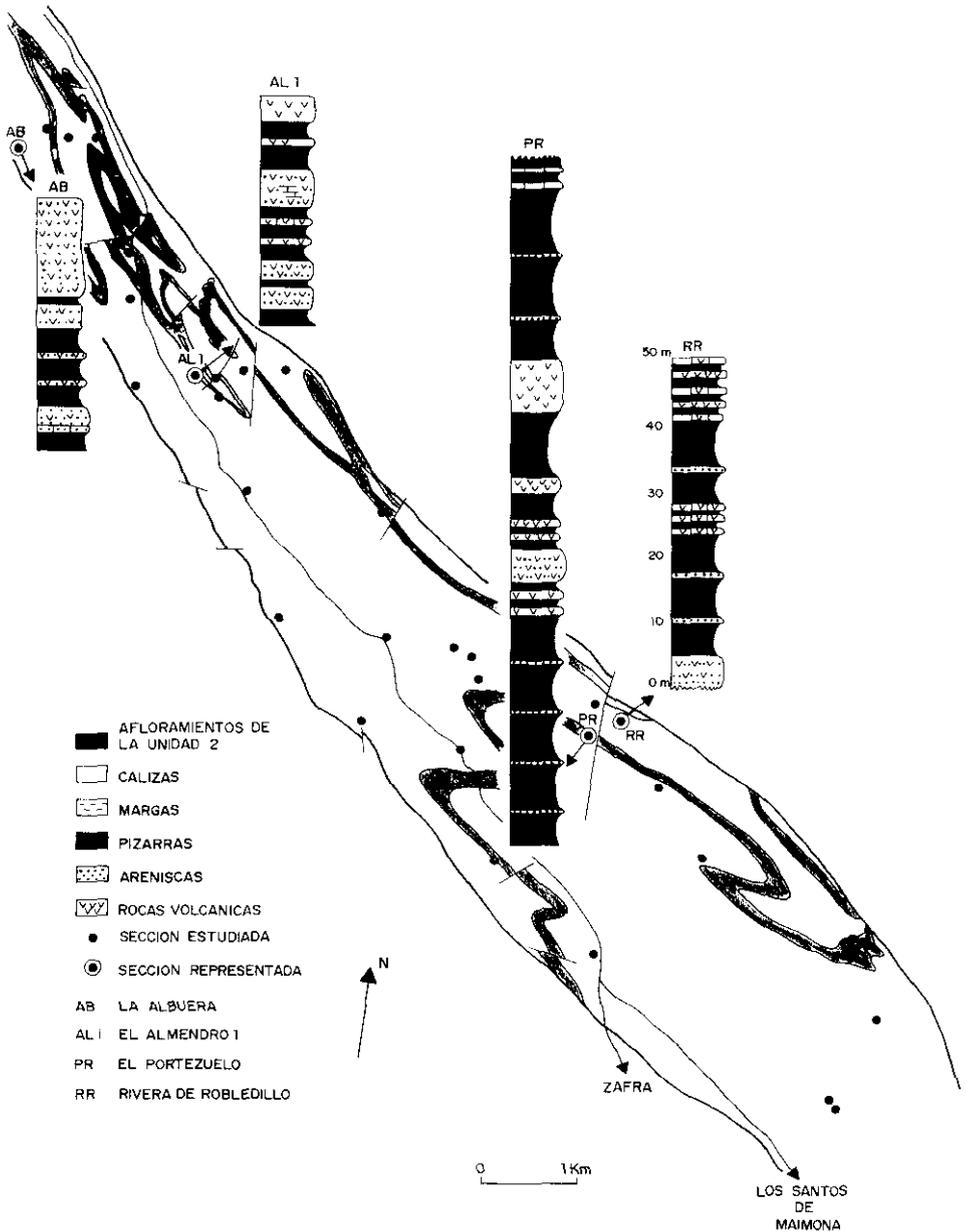


Figura 25.—Mapa de afloramientos de la Unidad 2, con representación de las secciones más características.

Figure 25.—Outcrops map of the Unit 2. Some representative stratigraphical sections are illustrated.

inferior de depósitos volcánicos masivos (vulcanitas), correspondientes a posibles coladas volcánicas, y un término superior de lutitas pizarrosas negras con laminación paralela.



Figura 26.—Leyenda de las figuras 27, 29, 31, 32 y 34.

Figure 26.—Legend for the figures 27, 29, 31, 32 and 34.

**Tramo 2.** Presenta una potencia de 25 m. Está constituido por un subtramo semicubierto de 20 m, donde de manera local se observan lutitas pizarrosas negras con intercalaciones de pequeñas capas de areniscas de 10 cm de potencia. Los niveles pizarrosos corresponden a lutitas alcuríticas con laminación de *ripples* y presentan, de forma local, nódulos de hierro. La parte superior del tramo 2 está constituido por 5 m de calizas azoicas intercaladas con lutitas pizarrosas negras. Ambas litologías se relacionan en la asociación de facies 2.C.

**Tramo 3.** Tiene una potencia aproximada de 23 m. La mitad inferior de este tramo está cubierto (12 m) y la mitad superior está constituida por una alternancia de areniscas, margas y calizas, que se ordenan en dos tipos de asociaciones de facies: 2.D y 2.E. La asociación 2.D tiene potencias métricas y presenta un término inferior de calizas masivas y margas. En las calizas son frecuentes granos de procedencia volcánica (fragmentos de roca, cuarzos, plagioclasas y granates). El término superior está constituido por areniscas en capas de espesor variable, entre 10 cm y 70 cm, y se ordenan en una secuencia de tipo «*thickening upwards*». Dentro de las areniscas se observa laminación paralela y *ripples*, estos a techo de las capas. Además se han observado restos vegetales en los planos de estratificación. La asociación 2.E presenta potencias métricas y está constituida por un término

## SECCION RIVERA DEL ROBLEDILLO

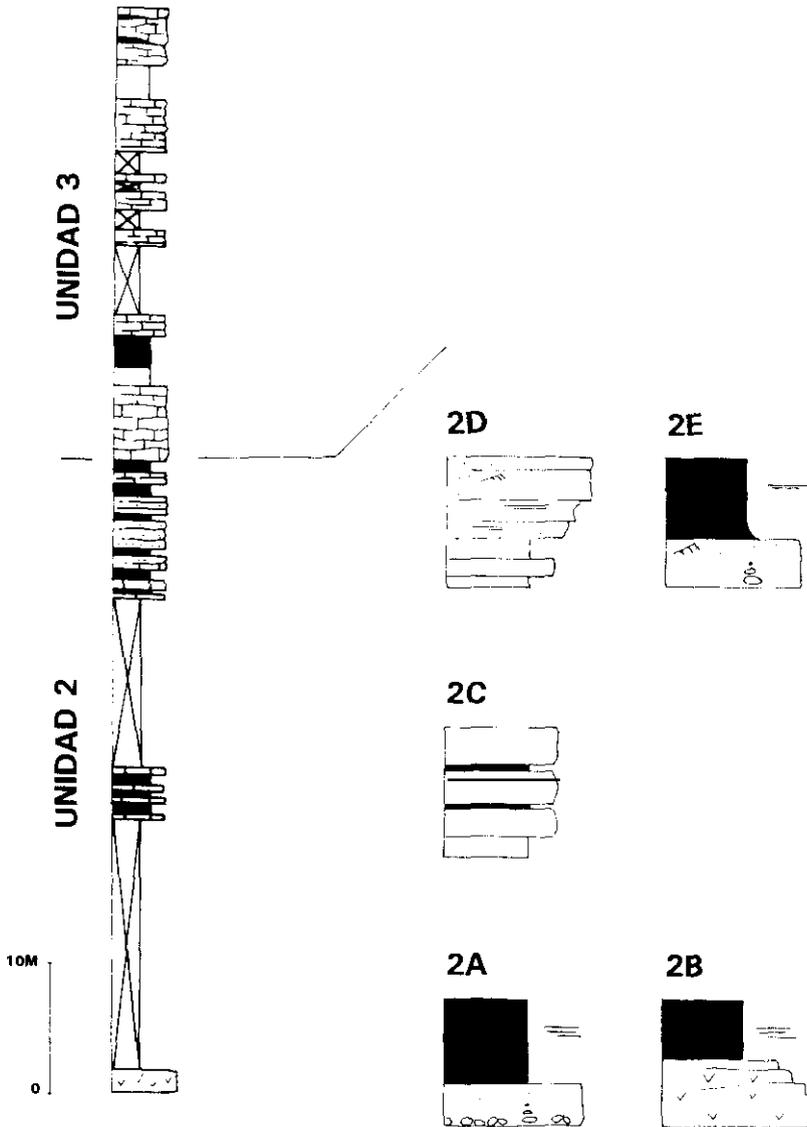


Figura 27.—Asociaciones de facies en la Unidad 2 (para la explicación, ver el texto).  
 Figure 27.—Depositional sequences of the Unit 2 (see text for explanation).

inferior de capas de areniscas con *ripples* a techo y granoclasificación positiva, y un término superior de lutitas margosas pizarrosas.

Los procesos diagenéticos observados corresponden fundamentalmente a procesos de compactación química con desarrollo de estilolitos que originan estructuras nodulosas. Los cementos son de calcita con textura en mosaico y en ocasiones están asociados a una generación posterior de cemento de cuarzo también en mosaico. Los procesos de silicificación se traducen asimismo en reemplazamientos de bioclastos y formación de pequeños nódulos de textura fibroso-radial. Cortando a todos estos procesos diagenéticos existe una red de fracturas de origen tectónico rellenas por cemento de calcita en mosaico.

Esta Unidad, salvo los niveles volcanoclásticos, aflora bastante mal, por lo que no es posible comparar en detalle las variaciones litológicas en cada sección. Su mayor potencia se presenta en la zona sur. La sección más completa es la del Portezuelo, donde el primero de los tramos descritos, en el que predominan los materiales volcanoclásticos, puede alcanzar más de 60 m de espesor. En secciones situadas más al norte puede llegar a presentar tan sólo 30 m de espesor, y los materiales volcanoclásticos representan más del 80 % del total del tramo. El contenido paleontológico disminuye también hacia el norte, y en secciones como el Salamanca Chico sólo se observan algunos restos de plantas.

### **Componentes biogénicos**

Los restos fósiles son relativamente escasos en esta Unidad. Todos son fragmentarios y están incluidos en niveles clásticos, ya sean carbonatados, siliciclásticos o volcanoclásticos. Los componentes principales son corales coloniales y solitarios, crinoides y braquiópodos, que son identificables como macrofauna fragmentaria contenida en los niveles volcanoclásticos y en los calizos. En éstos últimos se identifican también en lámina delgada briozoos, algas, ostrácodos y foraminíferos.

En algunos niveles arenosos se identifican también algunos restos de plantas flotados y mal conservados.

### **Interpretación**

En general la Unidad 2 se caracteriza por la presencia de materiales volcánicos y volcanoclásticos, entre los que se intercalan areniscas, pizarras y calizas. Representa el relleno inicial de la cuenca en un momento de reactivación del relieve de la misma, tras la colmatación que indica la Unidad 1. Esta reactivación

coincide con un máximo desarrollo del vulcanismo, que tan sólo en la Unidad 0 presenta un volumen semejante.

### UNIDAD 3

La Unidad 3 aparece en determinados puntos de la cuenca, quedando restringida a sus bordes. Esta Unidad está representada en las secciones de La Peraleda, La Alameda, Rivera de Robledillo, Cerro Almeña, Sierra del Aguila, Navafría y Sierra Cabrera (fig. 28). Presenta una potencia máxima de 60 m.

#### Características sedimentológicas

Es una Unidad fundamentalmente carbonatada y sus mejores afloramientos están representados en los cortes de La Rivera del Robledillo y Cerro Almeña. En la sección estratigráfica de La Rivera del Robledillo la Unidad 3 se divide en dos tramos, inferior y superior, que a continuación se describen (fig. 29).

*El tramo 1* tiene una potencia de 12 m aproximadamente y está constituido por una alternancia de calizas, margas y lutitas margosas pizarrosas, que se disponen en dos asociaciones de facies: 3.A y 3.B. La asociación 3.A representa la parte inferior del tramo y está formada por un término inferior de lutitas margosas pizarrosas y un término superior de calizas bioclásticas (calcarenitas) masivas de 5 m de potencia. Las calizas corresponden a *grainstones-packstones* de foraminíferos y algas y presentan una base alabeada (erosiva?). En el interior de este término se han observado varios niveles separados por superficies onduladas. La asociación 3.B está constituida por un término inferior de margas y lutitas margosas pizarrosas con laminación de *ripples* y un término superior de calizas laminadas, *grainstones-packstones* de foraminíferos y algas. Esta asociación se repite a lo largo de 5 m en la parte superior del tramo.

*El tramo 2*, parcialmente cubierto, tiene 22 m de potencia y está formado por niveles de calizas bioclásticas (calcarenitas) que corresponden a *grainstones-packstones*. Las calizas son masivas y pueden presentar el techo alabeado o ligeramente convexo, dando en ocasiones una morfología lenticular. Este término carbonatado puede llegar a estar constituido por más de un nivel con superficies de separación onduladas. Dentro de las calizas y a techo de las mismas se han observado porosidad lenticular y superficies rubefactadas. En el Cerro Almeña este tramo presenta intercalaciones de capas finas de areniscas con laminación paralela y de *ripples* a techo, dentro de los términos carbonatados.

En ambos tramos la presencia, tanto de fragmentos de roca volcánicos como

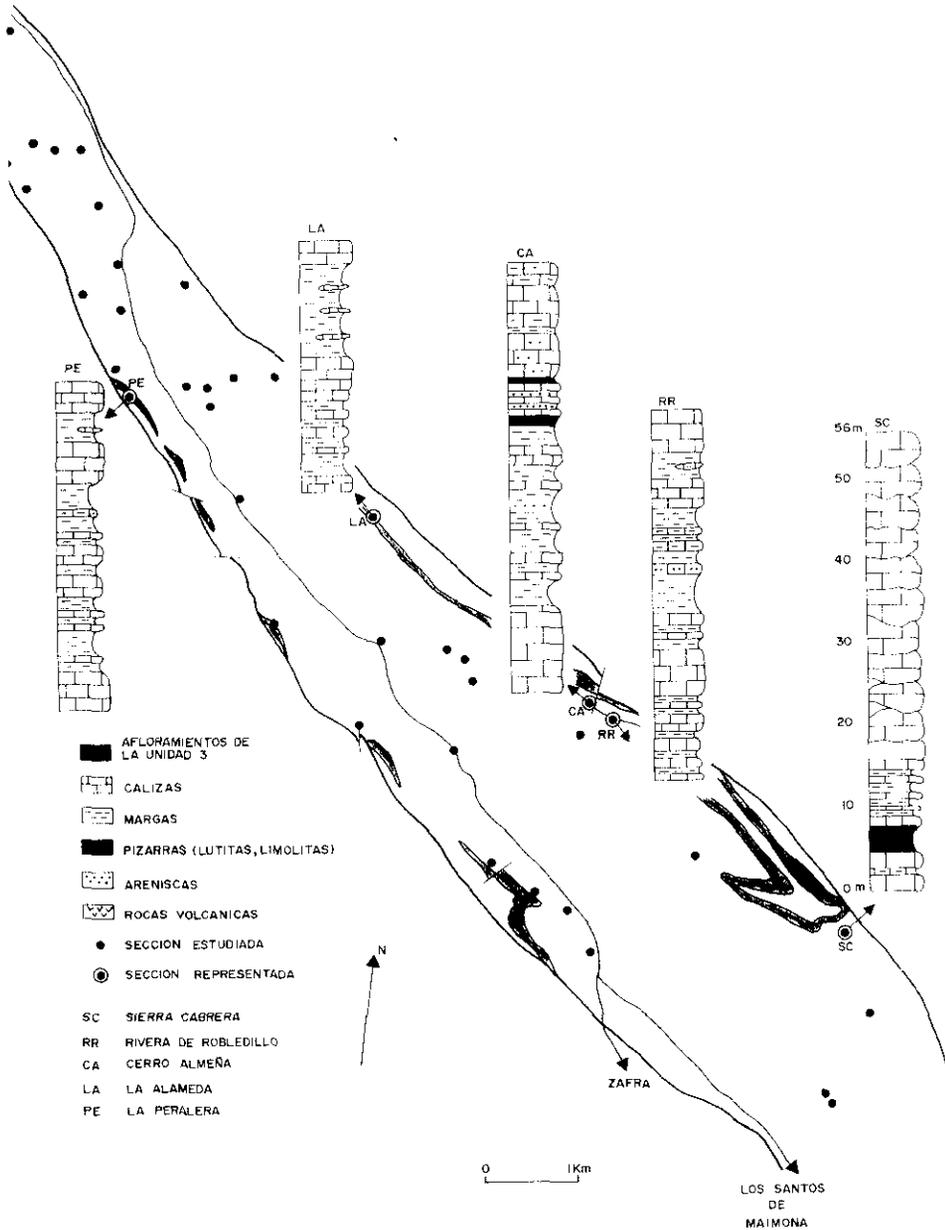


Figura 28.—Mapa de afloramientos de la Unidad 3, con representación de las secciones más características.

Figure 28.—Outcrops map of the Unit 3. Some representative stratigraphical sections are illustrated.

de plagioclasas individualizadas, denota aportes de procedencia de áreas fuentes volcánicas.

Esta Unidad se caracteriza por una diagénesis de enterramiento que se traduce en procesos de compactación química reflejados en superficies estilolíticas y cementaciones asociadas. Además existen procesos de silicificación, en general selectivos, que afectan a bioclastos tales como braquiópodos y equinodermos. En ocasiones los procesos de silicificación se traducen en pequeños nódulos de sílice fibroso-radial. Los estilolitos son más o menos suturados en función de las características texturales de las rocas afectadas, correspondiendo las suturas de mayor amplitud a facies con bioclastos más resistentes, que actúan como límites de los mismos. En las facies más homogéneas las juntas de presión-disolución no son suturadas y están marcadas por la concentración de material insoluble y minerales opacos (piritas?). Los cementos son mosaicos equidimensionales de grandes cristales de calcita que rellenan tanto la porosidad inter como la intrapartícula. Asimismo, asociados a los restos de equinodermos, son muy frecuentes las texturas syntaxiales. Ambos tipos de cementos corresponden, junto con los estilolitos, a un ambiente de mesodiagénesis. El grado de diagénesis de enterramiento alcanzada por esta Unidad dificulta, cuando no impide, la identificación de los procesos diagenéticos tempranos que pudiera haber sufrido. Cortando a todos los procesos anteriores se desarrolla una red de fracturas de origen tectónico que se encuentra rellena por un cemento calcita en mosaico.

La Unidad 3 alcanza su mayor potencia en Sierra Cabrera, donde presenta unos niveles superiores de calizas masivas que superan los 30 m de espesor. En muchos puntos (La Peraleda y Sierra de Aguila) los materiales correspondientes a este tramo son tan sólo bloques adosados a las fallas que limitan la cuenca, sin relación con la estratigrafía de áreas próximas y su sucesión estratigráfica no puede ser establecida en detalle, aunque las condiciones de afloramiento sean excelentes. Esta Unidad, fundamentalmente carbonatada, cambia lateralmente a facies más distales correspondientes a la Unidad 4.

### **Componentes biogénicos**

La Unidad 3 es fundamentalmente carbonatada y presenta una gran proporción de foraminíferos. Además se han observado: corales rugosos coloniales y solitarios, crinoides, heterocorales, braquiópodos, algas y briozoos. Los elementos más notables de la macrofauna son corales rugosos coloniales del género *Lithostrotion*, que se encuentran a techo de las calizas masivas, en la base de la

## SECCION RIVERA DEL ROBLLEDILLO

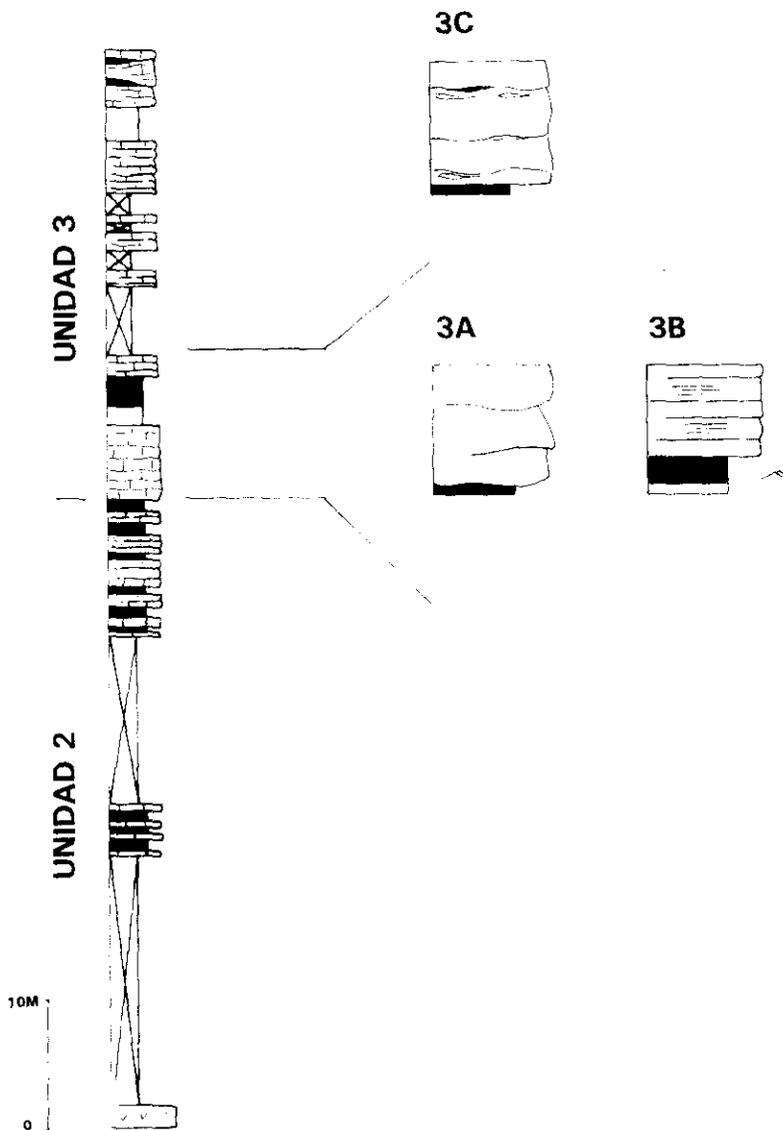


Figura 29.—Asociaciones de facies en la Unidad 3 (para la explicación, ver el texto).  
Figure 29.—Depositional sequences of the Unit 3 (see text for explanation).

Unidad. Estas colonias parecen estar en posición de vida e indicarían un medio muy somero. En las mismas capas hay también numerosos fragmentos de corales rugosos solitarios de gran tamaño (*Cyathopsidos*) y tabulados (*Syringopóridos*), evidentemente removilizados. En niveles superiores son frecuentes colonias fasciculadas (*Siphonodendron* y *Diphyphyllum*) que, en las localidades de la Peraleda y del Cerro Almeña, llegan a alcanzar grandes dimensiones. Junto a colonias en posición de vida se encuentran numerosos fragmentos de otras colonias y frecuentes corales solitarios y braquiópodos. Entre estos últimos cabe destacar la presencia de microbraquiópodos (*Lambdarina*, *Minythyra*, etc.), que en estado adulto no llegan a alcanzar más de 3 ó 4 mm. También son notables algunos productidos con espinas que aparecen en posición de vida, asociados a colonias de *Diphyphyllum* en La Peralera. Gran parte de estos fósiles están total o parcialmente silicificados. Los componentes de la microfauna son sobre todo foraminíferos, que llegan a constituir más del 30 % de la roca en algunos niveles, y algas, especialmente Ungdarelláceas y *Koninckopora*. En la sección del Cerro Almeña, J. Kullmann (comunicación personal) ha identificado un nautiloideo como pereteneo al género *Domatoceras*.

### Interpretación

Esta Unidad se interpreta como una plataforma carbonatada somera con desarrollo de barras (*lime sand shoals*). La sedimentación tendría lugar como resultado de la precipitación biogénica de carbonato en aguas marinas someras (0 a 10 m) de salinidad normal y bien oxigenadas. La alta producción de organismos carbonatados en estas zonas produciría la formación de barras arenosas (*grainstones-packstones* bioclásticos), que se situarían tanto en el interior de la plataforma como en su margen. Las formas lenticulares de los cuerpos de calizas, así como la estratificación irregular y presencia de planos ondulados a techo y base de las mismas, reflejan estructuras internas típicas de *shoals*. La porosidad lenticular y las superficies rubefactadas, a techo de los cuerpos de calcarenitas, indicarían periodos de exposición subaérea con desarrollo de procesos diagenéticos tempranos sobre los montículos arenosos.

Los organismos, responsables de la formación del sedimento calcarenítico, corresponden a faunas marinas normales y de condiciones energéticas elevadas. Las depresiones topográficas formadas entre los conjuntos de barras calcareníticas aislarían zonas de *lagoon* con una sedimentación lutítica más restringida. De manera local y en zonas muy someras dentro de la plataforma se podrían desarrollar parches de corales (*Lithostrotion*, *Siphonodendron*).

El mayor desarrollo de estas barras arenosas tendría lugar en las zonas más

distales de la plataforma, donde constituirían una importante barrera de separación entre los medios de *lagoon* desarrollados en su parte posterior y el mar abierto. El modelo de facies podría corresponder al descrito por MCILREATH y JAMES (1980) para facies de márgenes de plataforma con pendiente suave.

#### UNIDAD 4

Presenta una variación de espesor entre 40 m y 90 m. Aparece en las secciones de Rivera de Robledillo, Cerro Almeña, El Portezuelo, Cuarto del Monte, Alameda I, Alameda II, El Almendro II y Los Linares (fig. 30).

#### Características sedimentológicas

La sección del Cerro Almeña es donde mejor aflora, con un desarrollo de 40 m. Es una Unidad monótona constituida por una alternancia de brechas bioclásticas calcáreas, calcarenitas (calizas bioclásticas), margas y lutitas margosas con laminación de *ripples* o masivas. Se ordenan en dos asociaciones de facies 4.A y 4.B (fig. 31).

La asociación 4.A se sitúa en la base de la Unidad y presenta una potencia comprendida entre 0,5 m y 1,5 m. El término inferior es una brecha bioclástica calcárea con base erosiva, que de manera gradual pasa a calcarenitas (*grainstones*) con laminación paralela, presentando granoclasificación positiva. Este término presenta tallos de crinoides, fragmentos de colonias de *Siphonodendron*, braquiópodos y foraminíferos. El techo de este término se puede encontrar bioturbado. El término superior está formado por lutitas margosas pizarrosas que pueden presentar laminación de *ripples*.

La asociación 4.B se presenta en el resto de la Unidad y tiene una potencia que oscila entre 10 y 25 cm. Está formada por un término inferior de calcarenitas bioclásticas (*grainstones-packstones*) con granoclasificación positiva o masivas. Los bioclastos más característicos son los crinoides y foraminíferos. Además se han reconocido: braquiópodos, corales, briozoos y algas. La distribución de los bioclastos puede ser homogénea o bien se concentran en la base (granoselección positiva) o a techo (granoselección negativa). También es frecuente encontrar bioclastos orientados a techo de la calcarenita. En ocasiones se observa en este término laminación paralela. En la sección de La Rivera del Robledillo los términos carbonatados se presentan con una potencia mayor y con un tamaño de clasto más grueso (brechas), mientras que en la sección del Portezuelo estos mismos niveles corresponden a capas delgadas de calcarenitas de grano muy

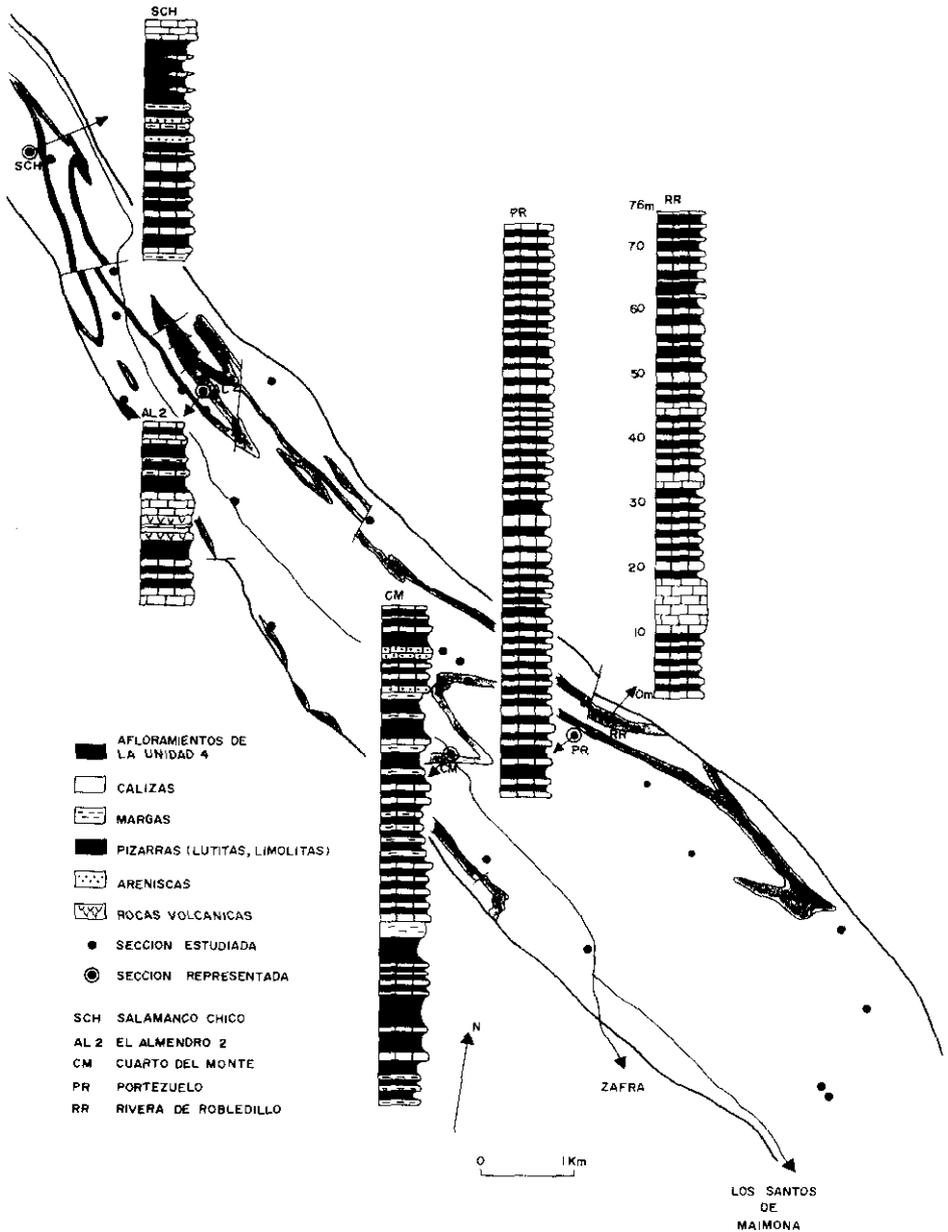


Figura 30.—Mapa de afloramientos de la Unidad 4, con representación de las secciones más características.

Figure 30.—Outcrops map of the Unit 4. Some representative stratigraphical sections are illustrated.

fino. El techo de las calcarenitas a veces está bioturbado. El término superior suele encontrarse parcialmente cubierto y está constituido por margas y/o lutitas margosas pizarrosas con laminación paralela y en ocasiones de *ripples*. Dentro de este término margoso pueden aparecer nódulos ferruginosos, como ocurre en la sección de La Alameda I. El término superior adquiere mayor importancia en la mitad superior de la sección.

Dentro de los niveles calcareníticos son frecuentes los fragmentos de roca volcánicos y plagioclasas individualizadas.

Los procesos diagenéticos que presenta esta Unidad son similares a los descritos en la Unidad 3: compactación química con distintos tipos de superficies estilolíticas, cementos en mosaico y sintaxiales y silicificación fundamentalmente selectiva de bioclastos (braquiópodos...). La silicificación en ocasiones se manifiesta como cemento en mosaico asociado al de calcita y posterior a él. Sobreimpuesto a todos estos procesos hay una red de fracturas, como consecuencia de la tectonización, rellenas de cemento calcítico en mosaico.

Los términos detríticos carbonatados de estas dos asociaciones de facies son más finos y menos frecuentes hacia el interior de la cuenca, tal y como se puede observar en la sección del Cuarto del Monte. Por otra parte, los niveles brechoides con estructuras canalizadas son más frecuentes en secciones situadas en las proximidades del borde de la cuenca. Esto es especialmente notable en las secciones de Rivera de Robledillo y Sierra Cabrera.

### **Componentes biogénicos**

Los componentes microfósiles son escasos en esta Unidad. Están limitados a los niveles de brechas calcáreas, donde pueden reconocerse fragmentos de corales coloniales y solitarios, braquiópodos y crinoides, y algunos niveles margosos en los que son frecuentes estos mismos componentes. En la sección de La Alameda II son especialmente frecuentes y variados los corales solitarios de la fauna de *Cyathaxonia* y los braquiópodos, que también son abundantes en la sección de Los Linares. En los niveles lutíticos superiores se identifican algunos trilobites y cefalópodos entre los que destaca un goniatites del género *Beyrichoceras*.

Por el contrario, los componentes microfósiles son extraordinariamente variados. No sólo se encuentran fragmentos de los grupos ya mencionados al referirnos a la macrofauna, sino también, fragmentos de briozoos, otros moluscos (gasterópodos, bivalvos), poríferos (representados por macro y microscleras) y equinoideos. Hay además gran cantidad de foraminíferos y ostrácodos. Por el contrario, son raros los conodontos, que han sido extraídos sólo en la sección del

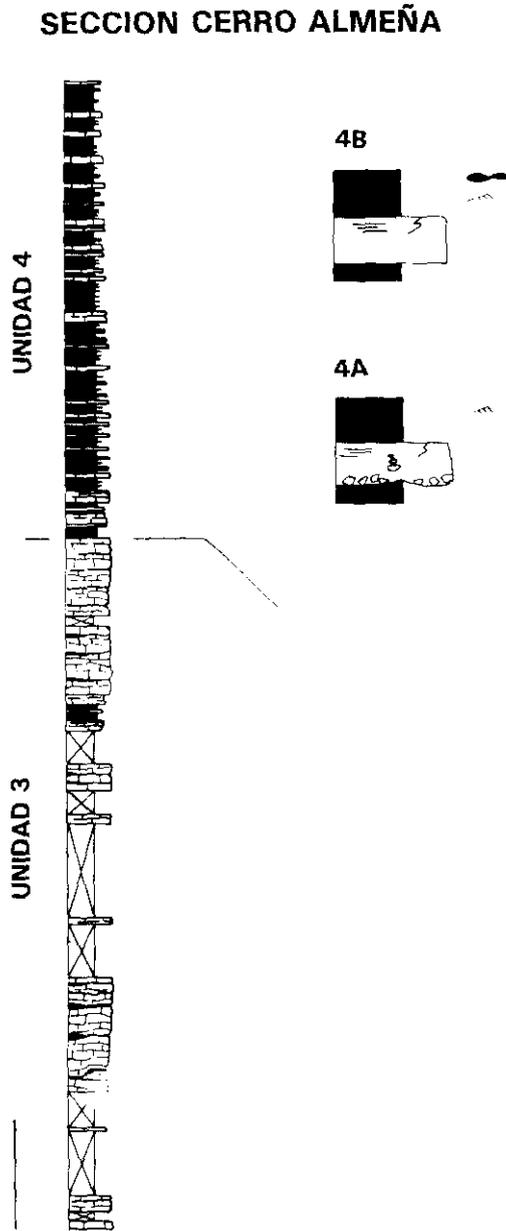


Figura 31.—Asociaciones de facies en la Unidad 4 (para la explicación, ver el texto).  
 Figure 31.—Depositional sequences of the Unit 4 (see text for explanation).

Portezuelo (niveles basales). También se localizan frecuentes restos de algas, siendo básicamente las mismas que en la Unidad 3.

La mayoría de los componentes fósiles de las calcarenitas son removilizados y proceden de otras zonas (¿Unidad 3?), pero muchos de los corales solitarios sin disipamientos y de los braquiópodos de los niveles margosos están muy bien conservados y no muestran señales de removilización, por lo que pueden ser considerados como autóctonos.

## Interpretación

Las asociaciones de facies, descritas para la Unidad 4, se han interpretado como secuencias turbidíticas carbonatadas (MCILREATH y JAMES, 1980). Estas secuencias están constituidas básicamente por los términos A, B y E de la secuencia de BOUMA, son incompletas y en ellas predominan las capas gradadas de base y techo planoparalelos. Caracterizan una sedimentación turbidítica producida en zonas de cuenca abierta, como consecuencia de episodios de tormentas o pequeñas sacudidas sísmicas. Las secuencias más proximales al área fuente son aquellas en las que predominan las calcarenitas gradadas (término A de Bouma) de tamaño grueso a medio y se localizan en la mitad inferior de la sección, mientras que las secuencias donde predominan las lutitas (término E de Bouma), se consideran más distales y se localizan en la mitad superior de la misma.

El origen elástico y retrabajado de estos niveles calcareníticos queda demostrado, además de por la presencia de secuencias turbidíticas, por la mezcla de componentes autóctonos (corales solitarios, determinados braquiópodos, trilobites...) característicos de zonas de sedimentación más profunda y tranquila, y componentes alóctonos (crinoides, fragmentos de corales coloniales, foraminíferos, braquiópodos...), procedentes tanto del desmantelamiento y desintegración de la plataforma carbonatada asociada (*lime sand shoals, lagoon y patch reef*) como de los sedimentos del talud.

En las zonas de talud tendría lugar una sedimentación carbonatada autóctona favorecida por la colonización de crinoides, corales solitarios y briozoos ramosos. De forma esporádica, y a favor de tormentas o ligeras sacudidas sísmicas, se produciría el desplazamiento de esta masa de sedimento carbonatado inconsolidado junto con material bioclástico de la plataforma, por medio de corrientes turbidíticas. Según DAVIES (1977), la gran abundancia de crinoides en las facies calcareníticas podría deberse tanto a la preferencia de los crinoides en colonizar determinadas zonas de talud, como al hecho de que dichos bioclastos presentan una importante

porosidad interna, lo que determinaría una densidad total del sedimento menor y por lo tanto un transporte más efectivo, pudiendo encontrarse crinoides en las facies más distales.

## UNIDAD 5

Esta Unidad está constituida fundamentalmente por lutitas pizarrosas con algunos niveles intercalados de margas y calcarenitas margosas. Ocasionalmente pueden aparecer capas de areniscas de grano fino. Los afloramientos de esta Unidad son muy escasos y únicamente se ha podido realizar una sección parcial en Las Pilitas III, que presenta muchos tramos cubiertos en su mitad inferior.

### Características sedimentológicas

Las características litológicas de la sección de Las Pilitas III no se pueden considerar como representativas de la Unidad 5, en la que los carbonatos son menos frecuentes. En esta sección se han diferenciado dos tipos de asociaciones de facies, 5.A y 5.B (fig. 32).

La asociación 5.A está formada por un término inferior de calcarenitas (*grainstones-packstones*) con granoclasificación positiva y/o masivas de 30 cm-40 cm de potencia. Los bioclastos más frecuentes en estas facies son: crinoides, braquiópodos y foraminíferos. También, aunque más escasos, se han identificado briozoos, algas y corales. El término superior está formado por lutitas o margas pizarrosas, cuya potencia oscila entre 0,5 y 1 m. En los niveles más lutíticos hay nódulos ferruginosos, que localmente presentan en su interior goniatites o bivalvos. De forma local puede aparecer entre ambos términos un nivel decimétrico de areniscas siliciclásticas con morfología de capas. Esta asociación se repite a lo largo de la mitad inferior de la sección.

La asociación 5.B es semejante a la anterior y está constituida por un término inferior calcarenítico (*grainstones*) de grano más fino que en la asociación 5.A. Estas calcarenitas son masivas y no presentan gradación. La potencia oscila entre 5 y 10 cm. Los únicos bioclastos reconocibles son crinoides y foraminíferos. El término superior está formado por lutitas margo-pizarrosas, cuya potencia oscila entre 20 y 30 cm. Esta asociación, al igual que la anterior, se repite a lo largo de la mitad superior de la sección.

Si bien estas asociaciones de facies son representativas de la sedimentación en la sección de Las Pilitas III, las litologías predominantes en los 50 m superiores

## SECCION LAS PILITAS III

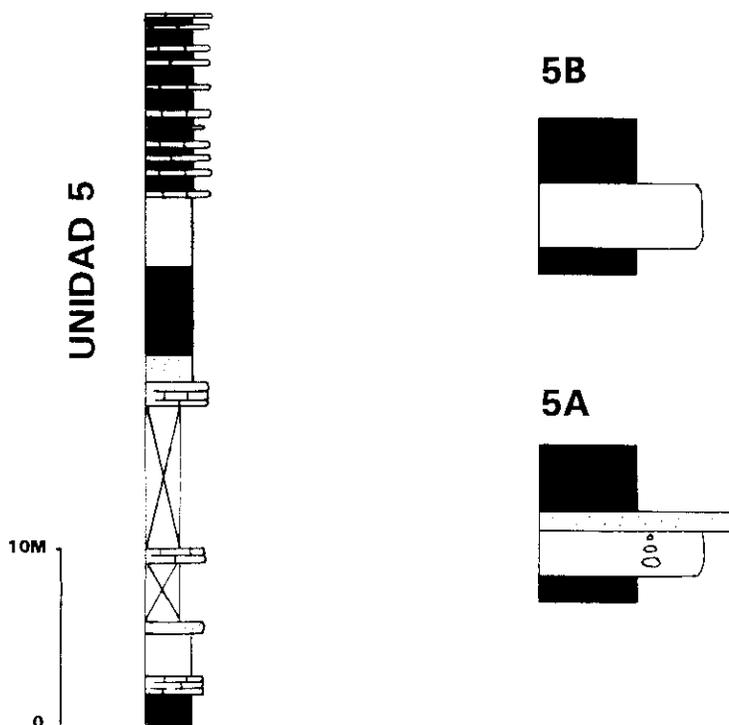


Figura 32.—Asociaciones de facies en la Unidad 5 (para la explicación, ver el texto).  
Figure 32.—Depositional sequences of the Unit 5 (see text for explanation).

de la Unidad 5, en el resto de los afloramientos, son fundamentalmente lutitas arcillosas con alguna intercalación esporádica de calcarenitas de grano muy fino.

### **Componentes biogénicos**

En esta Unidad hay escasos fósiles, y casi todos ellos aparecen como bioclastos de pequeño tamaño en los niveles calcareníticos. Los principales componentes son los mismos que en la Unidad 4: crinoides, corales y braquiópodos, no identificables en detalle, y foraminíferos. Esporádicamente pueden aparecer algunos fragmentos mayores de corales y braquiópodos en los niveles calcáreos. En los nódulos presentes en las lutitas se encuentran bivalvos y cefalópodos (Ortocerátidos, Goniatites).

### **Interpretación**

Las asociaciones de facies descritas para la Unidad 5 corresponden a secuencias turbidíticas carbonatadas, siendo muy semejantes a las comentadas para la Unidad 4. En la Unidad 5 existe una menor proporción de niveles calcareníticos y un mayor desarrollo de niveles lutíticos, caracterizando zonas más distales de cuenca profunda.

## **UNIDAD 6**

La Unidad 6 está representada en las secciones de Las Pilitas I y II, La Alameda II, Los Mogotes I y VI y Salamanca Chico. La potencia de esta Unidad presenta variaciones mucho menores que otras Unidades y oscila entre 30 y 45 m (fig. 33).

La sección estratigráfica más completa y característica de esta Unidad corresponde a la columna de Las Pilitas II. En ésta se han diferenciado dos tipos de asociaciones de facies, 6.A y 6.B (fig. 34).

La asociación 6.A caracteriza prácticamente la totalidad de la sección y está constituida por dos términos litológicos: calcarenitas (*grainstones-packstones*) y lutitas pizarrosas. Las calcarenitas constituyen el término inferior y presentan en ocasiones base erosiva así como granoclasificación positiva. Este término puede ser masivo y su potencia oscila entre 15 y 50 cm, estando los niveles más finos hacia techo. Se han diferenciado los siguientes tipos de bioclastos: crinoides, braquiópodos, briozoos, corales y foraminíferos. Localmente aparecen niveles de *slumps*. El término superior, lutitas pizarrosas negras, presenta nódulos ferruginosos. La potencia de este término oscila entre 0,5 y 10 m.

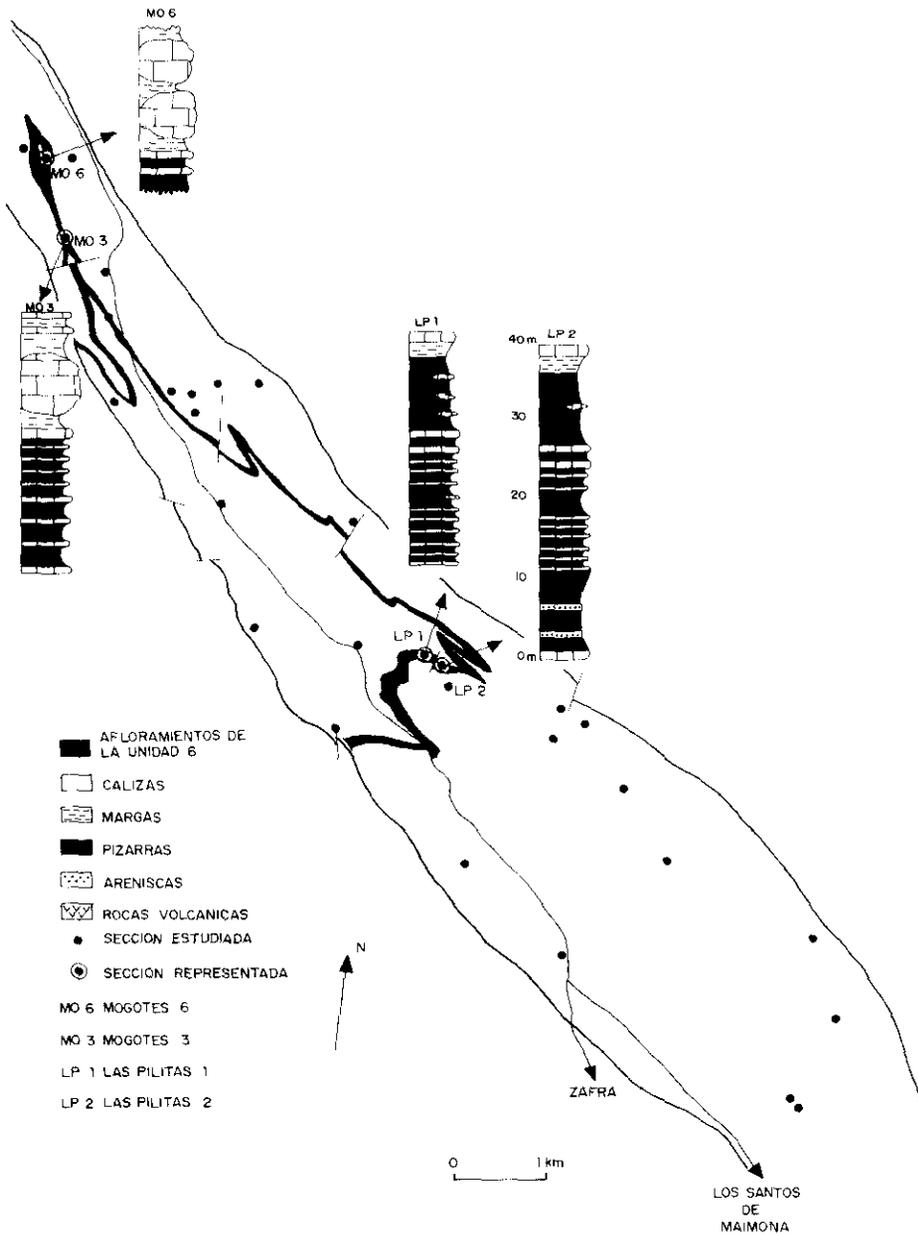


Figura 33.—Mapa de afloramientos de la Unidad 6, con representación de las secciones más características.

Figure 33.—Outcrops map of the Unit 6. Some representative stratigraphical sections are illustrated.

## SECCION LAS PILITAS II

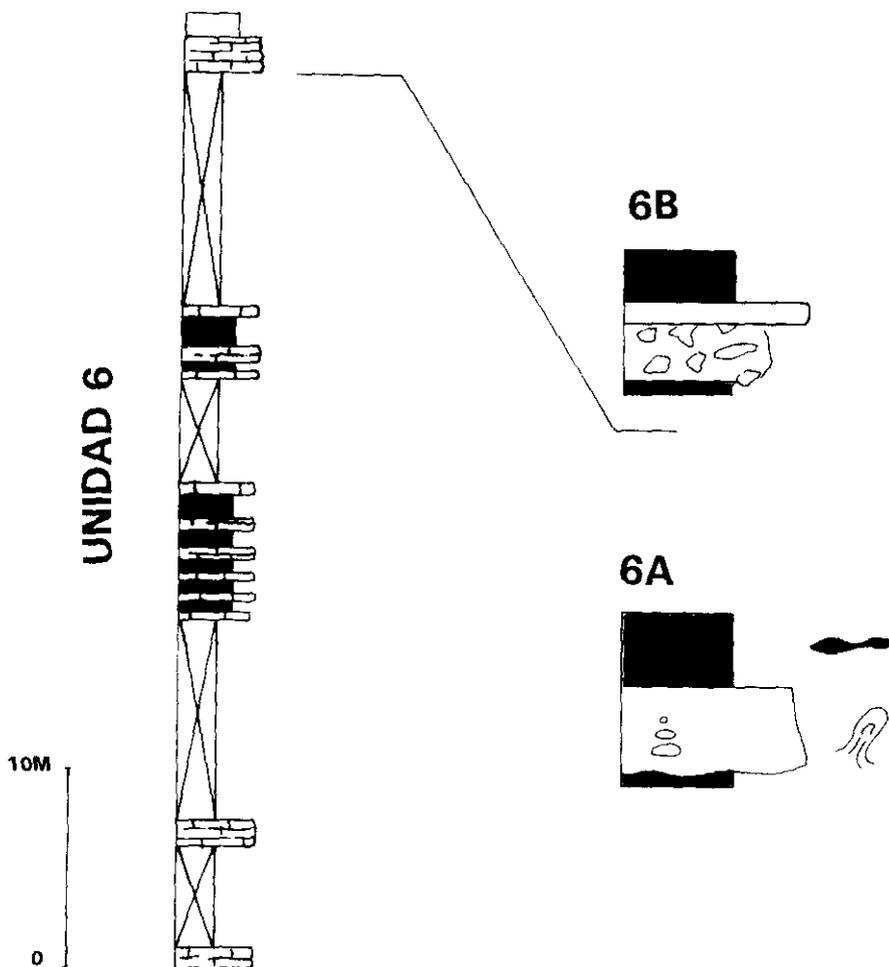


Figura 34.—Asociaciones de facies en la Unidad 6 (para la explicación, ver el texto).

Figure 34.—Depositional sequences of the Unit 6 (see text for explanation).

La asociación 6.B se presenta a techo de la sección y está constituida por margas brechoides, calcarenitas y lutitas pizarrosas. Tiene una potencia de 3 m. Las margas brechoides forman el término inferior de la asociación, son caóticas y presentan una gran cantidad de bioclastos de gran tamaño como: corales, braquiópodos, crinoides, briozoos y algas. Las margas engloban fragmentos angulosos de calcarenitas y al norte de la cuenca, en las secciones de Los Mogotes I-VI, se han observado grandes bloques tanto de calizas bioclásticas de tipo *grainstones-packstones*, semejantes a las descritas en la Unidad 3, como de *mudstones* con braquiópodos y crinoides. Estos bloques se han interpretado como olistolitos. Por encima de las margas brechoides se dispone un término calcarenítico (*grainstones*) con granoclasificación positiva de potencia 0,5 m. El término superior está constituido por lutitas negras pizarrosas.

### Componentes biogénicos

Esta Unidad es una de las más ricas en macrofauna. En los niveles superiores de Las Pilitas I y II, La Alameda II y Mogotes I a VI son frecuentes corales rugosos solitarios sin disepimentos (*Zaphrentites*, *Rotiphyllum*, *Soshkineophyllum*, *Ufimia*, etc.) y braquiópodos (*Schizophoria*, *Acantoplecta*, *Plicatifera*, etc). Más escasos, pero también presentes, son los cálices de crinoides más o menos completos (Las Pilitas II). Aunque hay muestras de removilización en algunos ejemplares, el conjunto de esta macrofauna parece ser autóctono (FALCES y RODRIGUEZ, en prensa) y es característico de aguas más o menos profundas. Otros componentes, claramente removilizados, son algunas colonias de corales rugosos (*Siphonodendron*) y Syringopóridos (*Syringopora*), y grandes braquiópodos (*Gigantoproductus*).

Por otra parte, los niveles calcareníticos presentan un abundante contenido micropaleontológico en el que destacan variados tipos de algas, briozoos, foraminíferos y ostrácodos. Los bioclastos de macrofósiles indican la presencia de diversos grupos no representados entre los bien conservados, como poríferos, trilobites, moluscos (cefalópodos, gasterópodos, bivalvos), equinoideos, etcétera.

### Interpretación

Las asociaciones de facies de la Unidad 6 representan secuencias turbidíticas carbonatadas proximales, que caracterizan la sedimentación en el borde del talud. Presentan un mayor predominio de capas calcareníticas en relación a la Unidad 5 y la diferencia fundamental, en relación a los ambientes deposicionales

de las Unidades 4 y 5, es la presencia de niveles deslizados y olistolitos. La formación de niveles de *slumps* y olistolitos sería la consecuencia de deslizamientos gravitacionales en masa en las zonas externas del talud. Las facies sedimentológicas de esta Unidad corresponden a una sedimentación producida en la parte más externa del talud, siendo por lo tanto facies turbidíticas más proximales que las descritas en la Unidad anterior.

## UNIDAD 7

Esta Unidad tampoco ha sido objeto directo de nuestro estudio, al no estar constituida por niveles carbonatados. Sin embargo, se han podido observar sus características en las secciones de Las Pilitas II y Rivera de Zafra.

Está compuesta por lutitas pizarrosas negras a grises, ocreas en superficie alterada, con intercalaciones de arenas y conglomerados. En las lutitas se localizan frecuentes nodulos de pirita y limonita. Las lutitas de tamaño grueso son muy homogéneas y de carácter arcósico.

Es la Unidad siliciclástica con mayor contenido fósil. Hay frecuentes niveles lutíticos con goniatites (pobremente preservados) y trilobites. También son comunes los restos de plantas. En algunos nódulos limoníticos se encuentran ortocerátidos, bivalvos y otros restos no clasificables.

Esta Unidad es interpretada como característica de zonas profundas, que pueden llegar a ser anóxicas. Representa las facies de cuenca situadas al final del talud, representado por las Unidades 4 a 6.

## BIBLIOGRAFIA

- ALTEVOGT, G. (1966): *Lithostrotion scoticum* (Rugosa) aus dem Visé von Zafra/ Spanien. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, **8**: 494-500, Tübingen.
- DAVIES, G. R. (1977): «Turbidites, debris sheets, and truncation structures in Upper Paleozoic deep-water carbonates of the Sverdrup Basin, Arctic Archipelago». In H. E. COOK y P. ENOS, eds.: *Deep-water carbonate environment: SEPM Spec. Pub.*, **25**: 221-247.
- FALCES, S., y RODRIGUEZ, S. (en prensa): «Análisis tafonómico de los corales rugosos solitarios sin diseipimentos de Los Santos de Maimona (Carbonífero, Badajoz)». *Revista Española de Paleontología*.
- HERNANDEZ-PACHECO, F. (1955): «Ensayo sobre tetónica paleozoica en Extremadura». *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural*, **52**: 387-414.

- JAMES, N. P. (1979): Reefs in R. G. Walker, ed. Facies models: *Geoscience Canada Reprint Series*, **1**: 121-133.
- JAMES, N. P. (1983): Reef environment in P. A. Scholle, D. G. Bebout & C. M. Moore ed. Carbonate depositional environments. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **33**: 335-440.
- LINK, T. A. (1950): «Theory of transgressive and regressive reef (bioherm) development and origin of oil». *Bulletin of the American Association of petroleum geologists*, **34** (2): 263-294.
- MCILREATH, I. A., y JAMES, N. P. J. (1980): «Carbonate slopes». In R. G. WALKER, ed.: *Facies models: Geoscience Canada*, **1**: 133-149.
- NAVARRO, E., y LACAZEITE, F. (1922): «Estudio de la Cuenca Carbonífera de los Santos de Maimona (Badajoz)». *Bol. Of. Min. Met.*, **6** (63): 17-31.
- ODRIOZOLA, J. M.; PFON, A.; VARGAS, I.; GARROTE, A., y ARRIOLA, A. (1983): *Mapa Geológico de España a escala 1: 50.000. Hoja 854; Zafra*. IGME, segunda edición, Madrid.
- RODRIGUEZ, S.; ARRIBAS, M. E.; FALCES, S.; MORENO-EIRIS, E., y DELA PEÑA, J. A. (en prensa.a): «The Siphonodendron Limestone of Los Santos de Maimona Basin: development of an extensive reef-flat during the Viséan in Ossa Morena, SW Spain». *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*.
- RODRIGUEZ, S.; COMAS-RENGIFO, M. J.; FALCES, S.; MARTINEZ-CHACON, M. L.; MORENO-EIRIS, E.; PEREJON, A., y SANCHEZ, J. L. (En prensa.b): «Biostratigraphy of «los Santos de Maimona» Lower Carboniferous basin, SW Spain». *Ameghiniana*.
- SOLER GILJON, R., y RODRIGUEZ, S. (1991): «Estudio de un resto de Bradiodonto (clase Chondrictyes) del Viséense de los Santos de Maimona (Badajoz, SO de España)». *Coloquios de Paleontología*, **43**: 101-114.
- VALENZUELA, J. M.; PALACIOS, T., y PALACIOS-GONZALEZ, M. J. (1990): «Aspectos paleoecológicos de la cuenca de los Santos de Maimona: acritarcos y esporas». *Geogaceta*, **8**: 118-121.

