

ESTUDIO DE LA ICNOFAUNA DEL MUSCHELKALK DE LA ZONA SUBBÉTICA Y SU RELACION CON LAS FACIES SEDIMENTARIAS

A. Pérez-López

Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada. Facultad de Ciencias, Campus de Fuentenueva, 18002 Granada.

Resumen: En este trabajo se hace un estudio preliminar de las estructuras bioturbadas que aparecen en los carbonatos de la Formación Majanillos (facies Muschelkalk) del sector central de la Zona Subbética (Provincia de Jaén). Se describen y se hacen algunas determinaciones de la icnofauna, al mismo tiempo que se relacionan con las facies sedimentarias y algunos procesos y condiciones de sedimentación. Se pueden observar texturas bioturbadas, sobre todo en la base de la formación, que se relacionan con depósitos de plataforma carbonatada restringida, con una tasa de sedimentación baja y constante. Además, en tramos más superiores de la formación, se han reconocido icnofósiles correspondientes a los icnogéneros de *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Planolites*, *Diplocraterion* y *Rhizocorallium*. Las trazas de *Thalassinoides* aparecen en calizas grises, a veces con superficies erosivas o *hard grounds*, que se podrían relacionar con medios de sedimentación carbonatada discontinua de muy baja energía. Los icnogéneros de *Chondrites* y *Planolites* se encuentran en facies alternantes de margocalizas y calizas margosas correspondientes a un medio restringido de baja energía con sedimentación discontinua alternante. Las icnofacies de *Diplocraterion* y *Rhizocorallium* se han relacionado con una zona somera de una plataforma carbonatada con tasa de sedimentación variable, en un contexto de mayor energía.

Palabras clave: icnofósil, textura bioturbada, rampa carbonatada, plataforma carbonatada, Muschelkalk, Ladinense, Triásico, Subbético, Cordillera Bética.

Abstract: A preliminary study of bioturbate structures occurring in carbonates of the Majanillos Formation (Muschelkalk facies) in the central sector of the Subbetic Zone (Province of Jaén) is attained. Ichnofossils are described and some determinations about them are made. They are furtherly related to sedimentary facies and some sedimentation conditions. Bioturbate textures are observed, mainly at the base of the formation, in relation to restricted carbonate shelf deposits with low and constant sedimentation rates. In the uppermost zones of the formation, ichnofossils corresponding to the ichnogenus *Thalassinoides*, *Chondrites*, *Planolites*, *Diplocraterion* y *Rhizocorallium* have been found. The *Thalassinoides* traces occur in grey limestones, sometimes with hard ground appearance, and could be related to very low energy discontinuous carbonate sedimentary environments. The *Chondrites* and *Planolites* trace fossils are found in alternating facies of marly limestones and marlaceous limestones corresponding to a low energy restricted environment with alternating, discontinuous sedimentation. Finally, the *Diplocraterion* and *Rhizocorallium* facies have been related to a shallow zone in a higher energy carbonate shelf with a variable sedimentation rate.

Key words: trace fossils, bioturbate texture, carbonate ramp, carbonate shelf, Muschelkalk, Ladinian, Triassic, Subbetic, Betic Cordillera.

Pérez López, A.: Estudio de la icnofauna del Muschelkalk de la Zona Subbética y su relación con las facies sedimentarias. *Rev. Soc. Geol. España*, 10 (3-4): 393-403.

Una de las características más significativas de las facies Muschelkalk de edad Ladinense, pertenecientes al Trías Sudibérico, es la presencia de estructuras de bioturbación. En muchos casos estas estructuras constituyen un rasgo distintivo de las facies Muschelkalk de las Zonas Externas de la Cordillera Bética. Busnardo (1975) trató algunos aspectos de estas facies bioturbadas y señaló, precisamente, como característica paleobiológica más significativa del Muschelkalk, la excepcional alta densidad de estructuras de

bioturbación, que habitualmente eran denominadas «fucoides».

A pesar de ser unas facies típicas del Muschelkalk, éstas apenas han sido estudiadas por los autores que han trabajado en los materiales triásicos de esta región. De aquí el interés en este trabajo de hacer una caracterización de la icnofauna encontrada y relacionarla con las facies sedimentarias. Se hace una descripción de las estructuras de bioturbación, con la determinación de algunos icnogéneros, y se relacionan con las facies y

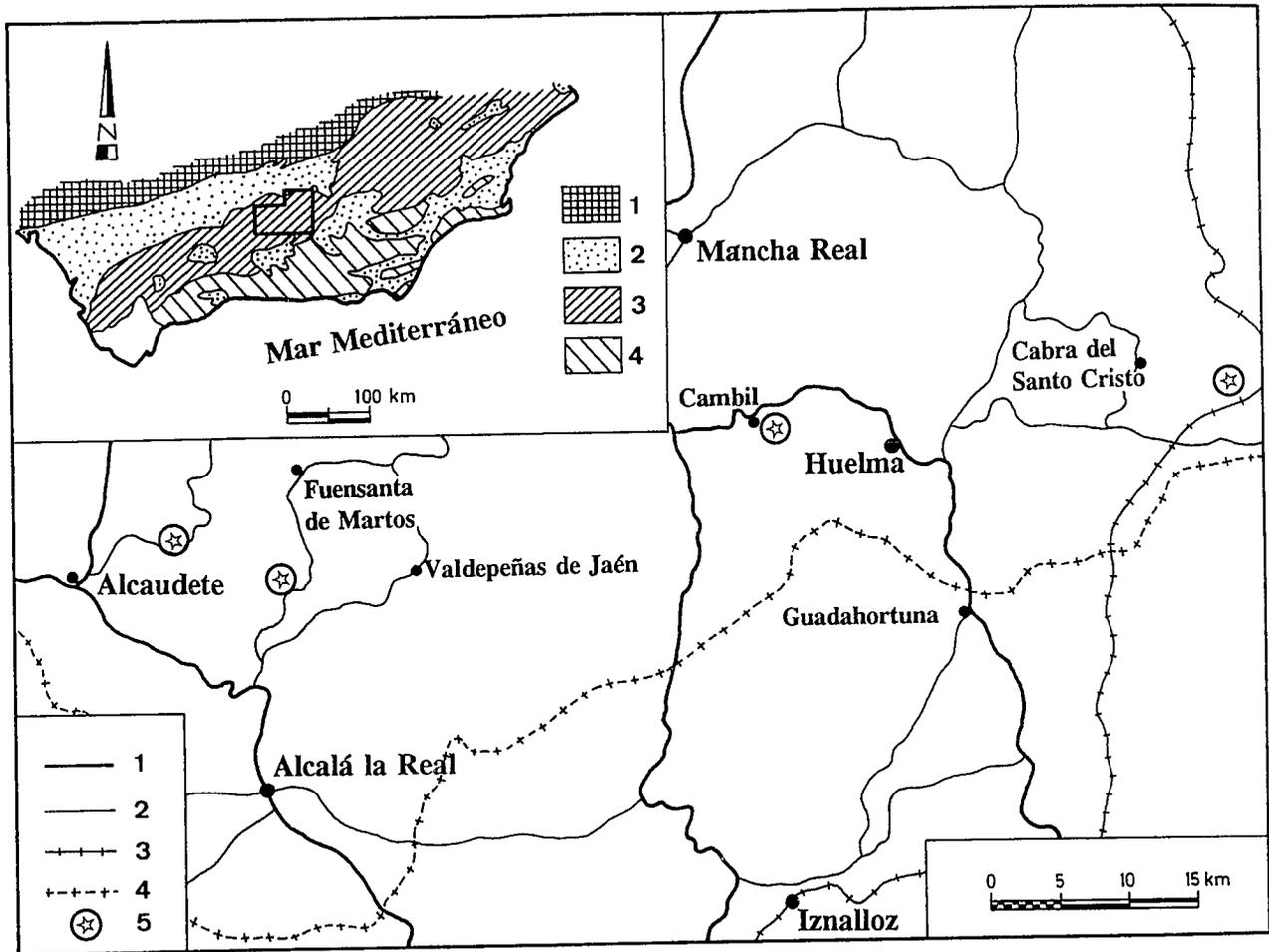


Figura 1.- Localización de los materiales triásicos estudiados. A) Localización geográfica y geológica del área estudiada. Leyenda: 1: Macizo Hercínico. 2: Neógeno. 3 y 4: Zonas Externas y Zonas Internas de la Cordillera Bética. B) Situación de las secciones estratigráficas estudiadas de facies Muschelkalk de la Zona Subbética. Leyenda: 1: Carretera Nacional. 2: Carretera Comarcal. 3: Ferrocarril. 4: Límite de provincia entre Jaén y Granada. 5: Cortes estratigráficos estudiados.

algunas condiciones de sedimentación.

Para este estudio realizado en los materiales de facies Muschelkalk, se han seleccionado cuatro cortes en el sector central de la Zona Subbética (Fig. 1), que pertenecen a la Formación Majanillos (Pérez-López, 1991). El más importante de estos cortes es el que corresponde a la sección tipo de la formación: el corte del Barranco de Salmerón, situado a 7 Km al ESE de Cabra del Santo Cristo (Provincia de Jaén). Además de este corte, los más interesantes son el de Colmenar, que está a 7,5 Km al ENE de Alcaudete, y el de La Vegueta, que está situado a 1,5 Km al ESE de Cambil, ambos en la provincia de Jaén. Por último, se pueden hacer algunas observaciones concretas y de interés, en el corte de El Rasillo, a 7,2 Km al S de Fuensanta de Martos (Provincia de Jaén).

Estratigrafía del Muschelkalk en el sector central de la Zona Subbética

A continuación, se hace una síntesis de la estratigrafía de los materiales donde se han encontrado

las estructuras de bioturbación, para que quede clara la posición de estas estructuras dentro de la Formación Majanillos y se entienda mejor la relación que guardan con las distintas facies sedimentarias, en el espacio y en el tiempo.

Así pues, los materiales carbonáticos estudiados, en el sector central de la Zona Subbética son de facies Muschelkalk y constituyen la Formación Majanillos (Pérez-López, 1991). Dicha formación tiene una potencia que oscila entre unos 80 y 130 m y está constituida principalmente por calizas, calizas-margosas y margocalizas de colores grises, aunque existen niveles esencialmente margosos, sobre todo en los últimos tramos de la formación. Las características que diferencian a estos carbonatos de otras formaciones son su marcada estratificación, su color gris oscuro en corte fresco y la abundancia, en algunos niveles, de estructuras de bioturbación o mineralizaciones dispersas de color amarillento.

En esta formación se pueden diferenciar cinco miembros que, de abajo a arriba, son los siguientes (Fig. 2): Miembro Dolomías Cristalinas de Morrón

Grande, Miembro Calizas grises y Margocalizas de Salmerón, Miembro Calizas tableadas y Margocalizas laminadas de Colmenar, Miembro Calizas bioclásticas y calizas margosas bioturbadas de Chiclana y Miembro Margas, Calizas y Dolomías ocreas de Hontanar.

Miembro Dolomías Cristalinas de Morrón Grande

Este miembro se sitúa en la base de la Fm. Majanillos y presenta una potencia muy variable, de 2 a 20 m. Está constituido principalmente por dolomías cristalinas (oolíticas) de color pardo, que pueden alternar con calizas margosas, bioturbadas o laminadas. Sus facies son esencialmente calcareníticas y pueden presentar estratificación cruzada. Se interpretan como los depósitos de la zona de *nearshore*, poco profunda, de alta energía, de una rampa carbonatada.

Miembro Calizas grises y Margocalizas de Salmerón

La característica fundamental de este miembro es la alternancia de uno a tres tramos de calizas grises (de 3 a 8 m de potencia) con tramos de margocalizas, a veces calizas margosas, que pueden presentar niveles muy bioturbados. Su potencia total varía de 25 a 55 m.

Los tramos potentes de calizas presentan potencias variables, y facies que corresponden a *mudstones*, a veces bioturbados, o *wackestones* peletoidales con foraminíferos, bioclastos e intraclastos dispersos. Muy raramente aparecen restos de *Tubiphytes obscurus*. Estos niveles se podrían relacionar con *mud mounds*.

En los tramos calizomargosos se observan estructuras nodulosas o laminadas con algunas estructuras de bioturbación.

Las margas suelen tener una laminación horizontal con numerosas intercalaciones calcareníticas (*packstones* y *grainstones*) con muros erosivos y granoclasificación, que se atribuyen a lechos de tormentas. En su conjunto se interpretan como facies de plataforma restringida.

Miembro Calizas tableadas y Margocalizas laminadas de Colmenar

En este miembro alternan paquetes de calizas tableadas y margocalizas laminadas de colores claros. Su potencia máxima es de unos 30 m, aunque no está representado en todos los cortes. Las facies dominantes son *mudstones* en capas de espesor variable, con formas lenticulares y de acuñamiento. Presentan estructura arriñonada o nodular, a veces con bioturbaciones. Estas facies son de difícil atribución, aunque podrían corresponder a los depósitos de una zona más profunda de la plataforma. Se consideran como facies relacionadas lateralmente con la parte media-superior del Miembro calizas grises y margocalizas de Salmerón.

Miembro Calizas bioclásticas y Calizas margosas bioturbadas de Chiclana

Este miembro está constituido básicamente por pa-

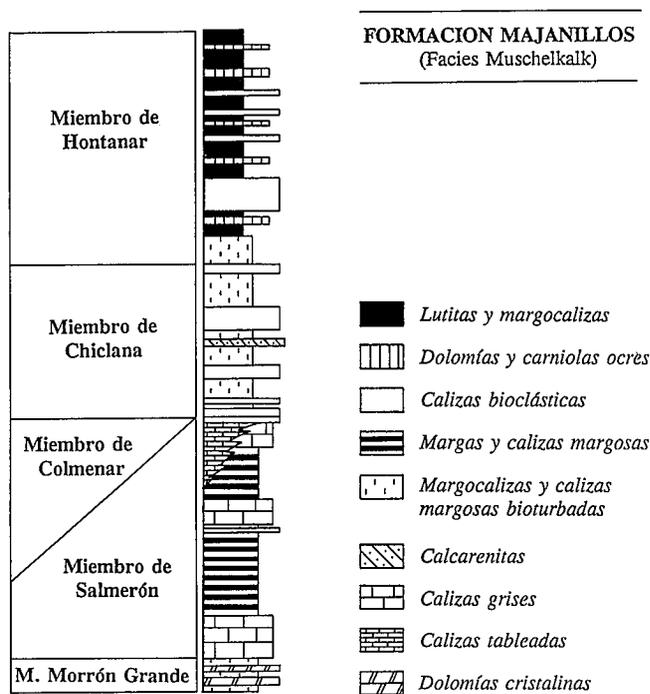


Figura 2.- Columna estratigráfica sintética de la Formación Majanillos (Facies Muschelkalk) de la Zona Subbética, según Pérez López (1991).

quetes (de 2 a 8 m de potencia) de calizas bioclásticas grises, de tonos oscuros, con mineralizaciones amarillentas de dolomita férrica, que alternan con paquetes de calizas margosas, a veces muy bioturbadas. Al contrario del miembro anterior, éste aflora por toda la zona de estudio, aunque no está representado de igual manera, pues, su potencia varía de 18 a 30 m y su carácter margoso varía también de unos cortes a otros.

Presenta numerosas secuencias de somerización con predominio de facies restringidas (*mudstones-wackestones*) con diferentes tipos de estructuras de bioturbación. Se intercalan, con frecuencia, niveles de calizas con bioclastos y/o valvas enteras. Estas facies corresponden a depósitos, principalmente, de *lagoon* somero.

Miembro Margas, Calizas y Dolomías ocreas de Hontanar

Los tramos superiores de la Formación Majanillos son de naturaleza lutítico-margosa, y corresponden a los materiales del miembro de Hontanar. Estos niveles de margas y lutitas alternan con calizas y margocalizas con bivalvos en los tramos inferiores, y con carniolas y «brechas» (*flat pebble breccia* y brechas de colapso) en los tramos superiores. Se trata del miembro que da paso progresivamente a las facies Keuper. Se han llegado a medir cerca de 60 m de potencia.

Los materiales de este miembro pueden interpretarse como facies inter-supramareales o de colmatación de lagunas litorales supramareales. Las condiciones someras o supramareales de estos depósi-

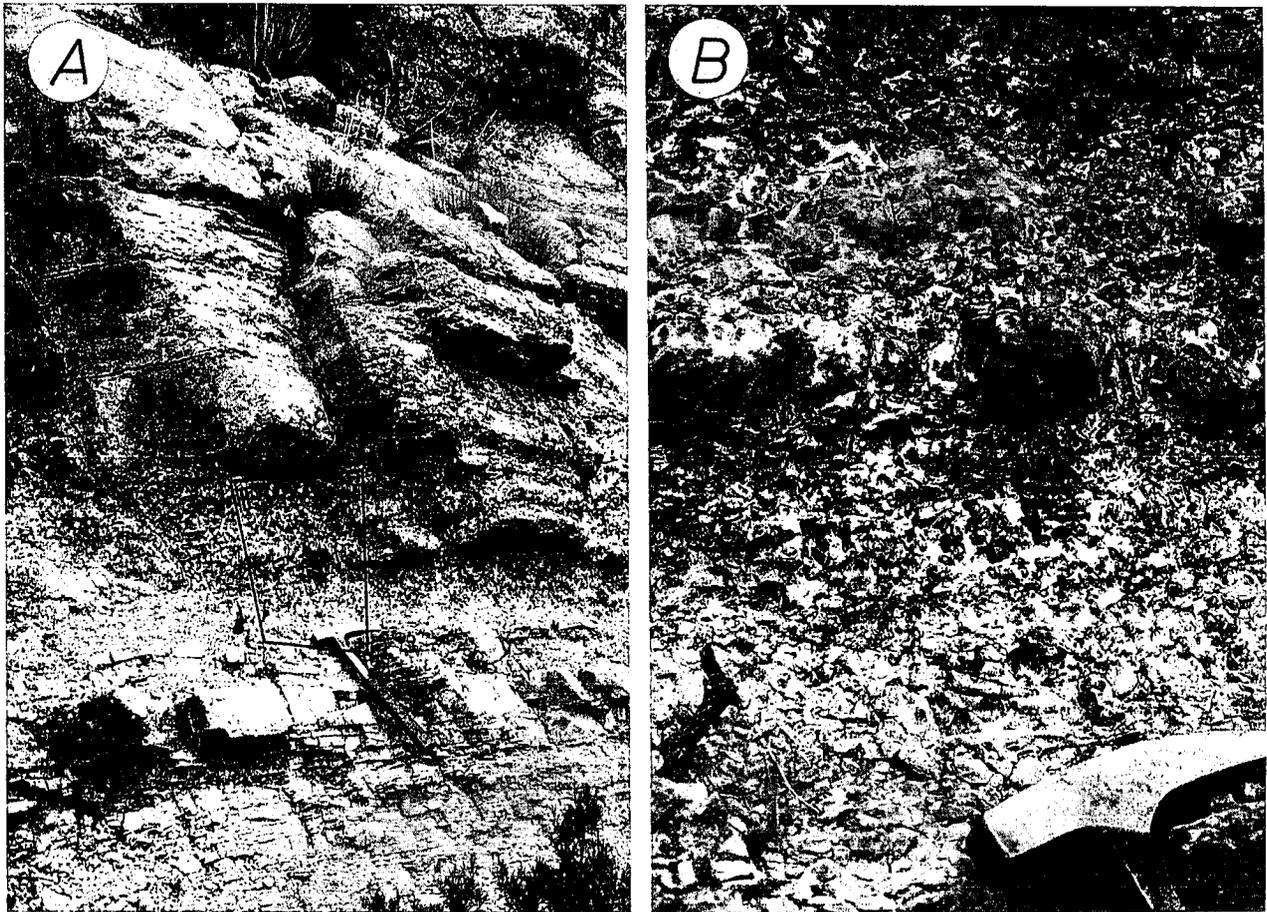


Figura 3.- A) Textura bioturbada que presentan las calizas margosas del miembro de Salmerón. B) Aspecto brechoide de este tipo de textura.

tos quedan recogidas en la gran variedad de facies, que registran las oscilaciones del nivel del mar (o la inestabilidad de subambientes efímeros costeros), y en la intercalación frecuente de facies «evaporíticas» (brechas de colapso, carbonatos con moldes de evaporitas, carniolas, etc.)

Estructuras biogénicas, procesos y condiciones sedimentarias

Aunque las estructuras bioturbadas sean una característica importante de estos materiales, no se puede decir que estén presentes y de igual modo en toda la formación. Están especialmente representadas en los miembros de facies marinas no muy profundas, principalmente en zonas por debajo del nivel de base del oleaje o en zonas restringidas, que corresponden a las facies de los miembros de Salmerón y de Chiclana.

Texturas bioturbadas

Las texturas bioturbadas, en las que no se observa casi ninguna estructura aislada de morfología reconocible o estructuras biogénicas definidas, de carácter individual, son casi exclusivas del miembro de Calizas grises y Margocalizas de Salmerón. No obstante, se pueden observar algunos niveles intensamente

bioturbados en el miembro de Dolomías cristalinas de Morrón Grande y en el miembro de Margas, Calizas y Dolomías de Hontanar, aunque con un significado distinto como se verá más adelante.

Miembro de Salmerón. En el estudio de las estructuras de bioturbación de las facies carbonáticas del miembro de Salmerón se han reconocido fundamentalmente texturas bioturbadas (Fig. 3).

Estas texturas están desarrolladas principalmente en los niveles de calizas margosas que se sitúan por debajo de los paquetes potentes de calizas grises (Fig. 3A y 4A). Se trata de niveles de 0,1 a 2 m de potencia con una bioturbación tan intensa que da a la roca un aspecto de brecha con muy poca matriz margosa (Fig. 3B). Se pueden distinguir algunos fragmentos de galerías con un diámetro que varía de 3 a 8 mm.

Estas facies son propias de fangos de una plataforma/rampa que se depositaron en una zona de muy baja energía, durante un período caracterizado por una sedimentación continua y lenta. Estos procesos lentos de sedimentación han permitido que los organismos puedan retrabajar de manera intensa el fondo marino que dan lugar a este tipo de texturas.

Algunas de estas texturas bioturbadas se superponen o son truncadas por niveles de calcarenitas

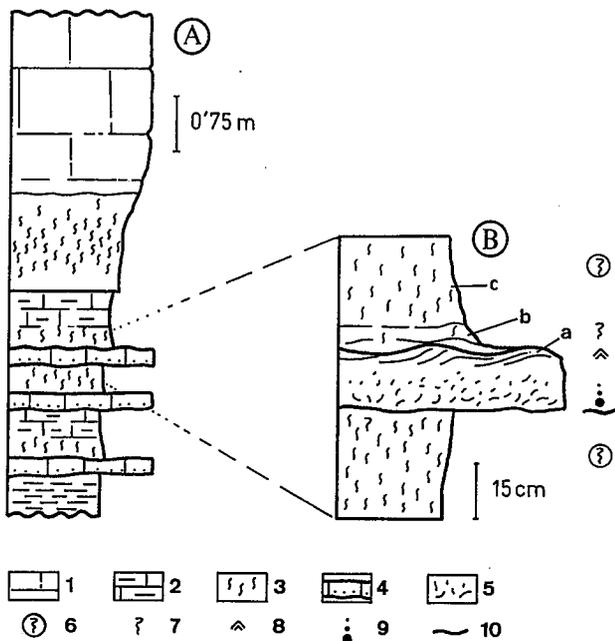


Figura 4.- Icnofacies del miembro de Salmerón. A) situación de las texturas bioturbadas. B) Depósitos de tormentas interestratificados; a: depósitos de tormenta *s. s.*; b: depósitos de post-tormenta; c: texturas bioturbadas. Leyenda: 1: calizas grises. 2: calizas margosas. 3: texturas bioturbadas. 4: calcarenitas. 5: calizas bioclásticas. 6: bioturbación intensa. 7: bioturbación escasa. 8: *ripples* de oscilación. 9: granoselección. 10: superficie de erosión.

bioclásticas (*wackestones-pakstones*), que presentan una secuencia sedimentaria equivalente a la descrita por García Ramos *et al.* (1984a) para niveles de tempestitas. En concreto, en la sección tipo (corte de Salmerón) se pueden encontrar niveles delgados de calizas que se caracterizan por tener muros erosivos, granoselección y a veces *ripples* de oscilación a techo (Fig. 4B). Estos niveles se han interpretado como lechos de tormentas que suelen estar intercalados entre niveles bioturbados. En alguna ocasión se ha observado que entre estos niveles y los lechos de tormentas *s.s.* (*in-storm deposits*) existen depósitos de posttormenta (*post-storm deposits*) parcialmente bioturbados. En cualquier caso, los niveles con texturas bioturbadas se pueden utilizar como criterio para reconocer o delimitar los distintos episodios o microciclos de sedimentación rápida (García Ramos *et al.*, 1992), que truncan estos niveles muy bioturbados, de sedimentación lenta, típicos de los depósitos relativamente más profundos.

Miembros de Morrón Grande y de Hontanar. Los miembros inferior y superior de la Formación Majanillos (miembro de Morrón Grande y miembro de Hontanar), de facies de mayor energía o supramareales, apenas presentan estructuras de bioturbación, salvo en algunos niveles de calizas grises, a veces con estructura nodular, intercalados entre niveles margosos. Estas facies se pueden relacionar, en algunos casos, con intrusiones marinas o con medios restringidos del lito-

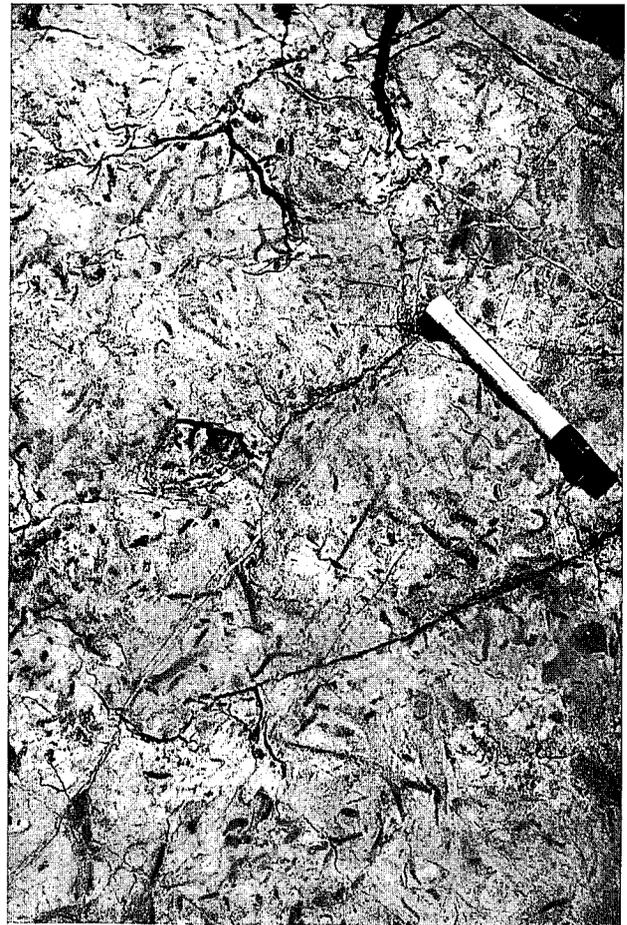


Figura 5.- Texturas bioturbadas de tipo *burrow mottled* en el miembro de Chiclana.

ral. En estas condiciones inestables, la actividad biológica que se desarrollaría sería de faunas bentónicas de especies oportunistas, en la que se observaría un gran número de individuos de variedad específica muy reducida.

Icnofósiles

Las trazas fósiles o icnofósiles, que se pueden determinar se encuentran principalmente en el miembro de Calizas bioclásticas y Calizas margosas bioturbadas de Chiclana, aunque pueden aparecer algunas trazas en algunos niveles del miembro de Calizas grises y Margocalizas de Salmerón. También son frecuentes en el miembro de Chiclana las texturas parcialmente bioturbadas de tipo *burrow mottled* (Fig. 5).

Miembro de Salmerón. En los tramos de calizas margosas con estructura nodulosa del miembro de Salmerón se han distinguido huellas de excavación orgánica subhorizontales tubiformes (*Planolites*). Estos *burrows* son de naturaleza calcárea y se encuentran en niveles determinados de los tramos de margocalizas, entre los nódulos de carbonatos. Estos tramos podrían relacionarse con depósitos de naturaleza heterogénea, con más o menos arcilla, quizá correspondientes a una

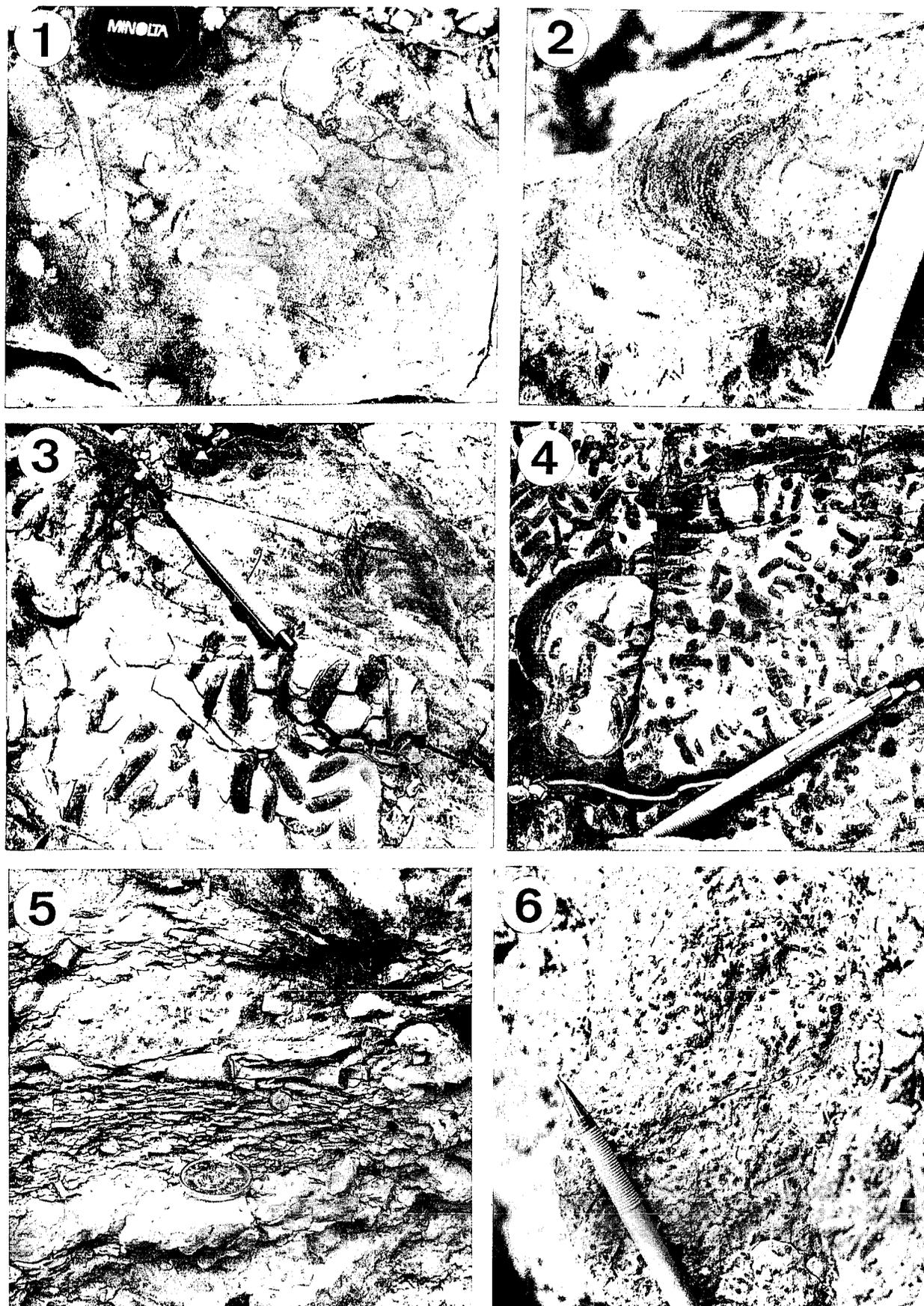


Figura 6.- Icnofacies estudiadas en el miembro de Chiclana. 1: Techo de un estrato de caliza con excavaciones subverticales (*shaft*) y grandes gasterópodos (*Loxonema* sp.). 2: Estructura protusiva de *Rhizocorallium*. 3: Fotografía del muro de un estrato en el que se observan icnofósiles de *Diplocraterion* y de *Rhizocorallium*, que indican dos niveles de condiciones energéticas diferentes. 4: Superficie con diferentes secciones de *Diplocraterion* que registran sucesivas etapas de erosión y depósito. 5: Aspecto de las estructuras subhorizontales del icnofósil *Planolites*. 6: Caliza margosa con diferentes secciones de las trazas de *Chondrites*.

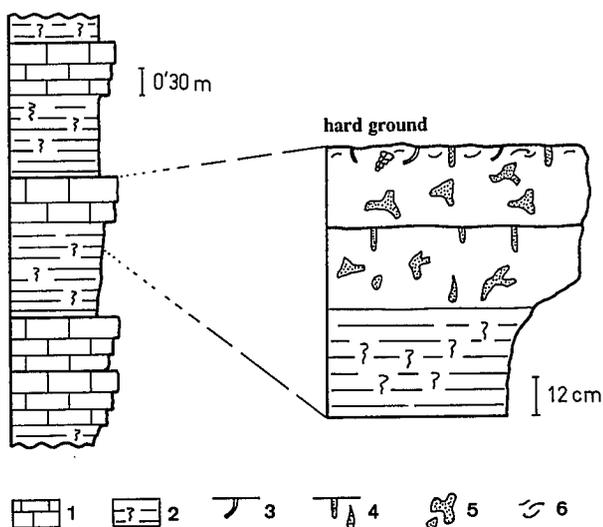


Figura 7.- Localización y facies de las secuencias de somerización dentro del miembro de Chiclana. Leyenda: 1: Calizas. 2: Calizas margosas. 3: Perforaciones. 4: Excavaciones debidas a bivalvos. 5: Estructuras de *Thalassinoides*. 6: Conchas.

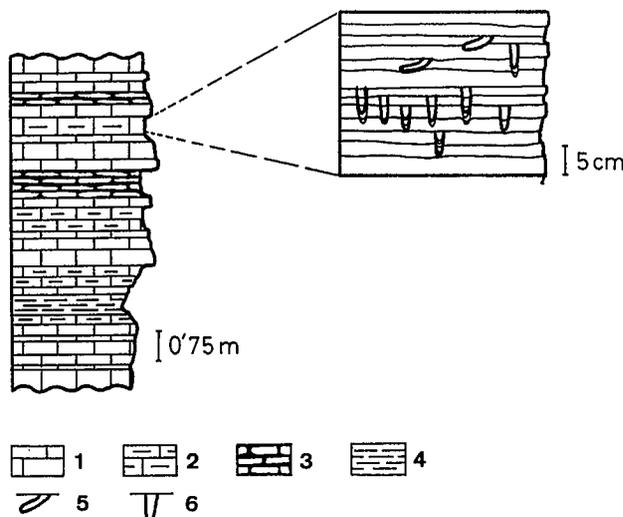


Figura 8.- Sección parcial del miembro de Chiclana y localización de algunas estructuras de bioturbación: estructuras de *Diplocraterion* y *Rhizocorallium*. Leyenda: 1: Calizas. 2: Calizas margosas. 3: Calizas nodulosas. 4: Margas. 5: *Rhizocorallium*. 6: *Diplocraterion*.

sedimentación continua y alternante o variable. No obstante, no hay que olvidar que la diagénesis puede jugar un papel muy importante como sucede en todo este tipo de rocas de naturaleza calizomargosa (Aigner, 1985; Jenkins, 1974; Olóriz y Rodríguez-Tovar, 1992).

Miembro de Chiclana. En este miembro se pueden diferenciar diversos tipos de estructuras biogénicas (Fig. 6). En primer lugar, se pueden reconocer algunas trazas difusas, ramificadas, irregulares y de color amarillento. Su color se debe a las mineralizaciones de dolomita férrica que cristaliza en las estructuras de bioturbación, por ser las zonas más porosas de la roca y de mayor permeabilidad para los fluidos diagenéticos (Byers y Stasko, 1978; Wilson y Jordan, 1983). Algunas de estas trazas se podrían atribuir al icnogénero de *Thalassinoides* aunque no sean visibles de modo claro las estructuras tridimensionales o ramificaciones típicas de este icnogénero, quizá debido al alto contenido de agua en el sedimento original. En este mismo sentido, Baud (1976) también describe unas galerías epigenizadas por doloesparrita, muy parecidas a las estudiadas en este trabajo, que presentan bifurcaciones irregulares, de diámetro variable, que atribuye al icnogénero *Spongiomorpha*, sinónimo del icnogénero *Thalassinoides*.

Varios de estos niveles de calizas contienen gran cantidad de bioclastos pertenecientes, sobre todo, a grandes gasterópodos (*Loxonema sp*), braquiópodos y bivalvos (Fig.6.1). En concreto se han podido reconocer varias superficies erosivas a techo de estos niveles con una gran acumulación de conchas. A veces, también se pueden distinguir algunas excavaciones debidas a bivalvos y a gusanos. Las excavaciones que tie-

nen un diámetro constante se han relacionado con una estructura debida a la migración de un bivalvo en sentido descendente, durante un episodio erosivo.

Se puede interpretar, entonces, que estas calizas representan microciclos de somerización que pueden acabar en superficies erosivas, en muchos casos de *hard ground*, donde se reconocen algunas perforaciones (Fig. 7).

En los niveles de calizas margosas bioturbadas de este mismo miembro, que se sitúan ligeramente más arriba que los anteriores, se reconocen fácilmente icnofósiles de *Rhizocorallium* y *Diplocraterion* (Figs. 6.3 y 8), relacionados con un medio oxigenado y de poca energía (Frey, 1984; García Ramos *et al.*, 1989). Existen algunos niveles con concentración de *Diplocraterion* que reflejan etapas de depósito y erosión pues, se pueden observar secciones que son atribuibles a estructuras de desplazamiento del tubo en U hacia abajo (protusivas) y hacia arriba (retrusivas). En una misma superficie aparecen secciones distintas de *Diplocraterion* (Fig. 6.4) que evidencian la inestabilidad del medio sedimentario (Frey, 1975).

También se pueden observar en el miembro de Chiclana unos tramos en los que alternan niveles finos de calizas margosas con *Chondrites* y margocalizas con huellas de excavación tubiformes, subhorizontales, atribuibles a *Planolites* (Fig. 9). Las bioturbaciones de *Planolites* tiene un contorno muy neto, con un diámetro que oscila entre 4 a 8 mm (Fig. 6.5). En cambio, el icnogénero *Chondrites* tiene contornos poco definidos y son de un tamaño medio, con secciones de 1 a 3 mm (Fig. 6.6). Estos icnofósiles se pueden asociar a medios de menor energía y probablemente más restringidos, si se tiene en cuenta que las facies sedimentarias en la

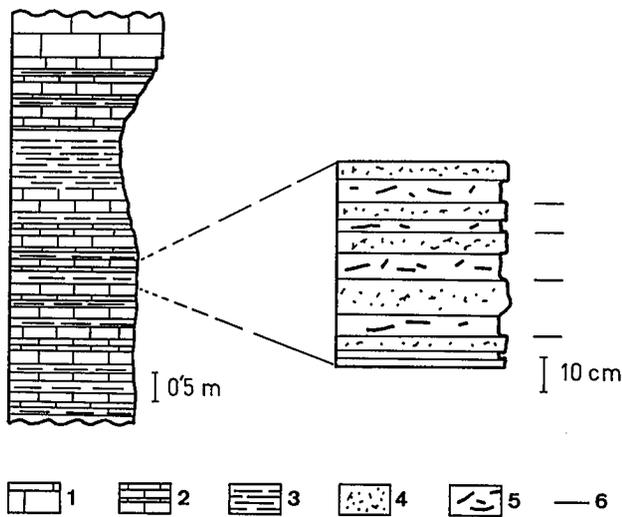


Figura 9.- Ritmia de calizas margosas y margocalizas del miembro de Chiclana. En los microciclos hay una alternancia de estructuras de *Planolites* y *Chondrites*.

vertical evolucionan a facies litorales (Fig. 10). Quizá la alternancia de litofacies e icnofacies se deba a la variabilidad en las condiciones del medio sedimentario, que vienen determinadas por la tectónica, cambios climáticos, etc. Estos factores modifican los subambientes sedimentarios determinando, entre otras cosas, la cantidad de terrígenos que se depositan y la oxigenación del medio. Así se explica la aparición cíclica de las facies carbonáticas con *Chondrites*, que se relacionan con facies restringidas muy poco oxigenadas (Bromley y Ekdale, 1984; Valenzuela *et al.*, 1986).

Esta asociación de icnofósiles, reconocida en este miembro, se podría relacionar con un medio con unas condiciones de sedimentación discontinua, de una zona somera restringida de la plataforma marina, con una tasa de sedimentación relativamente alta aunque variable. Se observa, en primer lugar, que existe una intensa bioturbación con una densidad variable y una litología alternante en la que median algunas superficies o cicatrices erosivas. Y, en segundo lugar, se ve que las facies son restringidas, en general de baja energía, aunque pueden mediar niveles o superficies que reflejan condiciones energéticas mayores. Por otra parte, esto es corroborado por la aparición, en algunos niveles muy concretos, de conchas de bivalvos de pequeño tamaño que reflejan la gran inestabilidad del medio y la inmadurez del ecosistema. Se trata, en definitiva, de materiales depositados muy cerca del litoral.

Discusión y conclusiones

En los materiales carbonáticos de la Formación Majanillos se puede encontrar una amplia gama de facies que va desde facies muy bioturbadas, con texturas bioturbadas, a facies muy poco bioturbadas con diversos tipos de icnofósiles, pasando por facies de *burrow mottled*.

Se observa que las texturas bioturbadas con densidad mayor y con menor variedad específica se encuentran en el miembro de Salmerón. Están relacionadas con facies marinas relativamente profundas dentro de la plataforma carbonatada, aunque no se descarta que se trate de facies restringidas someras, y reflejan una sedimentación lenta y continua (Fig. 10c). Los niveles calcareníticos o calcilitíticos intercalados, sin texturas de bioturbación, corresponden a facies de tempestitas.

En el miembro de Hontanar aparecen también algunos niveles con texturas bioturbadas pero con un significado diferente. Se trata de depósitos de una zona restringida o lagunar (Fig. 10e) donde existen periodos en los que llegan materiales terrígenos en los que se dan una condiciones idóneas para la precipitación de carbonatos y el desarrollo de una fauna de especies oportunistas.

En los niveles más altos, correspondientes al miembro de Chiclana, hay una mayor variedad de icnofósiles (Fig. 11): *Thalassionides*, *Rhizocorallium*, *Diplocraterion*, *Planolites* y *Chondrites*. Se observa una alternancia de facies litológicas al mismo tiempo que se observa una variabilidad en la densidad de las estructuras de bioturbación. Son también frecuentes las cicatrices o superficies erosivas. Todo parece indicar que hay una mayor inestabilidad en el medio de sedimentación que afecta tanto a las condiciones físicas como biológicas.

Los niveles inferiores de este miembro con óxidos de hierro, con trazas truncadas de *Thalassinoides*, con perforaciones y con una gran acumulación de grandes conchas, reflejan paros en la sedimentación y periodos de erosión. Se relacionan con facies de *lagoon* somero restringido (Fig. 10d). Sin embargo, en los niveles más altos hay un predominio, por una parte, de trazas de *Planolites* y *Chondrites*, y por otra, de *Diplocraterion* y *Rhizocorallium*, relacionadas con facies sedimentarias más someras. La alternancia, en primer lugar de *Chondrites* y *Planolites*, y en segundo lugar de *Diplocraterion* y *Rhizocorallium* obedecen a unas condiciones energéticas diferentes. Ambas asociaciones se encuentran en el tránsito entre el miembro de Chiclana y el miembro de Hontanar, por lo que se sitúan en los materiales de facies de plataforma carbonática somera, aunque registran condiciones energéticas muy variables (Fig. 11). *Chondrites* y *Planolites* se relacionan con las facies de menor energía, mientras que *Diplocraterion* y *Rhizocorallium* se encuentran en facies de energía ligeramente mayor. Por otra parte, en ambos casos las facies reflejan una oscilación en las condiciones energéticas del medio sedimentario, sobre todo en las facies relacionadas con las trazas de *Diplocraterion* y *Rhizocorallium*. Además, junto a estos dos icnogéneros se han encontrado estructuras de surco, que corresponden a pistas orientadas según la dirección de paleocorrientes, que se formaron en condiciones aún de mayor energía.

Se puede entonces decir que las facies del miembro de Chiclana están relacionadas con un medio sedimen-

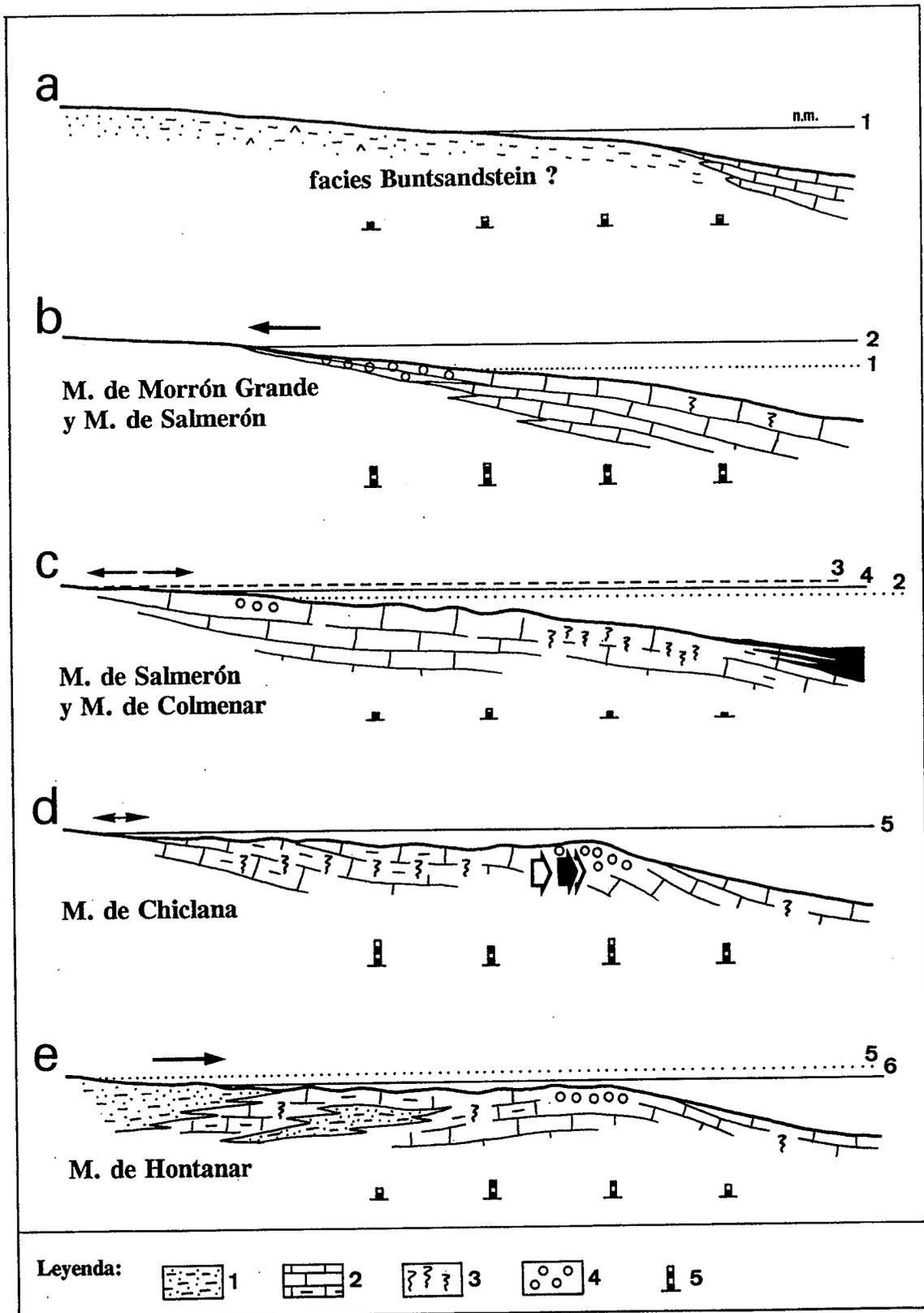


Figura 10.- Esquema en el que se representa la evolución en el tiempo de la rampa/plataforma carbonatada, en relación con los movimientos relativos del nivel del mar y el depósito de los diferentes miembros de la Formación Majanillos. Leyenda: 1: Facies terrígenas. 2: Carbonatos. 3: Estructuras de bioturbación. 4: Calcarenitas. 5: Tasa relativa de sedimentación estimada.

tación de una plataforma carbonática con unas condiciones energéticas variables, por lo tanto con una tasa de sedimentación variable con episodios de no sedi-

mentación y de erosión.

En estas facies con *Thalassionides* o con *Rhizocorallium* y *Diplocraterion*, o bien con

FORMACION MAJANILLOS	VELOCIDAD RELATIVA DE SEDIMENTACION	DENSIDAD RELATIVA DE BIOTURBACION	BIOFACIES	ICNOFAUNA
M. Hontanar	- intermedia	- muy baja - baja	- textura bioturbada	<i>Chondrites</i> <i>Planolites</i> <i>Diplocraterion</i> <i>Rhizocorallium</i> <i>Perforaciones</i> <i>Thalassinoides</i>
M. Chiclana	- alta - variable e irregular	- alta - variable de modo alternante	- icnitas y <i>burrow mottled</i>	
M. Colmenar	- baja	- muy baja	- textura bioturbada	
M. Salmerón	- intermedia	- baja - alta	- pistas aisladas	
M. Morrón Grande	- alta	- baja - muy baja		

Figura 11.- Cuadro esquemático en el que se relacionan las biofacies con los distintos miembros de la formación Majanillos (facies Muschelkalk).

Planolites y *Chondrites*, las secuencias sedimentarias de pequeña escala observadas (ciclos de 4°-5° orden) corresponden a secuencias de somerización, en la mayoría de los casos, que podrían relacionarse con oscilaciones relativas del nivel del mar. Calvet *et al.* (1990), describe secuencias de somerización, también de pequeña escala, en el Muschelkalk de los Catalánides, y las interpreta como secuencias de origen probablemente glacioeustático.

Este trabajo ha sido realizado dentro del Grupo de Investigación RNM 0163 de la Junta de Andalucía.

Bibliografía

- Aigner, T. (1985): Storm depositional systems. Dynamic stratigraphy in moder and ancient shallow-marine sequences. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 3, Springer Verlag, Berlin, 174 p.
- Baud, A. (1976): Les terriers de crustacés décapodes et l'origine de certains facies du Trias carbonaté. *Eclogae Geol. Helv.*, 69: 415-424.
- Byers, C.W. y Stasko, L.E. (1978): Trace fossils and sedimentologic interpretation - Mc Gregor Member of Platteville Formation (Ordovician) of Wisconsin. *Jour. Sed. Petrology*, 48: 1303-1310.
- Bromley, R.G. y Ekdale, A.A. (1984): Chondrites: a trace fossil indicator of anoxia in sediments. *Science*, 224: 872-874.
- Busnardo, R. (1975): Prébétique et Subbétique de Jaen à Lucena (Andalousie): Introduction et Trias. *Doc. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon*, 66, 183 p.
- Calvet, F., Tucker, M.E. y Henton, J.M. (1990): Middle Triassic carbonate ramp systems in the Catalan Basin, northeast Spain: facies, systems tracts, sequences and controls. En: *Carbonate Platforms* (E. Turcker, J.L. Wilson, P.D. Crevello, J.R. Sarg y J.F. Read, eds.), *Int. Ass. Sediment. Spec. Publ.*, 9: 79-108.
- Frey, R.W. (1975): The realm of ichnology, its strengths and limitations. En: *The Study of Trace Fossils. A synthesis of principles, problems and procedures in Ichnology* (R.W. Frey, ed.) Springer, Verlag, New York, 13-38.
- Frey, R.W. (1984): Trace fossil facies model. En: *Facies Models* (R.G. Walker, ed.), *Geoscience Canada*, Reprint series 1: 189-207.
- García Ramos, J.C., Aramburu, C., Valenzuela, M. y Suárez de Centi, C. (1984a): Depósitos de tempestad en series de plataforma del Devónico de Asturias. *Publ. de Geol.*, Univ. Aut. de Barcelona, 20: 121-130.
- García Ramos, J.C., Valenzuela, M. y Suárez de Centi, C. (1984b): Orientación de icnofauna y su aplicación sedimentológica al estudio de paleocorrientes. Formación Naranco. Devónico Medio de Asturias. *Publ. de Geol.*, Univ. Autónoma de Barcelona, 20: 269-281.
- García Ramos, J.C., Valenzuela, M. y Suárez de Centi, C. (1989): Sedimentología de las huellas de actividad orgánica. En: *Sedimentología* (A. Arche, coordinador), *Nuevas Tendencias*, CSIC, 2: 261-342.
- García Ramos, J.C., Suárez de Centi, C., Valenzuela, M. y Aramburu, C. (1992): Icnofósiles, sedimentación episódica, tempestitas fangosas y «black shales» de ambientes seudoanóxicos, en sucesiones marinas de plataforma y rampa. *Reun. Monogr. Biosedimentación*, SGE, Oviedo, 31-36.
- Jenkins, H.C. (1974): Origin of red nodular limestones (Ammonitico Rosso, Knodentalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model. En: *Pelagic sediments: On land and under the sea* (K.J. Hsü y H.C. Jenkins, eds.) *Int. Ass. Sediment.*, Spec. Publ., 1: 240-271.
- Olóriz, F. y Rodríguez-Tovar, F.J. (1992): Contribución del análisis icnológico en la interpretación del origen de la ritmita margoso-calcárea de edad Kimmeridgiense inferior (Zona *Platynota*) en el Prebético Central. *Reun. Monogr. Biosedimentación*, SGE, Oviedo, 41-45.
- Pérez-López, A. (1991): *El Triás de facies germánica del*

- sector central de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral Univ. Granada. Servicio Publicaciones Univ. Granada: 400p.
- Valenzuela, M., García-Ramos, J.C. y Suárez de Centi, C. (1986): Las icnofacies y su aplicación a la interpretación paleoambiental en series margo-calcáreas rítmicas del Jurásico. *XI Congr. Esp. de Sedimentología*, Barcelona, Comunicaciones, 174.
- Wilson, J.L. y Jordan, C. (1983): Middle shelf environment. En: *Carbonate depositional environments* (Scholle, Bobout y Moore, eds.) *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, Mem. 33: 298-343.

Manuscrito recibido el 30 de Mayo de 1992

Aceptado el manuscrito revisado el 22 de Septiembre de 1992