

Calcarenitas de *Microcodium* (Formación Majalcorón, Paleoceno, Subbético): descripción, bioestratigrafía y significado en el Terciario de la Cordillera Bética

J.A. Vera⁽¹⁾, J.M. Molina⁽²⁾ y R. Aguado⁽³⁾

(1) Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Universidad de Granada. Facultad de Ciencias. 18071 Granada.
E-mail: jvera@ugr.es

(2) Departamento de Geología. Universidad de Jaén. Facultad de Ciencias Experimentales. 23071 Jaén.
E-mail: jmmolina@ujaen.es

(3) Departamento de Geología. Universidad de Jaén. Escuela Politécnica de Linares. 23700 Linares (Jaén).
E-mail: raguado@ujaen.es

RESUMEN

La Formación Majalcorón (Daniense-Selandiense inferior) se ha definido como una unidad litoestratigráfica formal perteneciente al Paleoceno del Subbético, un dominio paleogeográfico en el margen continental Sudibérico. Esta formación está compuesta principalmente de calcarenitas con *Microcodium*. En el holoestratotipo, paraestratotipo y otros afloramientos, se han estudiado y descrito sus facies y microfacies (mayoritariamente *grainstone* de *Microcodium*), las estructuras sedimentarias (estratificación cruzada de tipo *hummocky*, entre otras) y su posición estratigráfica peculiar, entre facies pelágicas. Para precisar la edad de esta formación se analizó el contenido en nanofósiles de muestras de las rocas infrayacentes y suprayacentes de varios afloramientos, incluyendo el holoestratotipo y paraestratotipo. El estudio bioestratigráfico muestra que el comienzo del depósito calcarenítico tuvo lugar en el Paleoceno inferior (Daniense inferior, Subzona de nanofósil calcáreo NTp1B). Algunas muestras tomadas en las margas interestratificadas dentro de las calcarenitas son de edad Daniense superior a Selandiense temprano (subzonas de nanofósiles calcáreos NTp5B a NTp7). Los depósitos hemipelágicos que cubren directamente las calcarenitas tienen edades ligeramente diferentes (Daniense terminal a Selandiense medio, subzonas de nanofósil calcáreo NTp5C a NTp8C) dependiendo de la localidad. Todos estos resultados muestran que la mayoría de las calcarenitas se depositaron durante el Daniense.

La Fm Majalcorón destaca tanto por su localización estratigráfica peculiar, entre facies pelágicas, como por su composición de calcarenitas de *Microcodium*, las cuales procedentes de la erosión de afloramientos de paleosuelos. Como áreas madre de los enormes volúmenes de *Microcodium* se proponen las localizadas en sectores septentrionales, en el Subbético Externo, donde hay claros rasgos de paleometeorización y erosión en el Mesozoico. La Fm Majalcorón, depositada en ambientes de rampa somera, se sitúa e interpreta en el conjunto de las unidades estratigráficas adyacentes de carácter pelágico y turbidítico del Cretácico superior-Paleógeno.

Palabras clave: Calcarenitas, *Microcodium*, nanofósiles, Paleoceno, Subbético

Microcodium calcarenites (Majalcorón Formation, Paleocene, Subbetic): description, biostratigraphy and significance in the Tertiary of the Betic Cordillera

ABSTRACT

The Majalcorón Formation (Danian-Lower Selandian) was defined as a formal lithostratigraphic unit belonging to the Paleocene of the Subbetic, a palaeogeographic domain in the Southern Iberian continental margin. This formation is mainly made up of calcarenites with Microcodium. In the holostratotype, parastratotype and different outcrops, the facies and microfacies (disaggregated Microcodium comprises the bulk of the carbonate fraction), the sedimentary structures (hummocky cross-stratification, among others) and peculiar stratigraphic location, between pelagic facies, are studied and described. To precise the age of this formation the underlying and overlying rocks from several outcrops, including the holostratotype and parastratotype localities, were sampled and investigated using nannofossils. The biostratigraphic study shows that the onset of the calcarenitic deposition began in the early Paleocene (early Danian, calcareous nannofossil Subzone NTp1B). Some samples taken in the marlstones interbedded within the calcarenites are of late Danian to early Selandian age (calcareous nannofossil subzones NTp5B to NTp7). The hemipelagic deposits directly covering the calcarenites have slightly different ages (latest Danian to middle Selandian, calcareous nannofossil subzones NTp5C to NTp8C) depending of the locality. All these results show that most of the calcarenites were deposited during the early to latest Danian interval.

The Majalcorón Fm stand out by their peculiar stratigraphic location, between pelagic facies, and their composition (Microcodium calcarenites) coming from the erosion of palaeosols outcrops. As mother areas of the huge volumes of Microcodium are proposed the loca-

ted northerly, in the External Subbetic, where there are obvious palaeoweathering and erosive features in the Mesozoic. The Majalcorón Fm deposited in shallow ramp environments is situated and interpreted in the whole of the mainly pelagic and turbiditic Upper Cretaceous-Paleogene adjacent stratigraphic units.

Key words: Calcarenites, *Microcodium*, nannofossils, Paleocene, Subbetic

Introducción

La Formación Majalcorón fue definida por Molina *et al.* (2003) como una nueva unidad litoestratigráfica en el Subbético caracterizada básicamente por su litología de calcarenitas con abundante *Microcodium*. Esta formación aparece en el sector central del Subbético Medio, principalmente entre las provincias de Granada y Jaén, y se encuentra bien representada especialmente en la hoja 990 (Alcalá la Real), del mapa a escala 1:50.000. Otros afloramientos de esta formación se localizan en las hojas vecinas de Iznalloz (991), Montefrío (1008), Lucena (989) y Rute (1007). En la mayoría de estos últimos afloramientos la deformación tectónica y, especialmente, el intenso cultivo dificultan enormemente el levantamiento de secciones estratigráficas detalladas. Dos secciones estratigráficas que se han podido establecer de la formación completa, estrato a estrato, corresponden al holoestratotipo (Peñas de Majalcorón, Fig. 1) y al paraestratotipo (al N de la Fuente de la Pileta, Fig. 1). Además se han estudiado detalladamente otras secciones al NO de la Venta de Agramaderos, Cortijo de la Cazuela del Pozo, N de la Fuente de la Pileta, Rosal Bajo, E del Cortijo de Santa Teresa y Pilas de la Fuente del Soto cuya situación, enumerada del 1 al 6 respectivamente, se puede ver en la Figura 1.

Estos afloramientos en trabajos anteriores de acuerdo con su litología se han denominado "calizas arenosas" atribuyéndoles una edad Paleoceno-Eoceno medio (Díaz de Neira *et al.*, 1991), o también "microcoditas", calizas o calcarenitas de *Microcodium*, de edad Paleoceno (ver revisión en Vera, 2000).

La Fm Majalcorón se sitúa sobre las calizas margosas pelágicas generalmente de color rosado de la Fm Capas Rojas. Sobre la Fm Majalcorón se encuentran calizas margosas de la misma Fm Capas Rojas, o margas grises o amarillentas con niveles de areniscas turbidíticas bioclásticas del Eoceno. La edad de esta formación, y su interpretación genética han sido estudiadas, respectivamente, por Aguado *et al.* (2003) y Vera *et al.* (2003).

La Fm Majalcorón toma su nombre de la aldea de Peñas de Majalcorón perteneciente al municipio de Alcalá la Real (provincia de Jaén), a unos 8 km al SO de la ciudad, y muy cerca del límite con las provincias de Córdoba y Granada (Fig. 1). Esta aldea se encuen-

tra al pie de un relieve escarpado (Peñas de Majalcorón) con un magnífico afloramiento donde se ha establecido el holoestratotipo. Se accede por la pista que sale hacia la aldea citada desde la carretera JV-2241, que a su vez parte de la carretera A-335 de Alcalá la Real a Montefrío. Cartográficamente, el holoestratotipo se sitúa en la Hoja 990-IV (Ermita Nueva) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional con coordenadas UTM VG117416 en el muro y VG117417 en el techo. El holoestratotipo presenta una potencia de 56 m y en la Figura 2 pueden verse sus principales características. En las Figuras 3-1 y 3-2 se observa el aspecto de campo del afloramiento.



Fig. 1. Situación geográfica de los afloramientos de la Fm Majalcorón en la hoja 990 (Alcalá la Real) del mapa a escala 1:50.000 con la localización del holoestratotipo (Peñas de Majalcorón), del paraestratotipo (Fuente de la Pileta) y otras secciones estudiadas. 1: NO de la Venta de Agramaderos. 2: Cortijo de la Cazuela del Pozo. 3: N de la Fuente de la Pileta. 4: Rosal Bajo. 5: E del Cortijo de Santa Teresa. 6: Pilas de la Fuente del Soto

Fig. 1. Geographic situation of the Majalcorón Fm outcrops in the map n 990 (Alcalá la Real) to escale 1:50.000 with the location of the holostratotype (Peñas de Majalcorón), of the parastratotype (Fuente de la Pileta) other analysed sections estudiadas. 1: NW of the Venta de Agramaderos. 2: Cazuela del Pozo. 3: N of the Fuente de la Pileta. 4: Rosal Bajo. 5: E of the Cortijo de Santa Teresa. 6: Pilas of the Fuente del Soto

El paraestratotipo de esta formación se sitúa en el término municipal de Montefrío (provincia de Granada), unos 3 km al NNE de Montefrío (Fig. 1). Se accede por una pista que sale desde la carretera A-335 en las afueras de Montefrío hacia la Fuente de la Pileta y Cortijo de la Cazuela del Pozo. Se encuentra 400 m al N de la Fuente de la Pileta, en el denominado Barranco de la Pileta y más concretamente en la hoja 990-IV (Ermita Nueva) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Nacional, con coordenadas UTM del muro VG122340 y del techo VG122339. Como antecedentes hay que destacar que esta sección estratigráfica fue estudiada micropaleontológicamente por Martínez-Gallego y Roca (1973) que le atribuyeron, de acuerdo con su contenido en foraminíferos planctónicos, una edad Daniense superior. La columna estratigráfica detallada estudiada, que puede verse en la Figura 2, presenta una potencia de 39,5 m. En la Figura 3-3 se observa el afloramiento de esta formación en el barranco de la Pileta.

Además del holoestratotipo y paraestratotipo otras secciones y afloramientos que se han estudiado con detalle en esta formación se encuentran al NO de la Venta de Agramaderos, Cortijo de la Cazuela del Pozo, N de la Fuente de la Pileta, Rosal Bajo, E del Cortijo de Santa Teresa, Pilas de la Fuente del Soto y Venta de Agramaderos. La situación de todas estas secciones y afloramientos puede verse en la Figura 1.

Litoestratigrafía

Facies y asociaciones de facies

El análisis microscópico de más de 100 láminas delgadas muestra una microfacies de *grainstone* de *Microcodium*, con cuarzo, foraminíferos bentónicos y planctónicos, bioclastos (principalmente espículas de equínidos y algas coralinas), peloides, fragmentos carbonosos, glauconita y pequeños cristales de mica.

Destacan los fragmentos de *Microcodium* que componen generalmente entre el 40 y 90% de la roca como granos de forma prismática disgregados, con tamaños de los prismas de longitud máxima y mínima respectivamente de 0,3 a 0,5 mm por 0,03 a 0,05 mm (Fig. 3-4). Algunos granos de *Microcodium* presentan una disposición organizada en agregados con forma de rosetas completos (Figs. 3-5 y 3-6).

El cuarzo se encuentra entre el 5 y 15% del total, es muy anguloso, no sobrepasa los 0,7 mm de diámetro máximo, y su tamaño medio se encuentra entre 0,1 y 0,2 mm. Entre los bioclastos más abundantes y característicos destacan las algas coralináceas, de hasta 1,3 mm de longitud máxima y las espículas de equí-

nidos, estas últimas a veces silicificadas. Hay fragmentos de carbón y restos de plantas de más de 2,5 mm y granos de glauconita de 0,1 a 0,4 mm.

También aparecen algunos niveles de potencia centimétrica, discontinuos entre los niveles calcareníticos, de *wackestone* con pequeños foraminíferos planctónicos (*Globigerina*, *Globorotalia*), bioclastos, cuarzo, laminación paralela, bioturbación abundante y con radiolarios silicificados de hasta 2,5 mm de diámetro (Fig. 3-7)

Los cementos son de tipo sintaxial y poiquilítico. En lámina delgada se observa una cementación esparítica muy importante asociada con pequeñas venas de disolución diagenética.

Estructuras sedimentarias

Los estratos calcareníticos suelen ser masivos aunque localmente presentan laminación horizontal dada por la disposición planar de los prismas de *Microcodium* y granos de cuarzo. En algunos niveles se reconocen buenos ejemplos de estratificación cruzada de tipo *hummocky* y formas en montículo con muro plano y techo ondulado, en los que se han determinado longitudes de onda entre 60 y 370 cm y altura entre 4 y 23 cm, que dan lugar localmente a acuñamientos de estratos (Figs. 4-1, 4-2 y 4-3). En el holoestratotipo se han observado algunas estratificaciones cruzadas, que indican paleocorrientes predominantes hacia el SE.

Hay que destacar la existencia de cantos blandos de hasta 4 cm de longitud máxima abundantes en algunos niveles (Fig. 4-4), parecidos a los descritos por Molina y Vera (2001), así como la existencia de "*burrows*" con rellenos micríticos (Fig. 4-5).

Se observan interesantes estructuras diagenéticas principalmente de escape de agua de tipo "*tepee*" (Fig. 4.6). También hay que señalar la existencia de cambios bruscos laterales de estratificación bien preservada a formas masivas, por ejemplo muy bien visibles en los afloramientos de Rosal Bajo (4 en Fig. 1), que implican cambios importantes de cementación diferencial en las calcarenitas limitados por superficies de fracturas aproximadamente verticales.

La potencia máxima de esta formación de unos 60 m se alcanza en el sector de las Peñas de Majalcorón y al NO de la Venta de Agramaderos. Desde el punto de vista de sus relaciones con los materiales infrayacentes y suprayacentes destaca su muro plano y techo erosivo con rasgos de paleokarst en Venta de Agramaderos y Fuente de la Pileta (Fig. 4-7). En esta última localidad y en la Cazuela del Pozo aparecen diques neptúnicos (Fig. 4-8).

Bioestratigrafía

Desde el punto de vista bioestratigráfico los únicos

datos previos a los de los autores de este trabajo acerca de la edad de los materiales de la Fm Majalcorón provienen de un breve trabajo (Martínez-

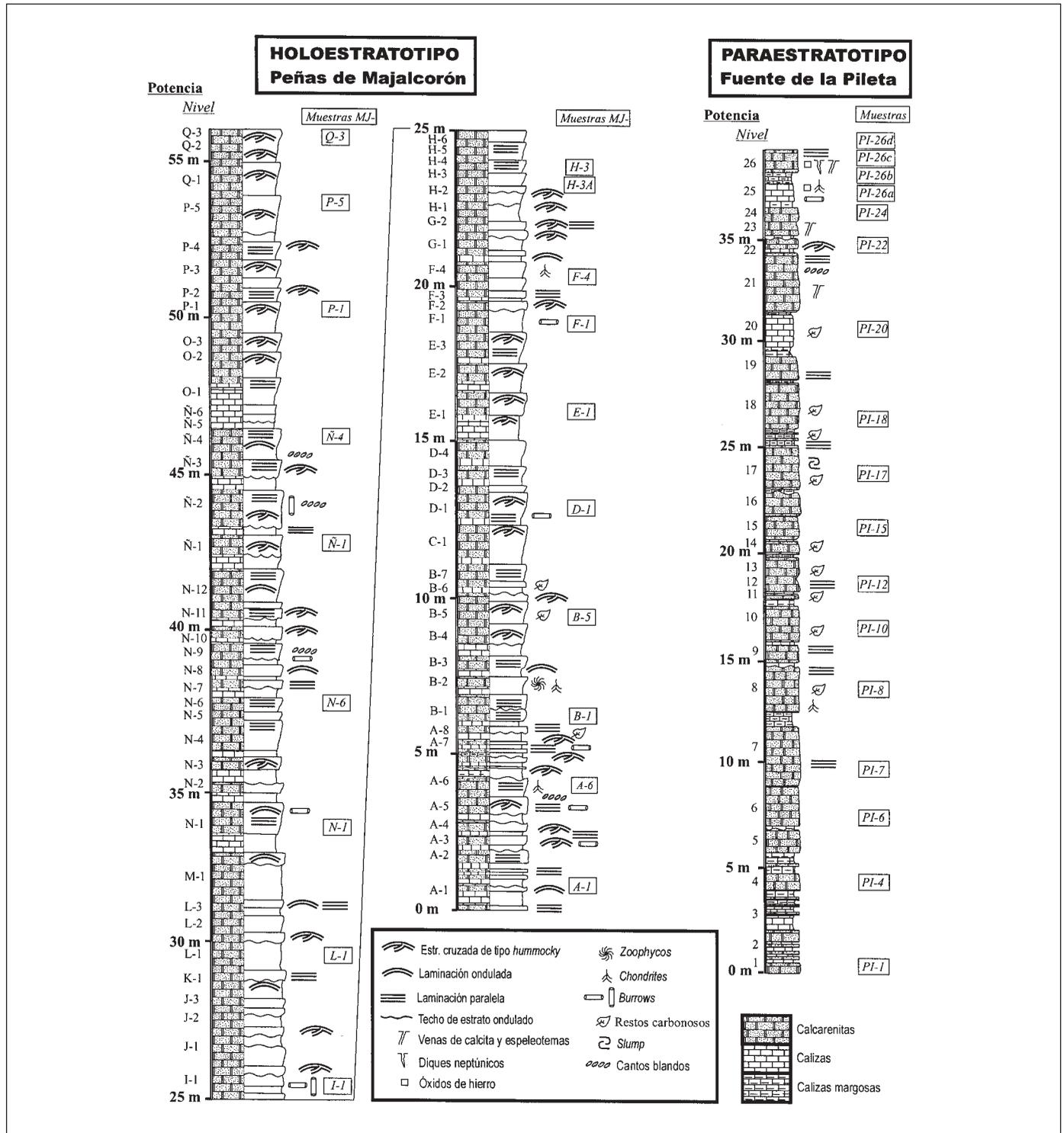


Fig. 2. Secciones estratigráficas del holoestratotipo (Peñas de Majalcorón) y parastratotipo (Fuente de la Pileta)
Fig. 2. Stratigraphic sections of the holostratotype (Peñas de Majalcorón) y parastratotype (Fuente de la Pileta)

Gallego y Roca, 1973) en el que se estudiaron, mediante foraminíferos planctónicos, los afloramientos de la Fuente de la Pileta, al N de Montefrío. Estos autores analizaron algunas muestras en la base, parte media y techo del cuerpo calcarenítico con *Microcodium*, datándolo globalmente como Daniense superior (Zona de *Globorotalia trinidadensis* de Bolli, equiparable a la Zona de *Globorotalia compressa/Globigerina daubjergensis* de Loeblich y Tappan).

La litología dominante en la Fm Majalcorón es poco favorable a la preservación de restos fósiles de microorganismos planctónicos, como foraminíferos o nanofósiles. Por este motivo, para la caracterización bioestratigráfica y datación de los materiales de esta formación se ha procedido sobre todo a un muestreo de los materiales infra y suprayacentes en varios afloramientos, incluyendo los del holoestratotipo y paraestratotipo, además de otras localidades. El estudio bioestratigráfico se ha realizado mediante nanofósiles, grupo que ofrece, durante el Terciario, una resolución similar a la que proporcionan los foraminíferos planctónicos. La posición de las diferentes muestras estudiadas, con respecto al muro y al techo de la formación, en cada uno de los cortes, se representa en la Figura 5.

En general, en las muestras estudiadas, los nanofósiles son abundantes y su grado de preservación es moderado. Las asociaciones son bastante diversificadas (Figs. 6 y 7) y características de paleolatitudes medias-bajas. Llama la atención la presencia, en todas las muestras terciarias, de una fracción variable de nanoflora resedimentada que incluye, fundamentalmente, taxones del Cretácico superior (Campañense y Maastrichtiense) aunque también algunos del Cretácico inferior. La fracción de nanofósiles resedimentados disminuye a medida que, desde el límite Cretácico/Terciario, nos desplazamos hacia materiales más recientes. Para obtener la máxima resolución posible en el estudio de las muestras terciarias, hemos tratado de aplicar el esquema zonal de Varol (1989) para paleolatitudes bajas, al cual nos referiremos en adelante. En la Figura 8 presentamos un esquema de correlación entre esta biozonación y las estándares de Martini (1971) y de Okada y Bukry (1980). Para las muestras cretácicas utilizamos el esquema bioestratigráfico desarrollado por Aguado (1993).

En el holoestratotipo (Peñas de Majalcorón) y áreas próximas (Pilas de la Fuente del Soto), las muestras tomadas inmediatamente bajo la base de la Fm Majalcorón (FP-1 y FP-2) han proporcionado una asociación de nanofósiles caracterizada por la presencia de *Cruciplacolithus primus*, *Neobiscutum parvulum*, *N. romeinii* y *Hornibrokina edwardsii* como taxones más destacados. Esta asociación, junto a la

ausencia de representantes del género *Futyania*, permite asignar estas muestras a la Subzona NTp1B de Varol (1989), de edad Daniense inferior. Las muestras inmediatamente por encima del cuerpo calcarenítico (MJ-T-2 y MJ-T-3) contienen una asociación muy diversa que presenta, como taxones más significativos, a *Fasciculithus pileatus*, *F. involutus*, *F. janii*, *Sphenolithus primus*, *Ellipsolithus distichus*, *E. macellus* y *Sullivania danica*. Esta asociación, junto a la ausencia de *Fasciculithus tympaniformis*, permite asignar estas muestras a la Subzona NTp8C de Varol (1989), de edad Selandiense medio (Varol, 1998).

En el paraestratotipo (Fuente de la Pileta), las muestras estudiadas algunos metros por debajo de la Fm Majalcorón (PI-M-1 y PI-M-2) han resultado ser de edad Cretácico superior. La presencia de la asociación compuesta por *Micula prinsii*, *M. murus*, *Cribracorona gallica* y *Lithravidites quadratus* como especies más significativas, permite asignarlas a la Zona de *Micula prinsii*, de edad Maastrichtiense terminal (Aguado, 1993). Las muestras tomadas en niveles más margosos situados en la parte media (PI-17), e inmediatamente por encima (PI-T) del cuerpo calcarenítico, contienen asociaciones pobremente preservadas, caracterizadas por la presencia de *Prinsius martinii*, *Cruciplacolithus tenuis*, *Sullivania danica* y *Ericsonia robusta*. La asociación anterior, junto a la ausencia de taxones resistentes a la diagénesis, como los representantes de los géneros *Fasciculithus* y *Sphenolithus*, permitiría asignar estas muestras al intervalo comprendido entre las zonas NTp5B y NTp7, ambas incluidas (Varol, 1989). Este intervalo equivale, en parte, a las zonas NP3 y NP4 de Martini (1971) y CP2 y CP3 de Okada y Bukry (1980) y tiene una edad Daniense superior o a lo sumo Selandiense inferior (Fig. 8).

Además de en el holoestratotipo y paraestratotipo, se han tomado muestras en otras localidades (NO de la Venta de Agramaderos, Cortijo de la Cazuela del Pozo y N de Villalobos; Fig.1) con objeto de complementar las dataciones realizadas. En la Venta de Agramaderos, la muestra tomada bajo el muro de la Fm Majalcorón (VA-1) presenta una asociación muy similar a la del paraestratotipo, caracterizada por la presencia de *Micula prinsii*, *M. murus*, *Cribracorona gallica* y *Lithravidites quadratus* como especies más significativas, y asignable a la Zona de *M. prinsii* de edad Maastrichtiense terminal (Aguado, 1993). En esta misma localidad se tomó una secuencia de muestras en un relleno margoso situado sobre el techo del cuerpo calcarenítico con *Microcodium*. De ellas, las más bajas (VA-10R y 11R), con la asociación compuesta por *Ericsonia cava*, *E. subpertusa*, *E. robusta*, *Prinsius martinii*, *Ellipsolithus macellus*, *Neochiastozygus modestus* y *Toweius pertusus* como

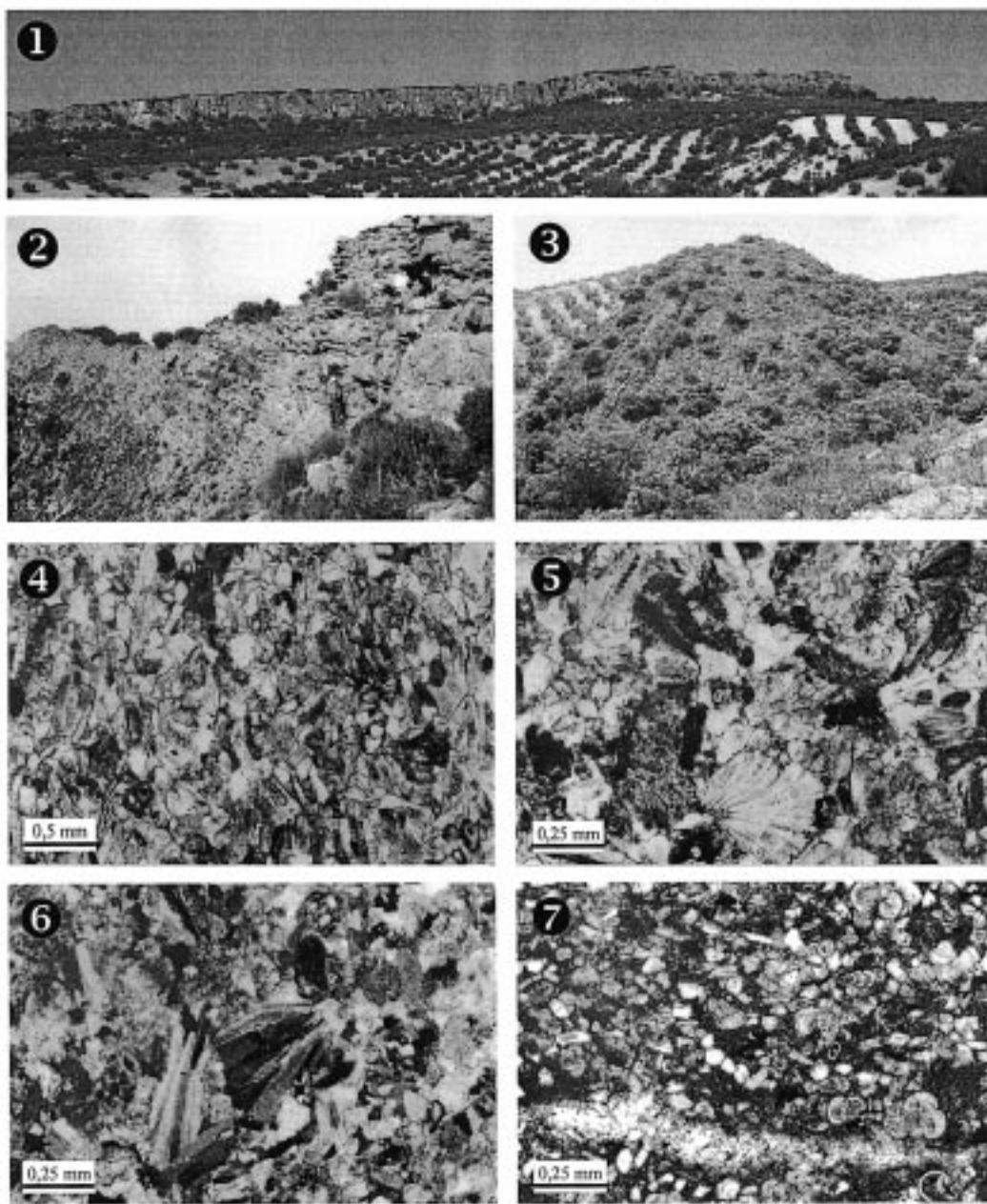


Fig. 3. 1: Vista panorámica de los resaltes correspondientes a los afloramientos de la Fm Majalcorón desde el SO de la aldea de Peñas de Majalcorón que aparece hacia la derecha, al pie del escarpe. 2: Vista de los afloramientos al N de las Peñas de Majalcorón donde se ha establecido el holoestratotipo. Uno de los autores (Prof. J. A. Vera) aparece como referencia de escala. 3: Vista del afloramiento del paraestratotipo en el barranco de la Pileta. 4: Aspecto típico de la microfacies de las calcarenitas donde se aprecian los fragmentos prismáticos disgregados de *Microcodium*. 5: Microfacies de las calcarenitas, en la parte inferior central se observa una "roseta" de *Microcodium*. 6: Detalle de los fragmentos prismáticos de *Microcodium*, algunos de ellos formando agregados (polarizador y analizador cruzados). 7: Microfacies de los niveles micríticos y cantos blandos (*wackestone*) con foraminíferos planctónicos

Fig. 3. 1: Panoramic view of the scarp relief from the SW of Peñas de Majalcorón. This small village appears to the right, at the foot of the scarp. 2: View of the outcrop to the N of Peñas de Majalcorón where the holostratotype was established. One of the authors (Prof. J. A. Vera) appears as scale reference. 3: Parastratotype outcrop in the Pileta ravine. 4: Typical aspect of the calcarenitic microfacies where disaggregated prismatic crystals of *Microcodium* appears. 5: Calcarenitic microfacies, in the central lower part with a "rosette" aggregate of *Microcodium*. 6: Prismatic fragments of *Microcodium*, forming aggregates in some places (crossed nicols). 7: Microfacies of the micrite levels and mud pebbles (*wackestone*) with planktonic foraminifera

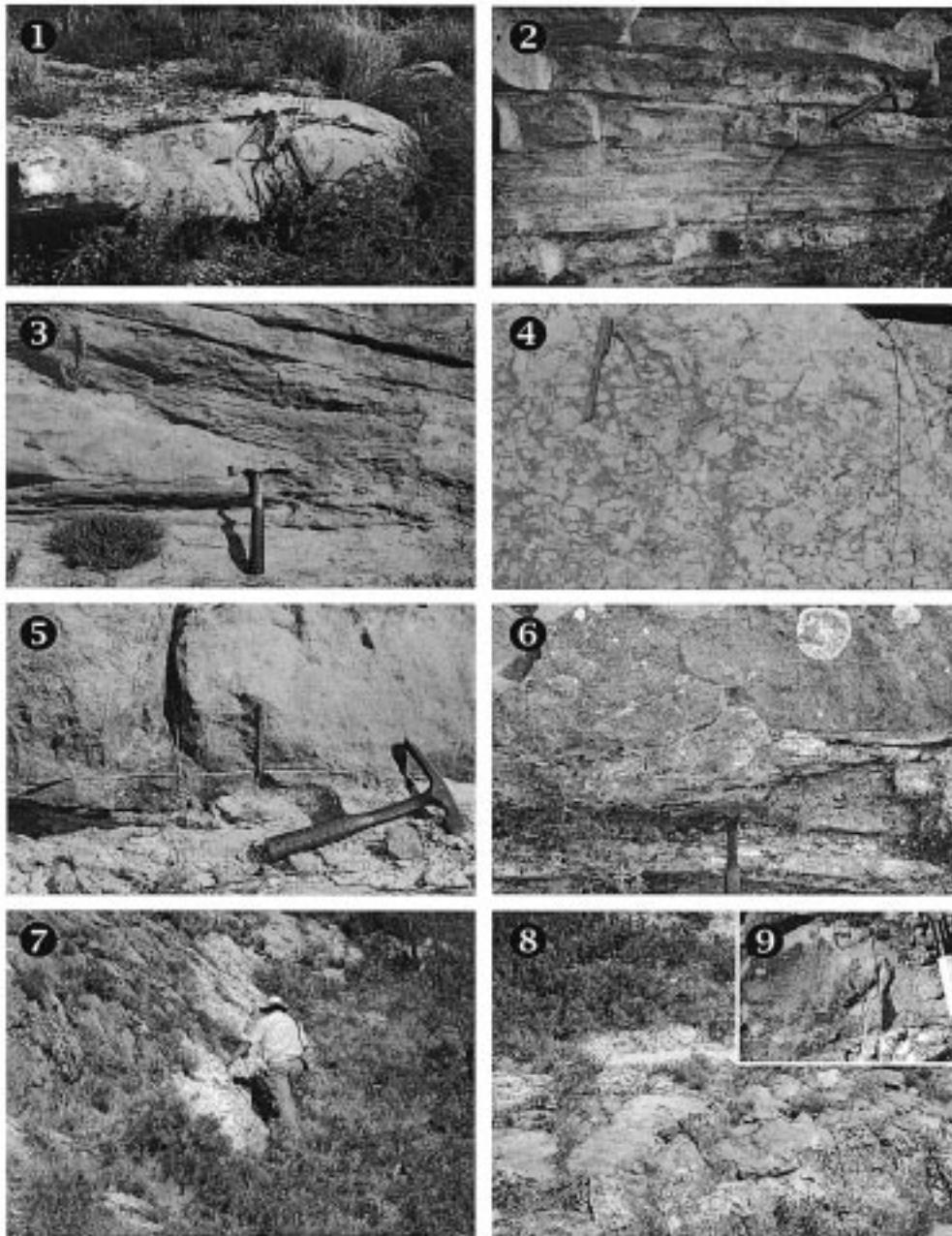


Fig. 4. 1: Nivel de calcarenita masiva con forma de techo ondulado. 2: Calcarenitas con laminación paralela horizontal y techos ondulados. 3: Morfologías típicas de los lechos calcareníticos en el holoestratotipo, con muro horizontal plano y techo oblicuo en montículo, acunándose. A la derecha se observa estratificación cruzada de tipo *hummocky*. 4: Nivel con cantos blandos micríticos en el holoestratotipo. 5: *Burrows* verticales y horizontales y lecho micrítico en la base (junto al martillo). 6: Estructura de escape de agua en las calcarenitas. 7: Paleokarst a techo de la Fm Majalcorón en el paraestratotipo. 8: Superficie paleokárstica tapizada por sedimentos margosos en el paraestratotipo. 9: Detalle de la superficie paleokárstica con espeleotemas y pequeños diques neptúnicos

Fig. 4. 1: *Calcarenitic bed with wave top shape*. 2: *Calcarenites with horizontal parallel lamination and wave tops*. 3: *Typical mound morphologies of the calcarenitic beds in the holostratotype, in wedge with flat horizontal bottom and oblique top, in wedge. In the right hummocky cross stratification appears*. 4: *Level with micritic mud pebbles in the holostratotipo*. 5: *Vertical and horizontal burrows, and micritic level in the lower part (near the hammer)*. 6: *Water-escape structure in the calcarenites*. 7: *Palaeokarst at the top of the Majalcorón Fm in the parastratotipo*. 8: *Palaeokarstic surface covered by marly sediments, also in the parastratotipo*. 9: *Detail of the palaeokarstic surface with speleothems and small neptunian dykes*

especies más representativas, podrían ser asignadas a la Subzona NTp6 de Varol (1989). Sin embargo, como el estado de preservación no es bueno, y dado que otros taxones que no han sido encontrados, (como *Neochiastozygus eosaepe* o *Chiasmolithus edentulus*) son bastante escasos, cabría ampliar su asignación al intervalo comprendido entre las zonas NTp6 y NTp7, ambas incluidas, que se correspondería con una edad Daniense terminal-Selandiense inferior (Fig. 8). La muestra más alta del relleno (VA-12R) se caracteriza por contener, además de las especies de la asociación anterior, *Ellipsolithus distichus*, *Chiasmolithus edentulus*, *Hornibrookina teuriensis* y *Sphenolithus primus*. Dicha asociación, junto con la ausencia de representantes del género *Fasciculithus*, permite asignarla a la Subzona NTp8A de edad Selandiense inferior (Fig. 8). En la Cazueta del Pozo, las muestras tomadas por encima del cuerpo calcarenítico (CZ-51 y CZ-52), presentan una asociación caracterizada por la presencia de *Ellipsolithus distichus*, *Prinsius martinii*, *Sullivania danica*, *Hornibrookina teuriensis*, *Toweius pertusus*, *Neochiastozygus modestus* y *Ericsonia robusta*, como especies más significativas. Dicha asociación es compatible con el intervalo comprendido entre las zonas NTp6 y NTp7, y una edad Daniense terminal a Selandiense inferior. En el área situada al N de Villalobos se produce el acuñaamiento lateral de la Fm Majalcorón, con la desaparición del cuerpo calcarenítico con *Microcodium*. Las margas y margocalizas situadas sobre ella por correlación lateral (muestra VL-KT) contienen una asociación diversa y bien preservada dentro de la que destacan, como especies más significativas, *Chiasmolithus bidens*,

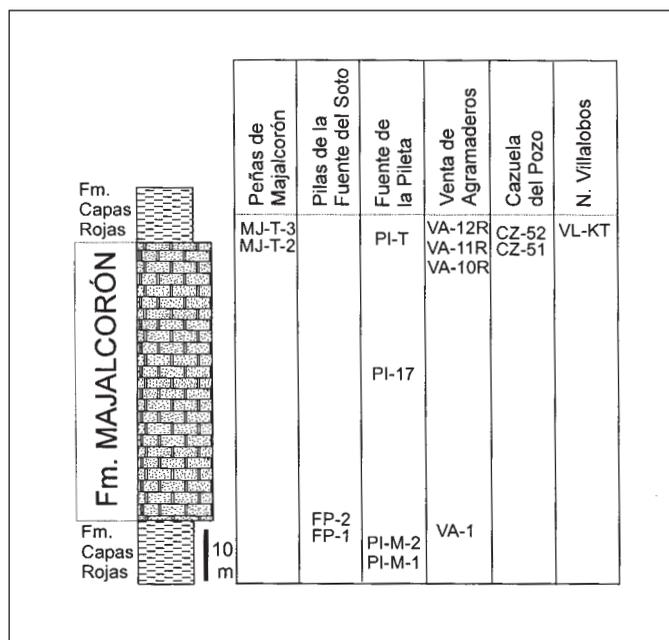
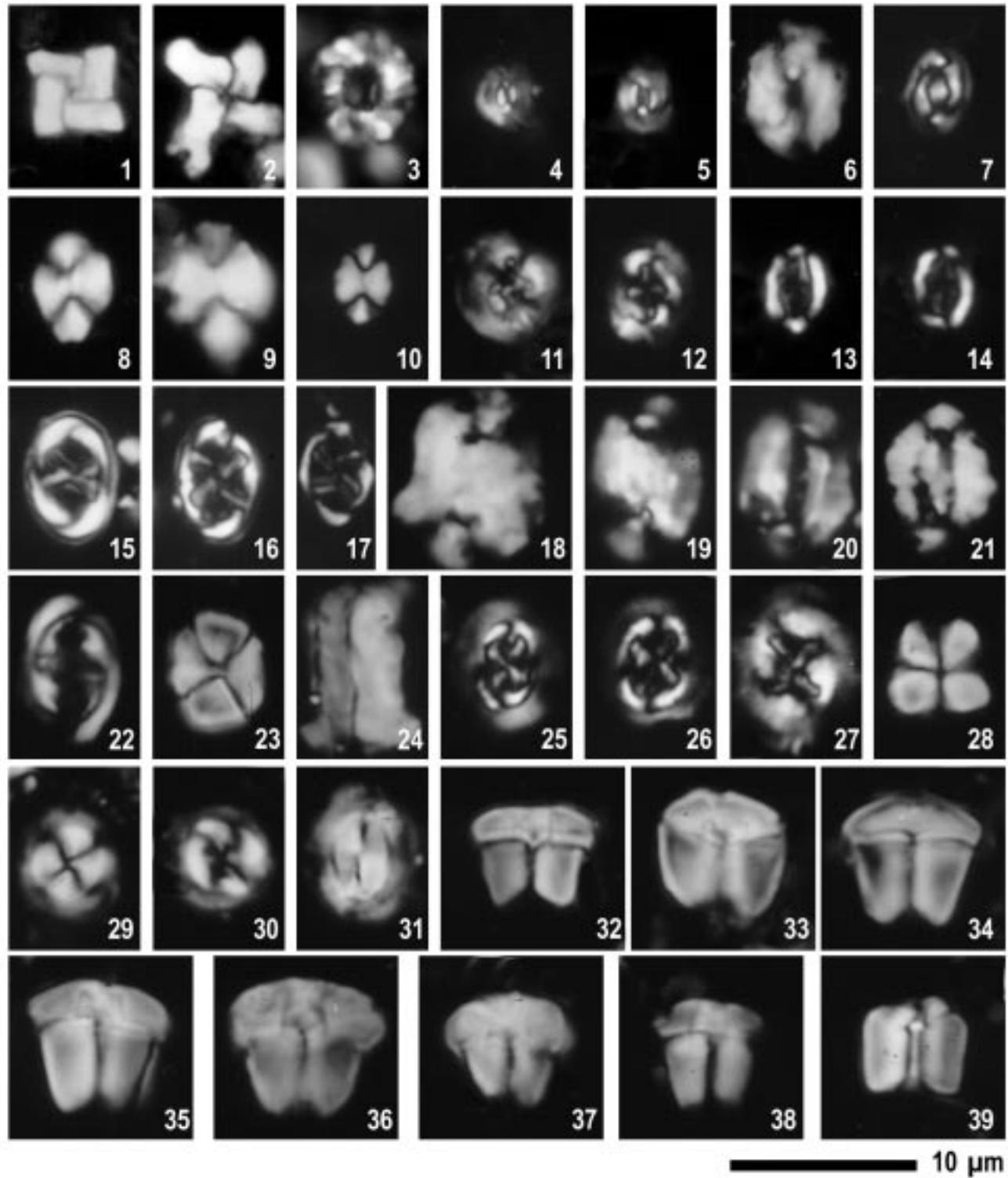


Fig. 5. Posición de las diferentes muestras estudiadas para nanoplancton, con respecto al muro y al techo de la Fm Majalcorón, en cada uno de los cortes
 Fig. 5. Position of the studied samples for nannoplancton, in relation to the top and bottom of the Majalcorón Fm, in each one of the sections

Fasciculithus billii, *F. involutus*, *F. janii*, *F. pileatus*, *F. tympaniformis*, *Heliolithus kleinpellii*, *Sullivania consueta* *Ellipsolithus distichus*, *E. macellus* y *Coronocyclus nitescens*. Esta asociación es característica de la Subzona NTp10C de Varol (1989) de edad Selandiense terminal.

Fig. 6. Microfotografías de nanofósiles característicos de los niveles infra y suprayacentes a la Fm Majalcorón. Todas están tomadas con nicoles cruzados y presentan una ampliación de 3000x
 Fig. 6. Polarized light micrographs of some selected calcareous nannofossils from the rocks immediately below and overlying the Majalcorón Fm. All made under crossed nicols and a magnification of 3000x

1. *Micula murus* (Martini) Bukry, muestra (sample) PI-M-1. 2. *Micula prinsii* Perch-Nielsen, muestra (sample) PI-M-1. 3. *Cribracorona galli-ca* (Stradner) Perch-Nielsen, 0°, muestra (sample) PI-M-1. 4. *Neobiscutum parvulum* (Romein) Varol, 45°, muestra (sample) FP-1. 5. *Neobiscutum romeinii* (Perch-Nielsen) Varol, 45°, muestra (sample) FP-1. 6. *Neocrepidolithus neocrassus* (Perch-Nielsen) Romein; 4.- 45°, muestra (sample) FP1; 5.- 30°, muestra (sample) FP-2. 7. *Neocrepidolithus* sp. cf. *N. dirimosus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen, 40°, muestra (sample) FP-2. 8-10. *Neocrepidolithus fossus* (Romein) Romein; 8.- 30°, muestra (sample) FP-1; 9.- 45°, muestra (sample) FP-1; 10.- 30°, muestra (sample) FP-1. 11. *Cruciplacolithus primus* Perch-Nielsen, 20°, muestra (sample) FP-2. 12. *Cruciplacolithus asymmetricus* Van Heck & Prins, 0°, muestra (sample) MJT-2. 13-14. *Hornibrookina edwardsii* Perch-Nielsen; 7.- 0°, muestra (sample) FP-1; 13.- 45°, muestra (sample) FP-2. 14.- El mismo espécimen que 13, a 0° (same specimen as 13, 0°). 15-17. *Neochiastozygus modestus* Perch-Nielsen, 15.- 30°, muestra (sample) MJT-2; 16.- 45°, muestra (sample) MJT-2; 17.-45°, muestra (sample) VL-KT. 18, 19. *Ellipsolithus macellus* (Bramlette & Sullivan) Sullivan, 45°, muestra (sample) MJT-2. 20. *Ellipsolithus* sp. cf. *E. bollii* Perch-Nielsen, 30°, muestra (sample) MJT-2. 21. *Ellipsolithus distichus* (Bramlette & Sullivan) Sullivan, 40°, muestra (sample) VL-KT. 22. *Zeugrhabdotus sigmoides* (Bramlette & Sullivan) Bown & Young, 20°, muestra (sample) VL-KT. 23, 24. *Semihololithus kerabyi* Perch-Nielsen; 23.- Vista apical, 45°, muestra (sample) MJT-2; 24.- Vista lateral (side view), 30°, muestra (sample) MJT-2. 25, 26. *Sullivania danica* (Brotzen) Varol; 25.- 30°, muestra (sample) MJT-2; 26. 20°, muestra (sample) VL-KT. 27. *Sullivania consueta* (Bramlette & Sullivan) Varol, muestra (sample) VL-KT; 27.- 45°; 42.- 10°. 28. *Sphenolithus primus* Perch-Nielsen, 0°, muestra (sample) VL-KT. 29. *Toweius* sp. cf. *T. pertusus* (Sullivan) Romein, muestra (sample) MJT-2; 30. *Toweius pertusus* (Sullivan) Romein, 0°, muestra (sample) VL-KT. 31. *Toweius tovae* Perch-Nielsen, 0°, muestra (sample) MJT-2. 32-34. *Fasciculithus pileatus* Bukry; 32, 33.- 45°, muestra (sample) MJT-2; 34.- 30°, muestra (sample) VL-KT. 35. *Fasciculithus* sp. cf. *F. janii* Perch-Nielsen, 25°, muestra (sample) MJT-2. 36-38. *Fasciculithus janii* Perch-Nielsen, muestra (sample) MJT-2; 36,38.- 10°; 37.- 45°. 39. *Fasciculithus involutus* Bramlette & Sullivan, 45°, muestra (sample) MJT-2.



Situación e interpretación de la Formación Majalcorón en el Terciario de la Cordillera Bética

La característica fundamental de la Fm Majalcorón es

la gran abundancia de fragmentos de *Microcodium*, generalmente sueltos pero a veces formando agregados completos de prismas calcíticos. *Microcodium* es una estructura edáfica calcárea problemática de

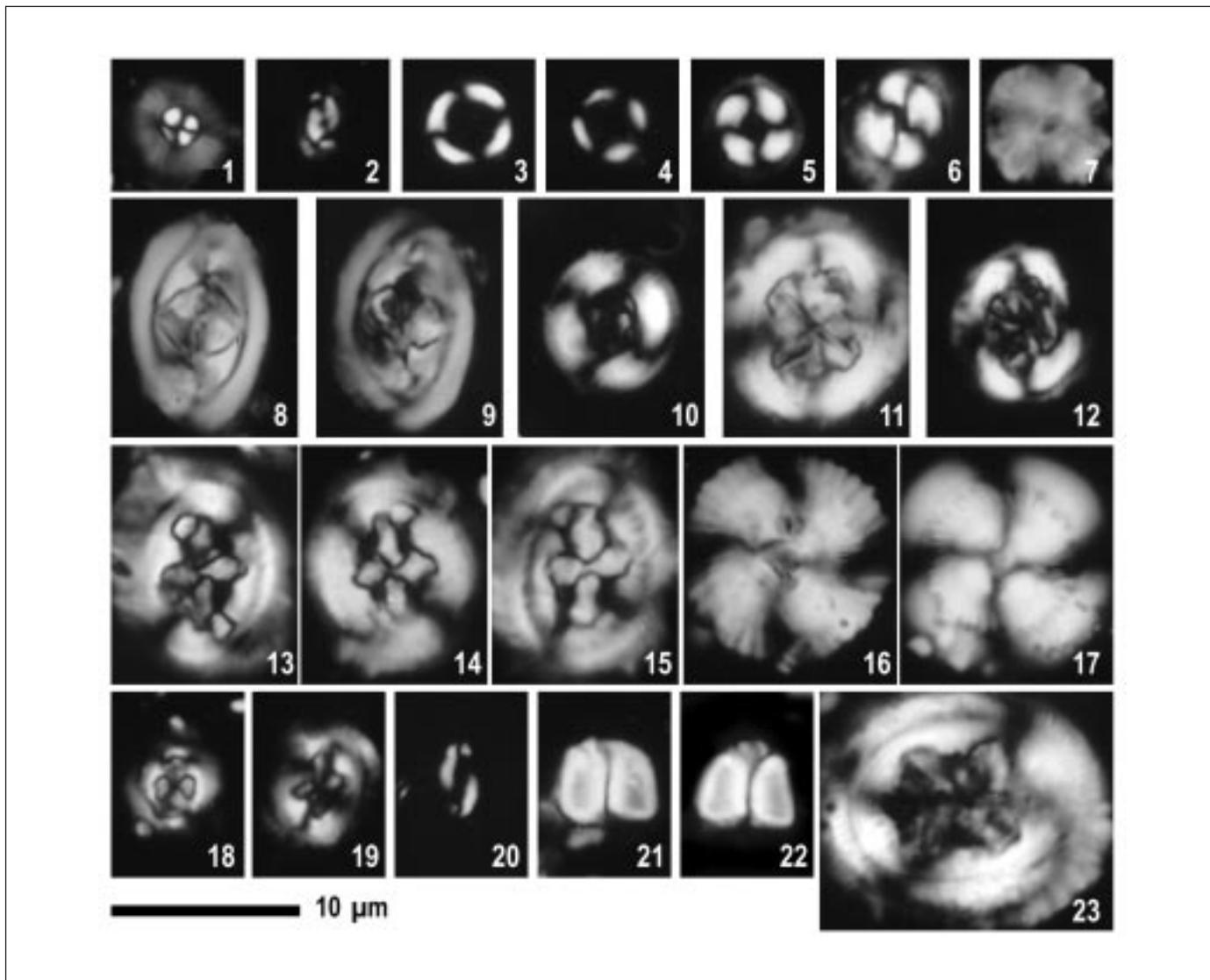


Fig. 7. Microfotografías de nanofósiles característicos de los niveles suprayacentes a la Fm Majalcorón. Todas están tomadas con nícoles cruzados y presentan una ampliación de 3000x

Fig. 7. Polarized light micrographs of some selected calcareous nannofossils from the rocks overlying the Majalcorón Fm. All made under crossed nicols and a magnification of 3000x

1. *Markalius inversus* (Deflandre) Bramlette & Martini, muestra (sample) VL-KT. 2. *Prinsius martinii* (Perch-Nielsen) Haq, 0°, muestra (sample) VL-KT. 3, 4. *Coronocyclus nitescens* (Kamptner) Bramlette & Wilcoxon, muestra (sample) VL-KT. 5. *Ericsonia subpertusa* Hay & Mohler, muestra (sample) VL-KT. 6. *Coccolithus pelagicus* (Wallich) Schiller, 0°, muestra (sample) VL-KT. 7. *Heliolithus* sp. cf. *H. aktasii* Varol, muestra (sample) MJT-2. 8, 9. *Neocrepidolithus* sp. cf. *N. dirimosus* (Perch-Nielsen) Perch-Nielsen, 0°, muestra (sample) MJT-2. 10. *Ericsonia robusta* (Bramlette & Sullivan) Perch-Nielsen, 0°, muestra (sample) VL-KT. 11, 12. *Chiasmolithus edentulus* Van Heck & Prins, 30°; 43.- Muestra (sample) MJT-3; 44.- Muestra (sample) MJT-2. 13-15. *Cruciplacolithus tenuis* (Stradner) Hay & Mohler, muestra (sample) VL-KT; 13.- 30°; 14.- 20°; 15.- 45°. 16, 17. *Heliolithus kleinpellii* Sullivan, muestra (sample) VL-KT. 16.- Foco bajo (low focus); 17.- El mismo espécimen que 16, con foco alto (same specimen as 16, high focus). 18. *Cruciplacolithus latipons* Romein, 30°, muestra (sample) VL-KT. 19. *Cruciplacolithus intermedius* Van Heck & Prins, 0°, muestra (sample) VL-KT. 20. *Hornibrookina arca* Bybell & Self-Trail, 0°, muestra (sample) VL-KT. 21, 22. *Fasciculithus tympaniformis* Hay & Mohler, muestra (sample) VL-KT; 21.- 0°; 22.- 45°. 23. *Chiasmolithus bidens* (Bramlette & Sullivan) Hay & Mohler, 0°, muestra (sample) VL-KT.

forma cilíndrica o esférica, producida por la calcificación de asociaciones simbióticas de hongos con raíces (micorrizas) y que al microscopio consiste básicamente en un pequeño agujero central rodeado de prismas de calcita. Es común en calcaretas y eolianitas, y casi todos los autores están de acuerdo en que se trata de un producto de la alteración edáfica de carbonatos, que se origina en un ambiente subaéreo (Klappa, 1978). Este hecho plantea una cuestión muy interesante como es la procedencia de los enormes volúmenes de *Microcodium* que componen mayoritariamente esta formación que se encuentra situada entre materiales pelágicos correspondientes a la Fm Capas Rojas.

Calcarenitas con *Microcodium* en la Cordillera Bética

En el ámbito de la Cordillera Bética se han descrito bastantes áreas en las que aparecen calcarenitas y calizas de *Microcodium* (Vera, 2000).

Prebético

En las provincias de Murcia y Albacete, el Paleoceno-Eoceno inferior en los sectores más septentrionales se inicia con calizas blancas, con algas y *Microcodium*. En la provincia de Alicante se ha indicado la presencia de *Microcodium* de diferentes edades, esencialmente en el Oligoceno.

Subbético

En los sectores más meridionales del Subbético los materiales turbidíticos más antiguos corresponden a calcarenitas con abundantes restos de *Microcodium*, con frecuencia denominadas "microcoditas" de edad Paleoceno, cuyo origen se relaciona con la existencia de áreas próximas emergidas. En las unidades de la Alta Cadena y en las escamas del Corredor del Boyar la formación más característica del Terciario de estas regiones son las calizas con *Microcodium*. Estas calcarenitas se presentan como cambios laterales de facies de la Fm Capas Rojas. Se ha citado la existencia de calizas de *Microcodium* en la Unidad de Montecorto (Martín-Algarra, 1987). La Fm Olivares (Comas, 1978) del Paleoceno, que aflora principalmente en el sector del río Fardes (provincia de Granada), está compuesta por calizas arenosas grises, localmente con *Microcodium*.

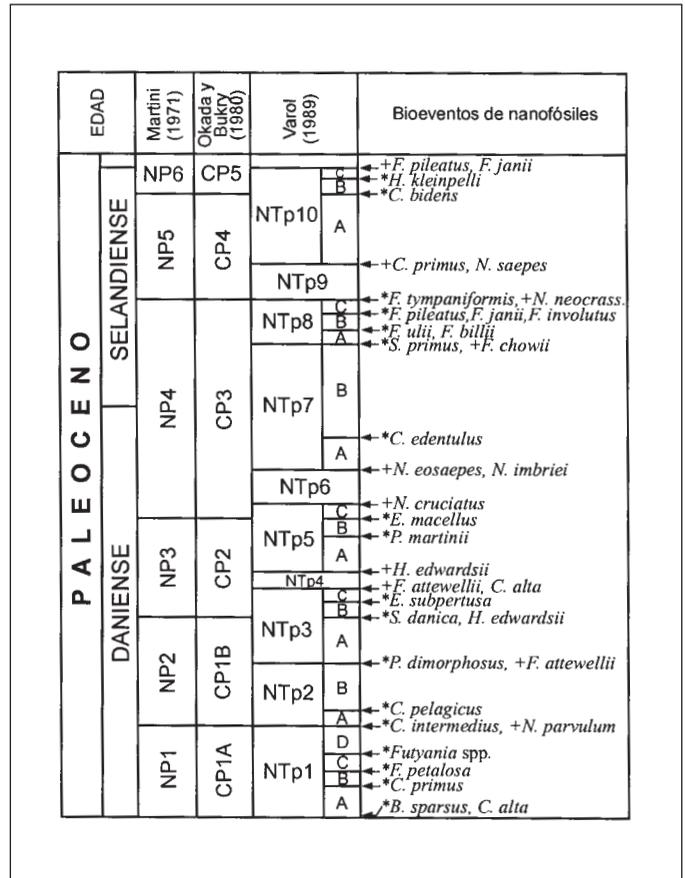


Fig. 8. Cuadro de correlación bioestratigráfica de las zonaciones de Martini (1971), Okada y Bukry (1980) y Varol (1989) y edad atribuida a las diferentes zonas. Se indican, además, los bioeventos de nanofósiles más significativos que se utilizan en la definición de las biozonas. Los símbolos * y + significan, respectivamente, primera aparición y última presencia

Fig. 8. Correlation of the zonal frameworks by Martini (1971), Okada & Bukry (1980) and Varol (1989), and age of the respective biozones. The most significant nannofossil bio-events used as zonal markers are also indicated. The symbols * and + are used for first and last appearance datums, respectively

Maláguide

El Paleoceno de la Sierra de Espuña está representado por la "Fm Microcoditas de Mula" (Martín-Martín, 1996) con unos 30 m de espesor, constituida por una alternancia de arenas azuladas con calcarenitas de *Microcodium* en las que se intercala un paquete de varios metros de calcirruditas y calcarenitas. En las proximidades de Málaga, Martín-Algarra (1987) reconoció *Microcodium* formando una estructura organosedimentaria sobre las calizas del Cretácico y que consideró como una estructura de alteración edáfica formada durante el Paleoceno. En la misma región Serrano et al. (1995) reconocieron facies de *Microcodium* que atribuyeron al Eoceno.

Surco de los "Flyschs"

En la Unidad de Algeciras, el nivel terciario más antiguo es la "Fm de Calizas con *Microcodium*" que aflora muy localmente y apenas alcanza los 50 m de espesor (Martín-Algarra, 1987). Está constituida por calcarenitas turbidíticas, formadas casi totalmente con restos de *Microcodium*, en bancos decimétricos separados por estratos margosos. Esta formación puede ser atribuida al Paleoceno. En la Unidad del Aljibe (Numídico) la parte inferior del Paleoceno está constituida por calcarenitas con *Microcodium* de origen turbidítico.

Significado paleogeográfico

De acuerdo con sus características litológicas y tipo de estructuras presentes (Molina et al., 2003) se interpreta que la Fm Majalcorón se habría originado en una rampa carbonatada distal afectada por el oleaje de las olas de tormentas que habrían sido las principales causantes de la resedimentación de estas calcarenitas.

En el Cretácico superior, fundamentalmente en el Maastrichtiense, se daría una situación de nivel del mar alto con depósito de calizas margosas pelágicas de la Fm Capas Rojas y de niveles turbidíticos (Fig. 9A). *Microcodium* tuvo un gran auge en el Paleoceno inferior, posiblemente a consecuencia de los cambios climáticos y paleoecológicos muy significativos ocurridos en el tránsito del Cretácico al Terciario. En este límite se produce un importante descenso brusco global del nivel del mar de más de 150 m según algunos autores (por ejemplo, Hallam, 1998), que pudo originar la emersión y/o situación en áreas costeras de extensas regiones en las que se desarrollaron abundantes paleosuelos que posteriormente fueron erosionados y redepositados dando lugar a las calcarenitas de *Microcodium* (Fig. 9B).

Un aspecto interesante a tener en cuenta es la localización de estas áreas emergidas donde se encontrarían los paleosuelos que no deberían de estar muy alejadas de los actuales afloramientos, lo que habría permitido la conservación de agregados de *Microcodium* sin desorganizar. Como áreas fuente se proponen aquellas en que faltan materiales del Cretácico superior (Fm Capas Rojas) o se muestran rasgos erosivos de los mismos. En este sentido, a modo de hipótesis, áreas muy favorables serían las situadas en el Subbético donde no aparece la Fm Capas Rojas y es evidente el desarrollo de un paleokarst sobre los materiales jurásicos (Vera et al., 1988; Molina et al., 1999). Nos referimos concretamente en

el sector central de la Cordillera Bética a las unidades del Subbético Externo septentrional (Unidades de Camarena-Lanchares, Grajales-Mentidero) y partes del Subbético Externo meridional (Unidad de Lobatejo-Pollos) en las que no hay casi ninguna representación de materiales entre el Cretácico superior y el Oligoceno inferior, ambos incluidos (Molina, 1987; Molina y Nieto, 2003).

El contacto erosivo en el techo de la Fm Majalcorón (Molina et al., 2003) podría representar otra importante etapa de descenso del nivel del mar que tuvo lugar en el Selandiense inferior y que produjo la erosión y karstificación, al menos en algunos sectores, del techo de la Fm Majalcorón.

Destaca también como aspecto muy característico en la Fm Majalcorón la existencia de cantos blandos micríticos, y de foraminíferos y nanoflora resedimentada que incluye, fundamentalmente taxones del

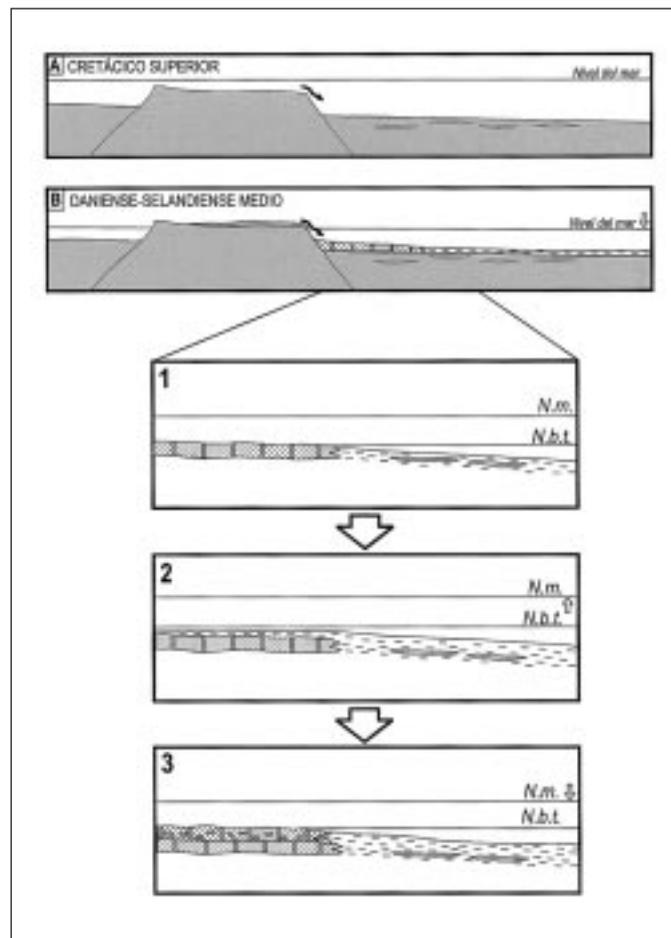


Fig. 9. Esquema de la génesis de la formación. Explicación en el texto. N.m.: nivel del mar; N.b.t.: nivel de base del oleaje de tormentas

Fig. 9. Sketch showing the genesis of the formation. Explanation in the text. N.m.: sea level; N.b.t.: base level of the storm waves

Cretácico superior (Campaniense y Maastrichtiense) aunque también algunos del Cretácico inferior. La fracción de microfósiles resedimentados disminuye a medida que, desde el límite Cretácico-Terciario nos desplazamos hacia materiales más recientes (Aguado et al., 2003). Estos hechos se pueden explicar de acuerdo con los tres dibujos de la parte inferior la Figura 9.

- 1) En una primera etapa se depositarían las calcarenitas de *Microcodium* por encima del nivel de base del oleaje de tormentas (N.b.t. en la Figura).
- 2) Un ascenso en este nivel de base y disminución del grado energético favorecería el depósito de facies micríticas con foraminíferos planctónicos.
- 3) En una tercera etapa ligada a un descenso de este nivel de base del oleaje de tormentas se produciría la removilización y resedimentación de estos sedimentos micríticos dando lugar a cantos blandos y a su remezcla con el sedimento calcarenítico.

Es importante considerar la situación de la Fm Majalcorón en relación con las unidades estratigráficas del Cretácico superior y Terciario al aparecer como una unidad de clara procedencia continental intercalada entre facies pelágicas (Fm Capas Rojas). En la Figura 10 se presenta un esbozo de la situación de la Fm Majalcorón en relación con las unidades subbéticas del Senoniense y Paleógeno. En esta figura se diferencian además de la Fm Majalcorón (Molina et al., 2003), las formaciones Capas Blancas (Martín Algarra, 1987), Quípar-Jorquera (Vera et al., 1982) y Capas Rojas (Vera et al., 1982), los grupos Cardela (Comas, 1978) y Píñar (Comas, 1978), y las calcarenitas y calizas del Oligoceno superior-Mioceno inferior (Molina y Nieto, 2003).

Conclusiones

Se analiza la Fm Majalcorón de calcarenitas caracterizadas litológicamente sobre todo por su abundante contenido en *Microcodium*. Esta formación situada entre materiales pelágicos (Fm Capas Rojas) implica un origen básicamente relacionado con paleosuelos y por tanto con relieves emergidos próximos en el Paleoceno inferior, aspecto de enorme importancia en la reconstrucción paleogeográfica y paleobatimétrica del margen continental sudibérico durante el Cretácico y el Terciario.

De acuerdo con todos los datos resultantes del estudio bioestratigráfico mediante nanofósiles el inicio del depósito de los materiales de la Fm Majalcorón tuvo lugar en la parte baja del Daniense inferior, coincidiendo con (o con posterioridad a) la

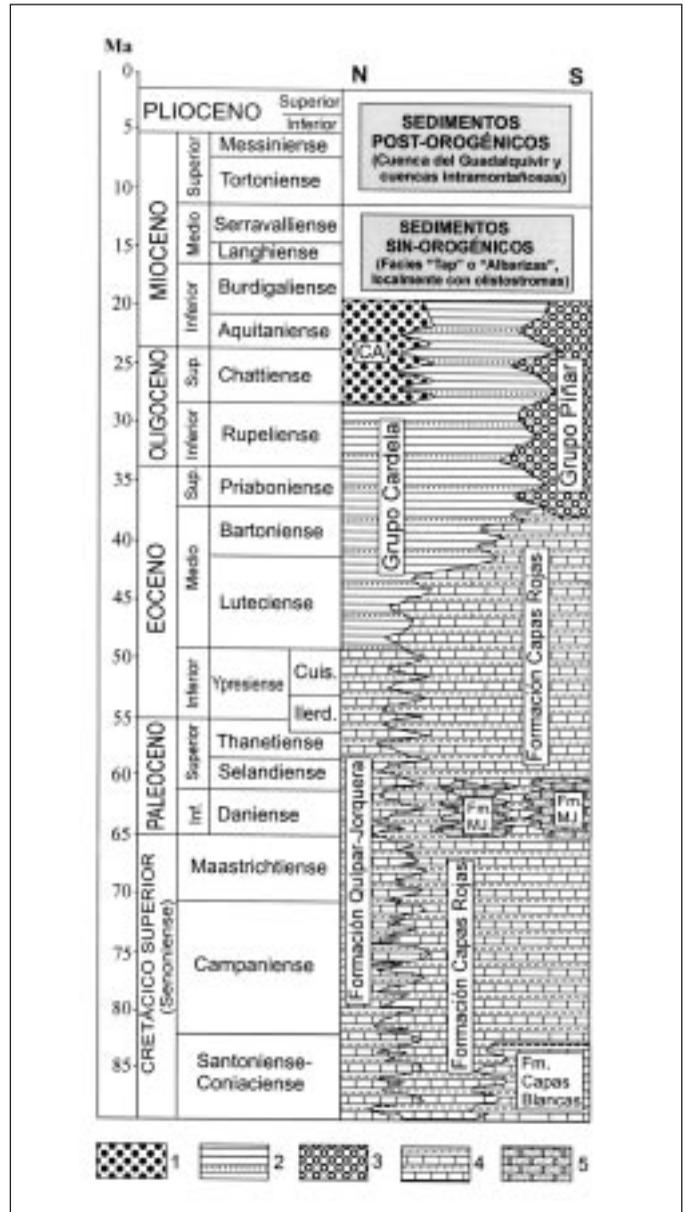


Fig. 10. Esquema que muestra la posición de la Fm Majalcorón entre las grandes unidades estratigráficas del Cretácico superior (Senoniense) y Terciario en el Subbético. CA: Calcarenitas y calizas del Oligoceno superior-Mioceno inferior. Fm. MJ.: Formación Majalcorón. 1: Calcarenitas y calizas oolíticas. 2: Lutitas y margas marinas con intercalaciones turbidíticas. 3: Olistostomas (bloques de procedencia subbética en el seno de margas y lutitas marinas). 4: Alternancia rítmica de calizas margosas y margas pelágicas con abundantes foraminíferos planctónicos. 5: Calcarenitas con *Microcodium* (Fm Majalcorón)

Fig. 10. Sketch showing the position of the Majalcorón Fm between the stratigraphic units of the Upper Cretaceous (Senonian) and Tertiary in the Subbetic. CA: Upper Oligocene-Lower Miocene calcarenites and limestones. Fm. MJ.: Majalcorón Formation. 1: Calcarenites and oolitic limestones. 2: Marine lutites and marls with turbiditic levels. 3: Olistostomes (subbetic olistoliths between marine lutites and marls). 4: Pelagic marly limestone and marly rhythmite with abundant planktonic foraminifera. 5: Microcodium Calcarenites (Majalcorón Fm)

Subzona NTp1B de Varol (1989). El final del depósito de los materiales de la Fm Majalcorón resulta ser heterocrónico. Así, en el área del holoestratotipo (Peñas de Majalcorón), los materiales situados inmediatamente por encima pertenecen a la Subzona NTp8C, de edad Selandiense medio, sin embargo, en la Fuente de la Pileta y en Venta de Agramaderos, la edad de dichos materiales es Daniense terminal-Selandiense inferior (como máximo Subzona NTp8A). Por tanto, la mayor parte de las calcarenitas con *Microcodium* de la Fm Majalcorón debió depositarse durante el intervalo comprendido entre el Daniense basal y hasta el final del Daniense llegando, sólo en algunas localidades, hasta el Selandiense.

La Fm Majalcorón tiene una evidente importancia en el ámbito de las Zonas Externas Béticas sobre todo desde el punto de vista de su interpretación paleogeográfica, en relación con las unidades estratigráficas limítrofes en el Cretácico superior y Terciario de tipo netamente pelágico. El carácter de sus facies está originalmente ligado a paleosuelos relativamente cercanos, y redepositados en ambientes de rampas carbonatadas someras. Estos paleosuelos debieron de tener un gran desarrollo en el ámbito subbético, y se propone que probablemente en el Subbético Externo, en las proximidades del límite Cretácico-Terciario. La presencia de la Fm Majalcorón y su interpretación genética nos vuelve a plantear el significado sedimentológico y paleobatimétrico de las facies pelágicas en las formaciones adyacentes a esta formación.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a los Dres. Angel Carlos López Garrido y Jesús M. Soria por la detallada y acertada revisión de este artículo. Este trabajo ha sido realizado como contribución a los grupos de investigación RNM-200, RNM-208, 4064 (Junta de Andalucía) y Proyectos de Investigación BTE2000-1151 y BTE2001-2852 de la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Referencias

Aguado, R. 1993. *Nannofósiles del Cretácico de la Cordillera Bética*. Bioestratigrafía. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 413 p.

Aguado, R., Molina, J.M. y Vera, J.A. 2003. La Formación Majalcorón (calcarenitas con *Microcodium*, Paleoceno, Subbético): Bioestratigrafía. *Geotemas*, 5, 13-17.

Comas, M.C. 1978. *Sobre la geología de los Montes orientales: sedimentación y evolución paleogeográfica desde*

el Jurásico hasta el Mioceno inferior (Zona Subbética, Andalucía). Tesis Doctoral, Univ. País Vasco, 323 p.

Díaz de Neira, J.A., Enrile Albir, A., Hernaiz Huerta, P.P. y López Olmedo, F. 1991. Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 990 (Alcalá la Real). ITGE, 52 p.

Hallam, A. 1998. Interpreting Sea Level. En: Doyle, P. y Bennett, M.R. (eds.), *Unlocking the Stratigraphical Record. Advances in Modern Stratigraphy*. John Wiley & Sons, Chichester, 420-439.

Klappa, C.F. 1978. Biolithogenesis of *Microcodium*: elucidation. *Sedimentology*, 25, 489-522.

Martín-Algarra, A. 1987. *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética (sector central y occidental)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 1271 p.

Martín-Martín, M. 1996. *El Terciario del dominio Maláguide en Sierra Espuña (Cordillera Bética oriental, SE de España): Estratigrafía y evolución paleogeográfica*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 297 p.

Martínez-Gallego, J. y Roca, A. 1973. Estudio del Danés de la cuenca nummulítica de Montefrío-Alcalá la Real. Correlación con el de Alamedilla (Zona Subbética). *Cuadernos de Geología, Univ. Granada*, 4, 93-97.

Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. En: Farinacci, A. (ed.), *2nd Planktonic Conference*. Edizioni Tecnoscienza, Roma, 2, 739-785.

Molina, J.M. 1987. *Análisis de Facies del Mesozoico en el Subbético Externo (provincia de Córdoba y Sur de Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 518 p.

Molina, J.M. y Nieto, L.M. 2003. Calcarenitas y calizas del Oligoceno superior-Mioceno inferior discordantes sobre el Mesozoico en el Subbético al S de Jaén. *Geotemas*, 5, 171-174.

Molina, J.M., Ruiz-Ortiz, P.A. y Vera, J.A. 1999. A review of polyphase karstification in extensional tectonic regimes: Jurassic and Cretaceous examples, Betic Cordillera, southern Spain. *Sedimentary Geology*, 129, 71-84.

Molina, J.M. y Vera, J.A. 2001. Cantos blandos en tempestitas con estructuras sedimentarias de deformación (Mioceno, Cuenca del Guadalquivir; Porcuna, provincia de Jaén). *Geotemas*, 3(1), 223-226.

Molina, J.M., Vera, J.A. y Aguado, R. 2003. La Formación Majalcorón (calcarenitas con *Microcodium*, Paleoceno, Subbético): definición y descripción. *Geotemas*, 5, 175-179.

Okada, H. y Bukry, D. 1980. Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973;1975). *Marine Micropaleontology*, 5, 321-325.

Serrano, F., Sanz de Galdeano, C., Delgado, F., López-Garrido, A.C. y Martín-Algarra, A. 1995. The Mesozoic and Cenozoic of the Malaguide Complex in the Málaga area: A Paleogene olistostrome-type chaotic complex (Betic Cordillera, Spain). *Geologie en Mijnbouw*, 74, 105-116.

Varol, O. 1989. Palaeocene calcareous nannofossil biostratigraphy. En: Crux, J.A. y Van-Heck, S.E. (eds.), *Nannofossils and their applications*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, 267-310.

- Varol, O. 1998. Palaeogene. En: Bown, P.R. (ed.), *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. Chapman & Hall, London, 200-224.
- Vera, J.A. 2000. El Terciario de la Cordillera Bética: estado actual de conocimientos. *Revista Sociedad Geológica de España*, 13, 345-373.
- Vera, J.A., García-Hernández, M., López-Garrido, A.C., Comas, M.C., Ruiz-Ortiz, P.A. y Martín-Algarra, A. 1982. El Cretácico de la Cordillera Bética. En: García, A. (ed.), *El Cretácico de España*. Editorial Complutense, Madrid, 515-632.
- Vera, J.A., Molina, J.M. y Aguado, R. 2003. La Formación Majalcorón (calcarenitas con *Microcodium*, Paleoceno, Subbético): situación e interpretación en el Terciario de la Cordillera Bética. *Geotemas*, 5, 243-246.
- Vera, J.A., Ruiz-Ortiz, P.A., García-Hernández, M. y Molina, J.M. 1988. Palaeokarst and related sediments in the Jurassic of the Subbetic Zone, Southern Spain. En: James, N.P. y Choquette, P.W. (eds.), *Paleokarst*. Springer-Verlag, New York, 364-384.

Recibido: abril 2004
Aceptado: julio 2004