

Bioestratigrafía y litoestratigrafía de la formación carbonero (Barremiense-Albiense?) en la transición Externo-Subbético Medio (Sur de Jaén)

R. AGUADO *, J. M. MOLINA ** y L. O'DOHERTY ***

* Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Univ. de Granada. Escuela Univ. Politécnica.
23700 Linares (Jaén).

** Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Univ. de Granada.
Facultad de Ciencias Experimentales. 23071 Jaén.

*** Institut de Géologie et Paléontologie. Université de Lausanne.
CH-1015 Lausanne

RESUMEN

Se estudian la bioestratigrafía y litoestratigrafía de la Formación Carbonero (Barremiense superior-Albiense inferior?), en la transición Subbético Externo-Subbético Medio, al S de la provincia de Jaén. Se han diferenciado en esta formación tres miembros de acuerdo con sus características litológicas. A partir de las determinaciones de nannoplancton calcáreo, radiolarios y foraminíferos planctónicos se ha precisado la edad de cada uno de estos miembros. Se han reconocido tres zonas de nannoplancton: *Micrantholithus hoschulzii* (Barremiense superior), *Hayesites irregularis* (Aptiense inferior) y *Rhagodiscus angustus* (Aptiense superior-Albiense inferior). La asociación de radiolarios determinados es característica del Aptiense inferior. De acuerdo con los datos bioestratigráficos y litológicos presentados se correlaciona la Fm Carbonero con el Miembro I (Inferior) de la Fm Fardes.

Palabras clave: bioestratigrafía, litoestratigrafía, nannoplancton, radiolarios, Barremiense, Aptiense, Subbético.

ABSTRACT

The biostratigraphy and lithostratigraphy of the Carbonero Fm. (Upper Barremian-Lower Albian?), in the transition between the External Subbetic and the Middle Subbetic (S of the Jaén province) have been analysed. In this formation three members have been recognized according to their lithologic characterization. The age of each one of its three members has been stated precisely with calcareous nannoplankton, radiolaria and planktonic foraminifera. Three nannoplankton zones have been recognized: *Micrantholithus hochulzii* (Upper Barremian), *Hayesites irregularis* (Lower Aptian) and *Rhagodiscus angustus* (Upper Aptian-Lower Albian). The determined radiolarian association is characteristically of Lower Aptian age. According to these biostratigraphic and lithologic data the Carbonero Fm is correlated with the Lower Member (Member I) of the Fardes Fm.

Key-Words: biostratigraphy, lithostratigraphy, nannoplankton, radiolarian, Barremian, Aptian, Subbetic.

INTRODUCCIÓN

La Formación Carbonero se reconoce en la unidad tectónica del Ventisquero-Sierra del Trigo en la región de transición entre los dominios paleogeográficos Subbético Externo-Subbético Medio, al S de la provincia de Jaén. La localización de los afloramientos de esta formación (definida por Molina, 1987) puede encontrarse en la figura 1. Se sitúa sobre las calizas y calizas margosas de la Fm. Carretero (Berriasiense-Barremiense) y su techo se encuentra desmantelado por la erosión o afectado tectónicamente con la superposición por falla inversa de materiales calizos jurásicos, de modo que no es posible observar el contacto estratigráfico con otras formaciones más modernas (Fm. Capas Rojas) del Cretácico superior. La potencia máxima de la formación observable es de 255 m. El estratotipo se localiza a 2 km al OSO del Cortijo Carbonero (SE de Valdepeñas de Jaén), más exactamente, al N de un pequeño barranco situado unos 300 m al O del Cortijo de Solana de Morales (coordenadas U.T.M. VG 292576) (ver fig 1). Además, otros cuatro lugares interesantes donde se han levantado series estratigráficas de referencia auxiliares (paraestrotipos) y realizado importantes observaciones y muestreos complementarios son: la pista de Valdepeñas a Frailes, 500 m al O del Cortijo Carbonero, en las proximidades del Cortijo Carbonerilla, y cerca del Cortijo de la Solana de Morales.

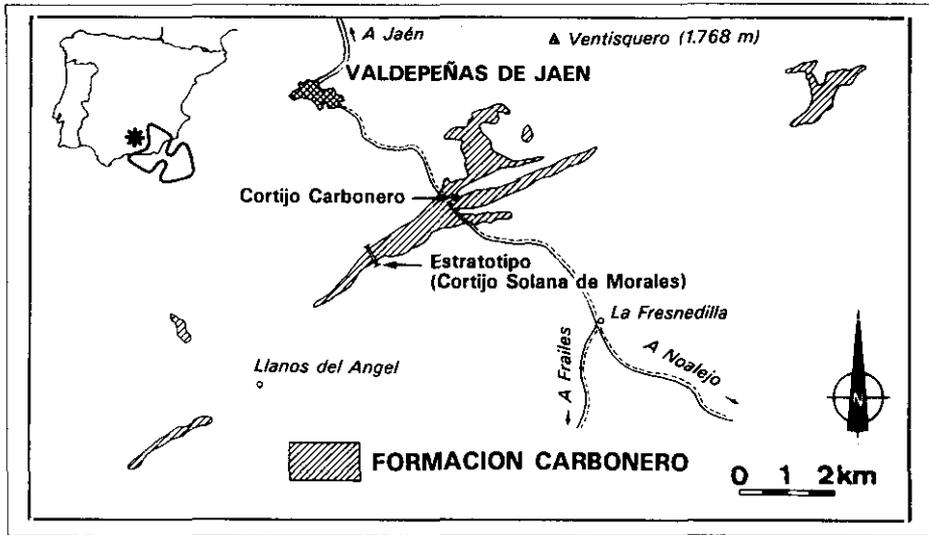


Fig. 1.—Situación geográfica de los afloramientos de la Formación Carbonero. Se incluye la localización del estratotipo (Cortijo de Solana de Morales).

Fig. 1.—Location map of the Carbonero Fm. outcrops and stratotype (Cortijo Solana de Morales).

Una primera descripción de los materiales que componen esta formación, la más característica de la Unidad del Ventisquero-Sierra del Trigo, y su cartografía geológica fueron realizadas por Sanz de Galdeano (1973). La mineralogía de algunas de estas secciones fue estudiada por López-Galindo (1987) y un análisis detallado de sus facies, así como su interpretación sedimentológica fueron presentadas por Molina (1987).

Debido fundamentalmente a la escasez o ausencia de microfósiles no se había podido precisar la edad de esta formación, por lo que hubo que recurrir al estudio de micro y nannofósiles (foraminíferos planctónicos, nannoplancton calcáreo y radiolarios) para la datación precisa de estos materiales pelágicos. Especialmente interesantes, dada la calidad de los restos fósiles preservados, han sido los análisis del nannoplancton calcáreo y de los radiolarios, que han permitido establecer mayores precisiones bioestratigráficas que los foraminíferos planctónicos, más escasos y peor conservados. El objetivo de este trabajo es por tanto caracterizar la litoestratigrafía y bioestratigrafía de esta formación, de acuerdo con la litología de los materiales y con los datos micropaleontológicos, principalmente de nannoplancton calcáreo y radiolarios.

LITOESTRATIGRAFÍA

La Formación Carbonero está compuesta por tres miembros claramente diferenciables en el afloramiento y cuyos límites corresponden a discontinuidades estratigráficas y notables cambios litológicos (ver fig. 2). A continuación describiremos cada uno de estos miembros de muro a techo.

1) *Miembro I, inferior, margoso*. Presenta una potencia de 18,4 m en la sección tipo, pero ésta es mucho mayor (hasta 90 m) en otros afloramientos. Está compuesto por margas gris azuladas, con algunas intercalaciones calcareníticas y conglomeráticas. Estas intercalaciones tienen un espesor comprendido entre varios cm y 40 cm como valores mínimo y máximo, y 16 cm por término medio. Localmente presentan muro erosivo y forma canalizada. Estos niveles constan generalmente de dos tramos: a) Inferior, conglomerática, de cantos muy redondeados con un diámetro de 1 a 3 cm generalmente, aunque localmente aparecen algunos cantos decimétricos, desorganizados y con matriz muy escasa o inexistente. La mayoría de los cantos son de calizas margosas (*mudstone*) con radiolarios, aunque localmente también existen cantos con Calpionellidos (*Calpionellites darderi* COLOM), de calizas margosas de color rojo (probablemente de facies Ammonitico Rosso) y de color gris oscuro, de sílex (calcedonita) y de calcarenitas oolíticas (*grainstone*, probablemente de edad liásica). Son abundantes los contactos estilolíticos entre los cantos y las impregnaciones de óxidos de hierro; b) Superior, calcarenítica, generalmente con laminación paralela horizontal. La relación de potencias división conglomerática/división calcarenítica es de 1/2 aproximadamente. Hacia la base son abundantes los granos de fosfato (fluorapatito) y glauconita.

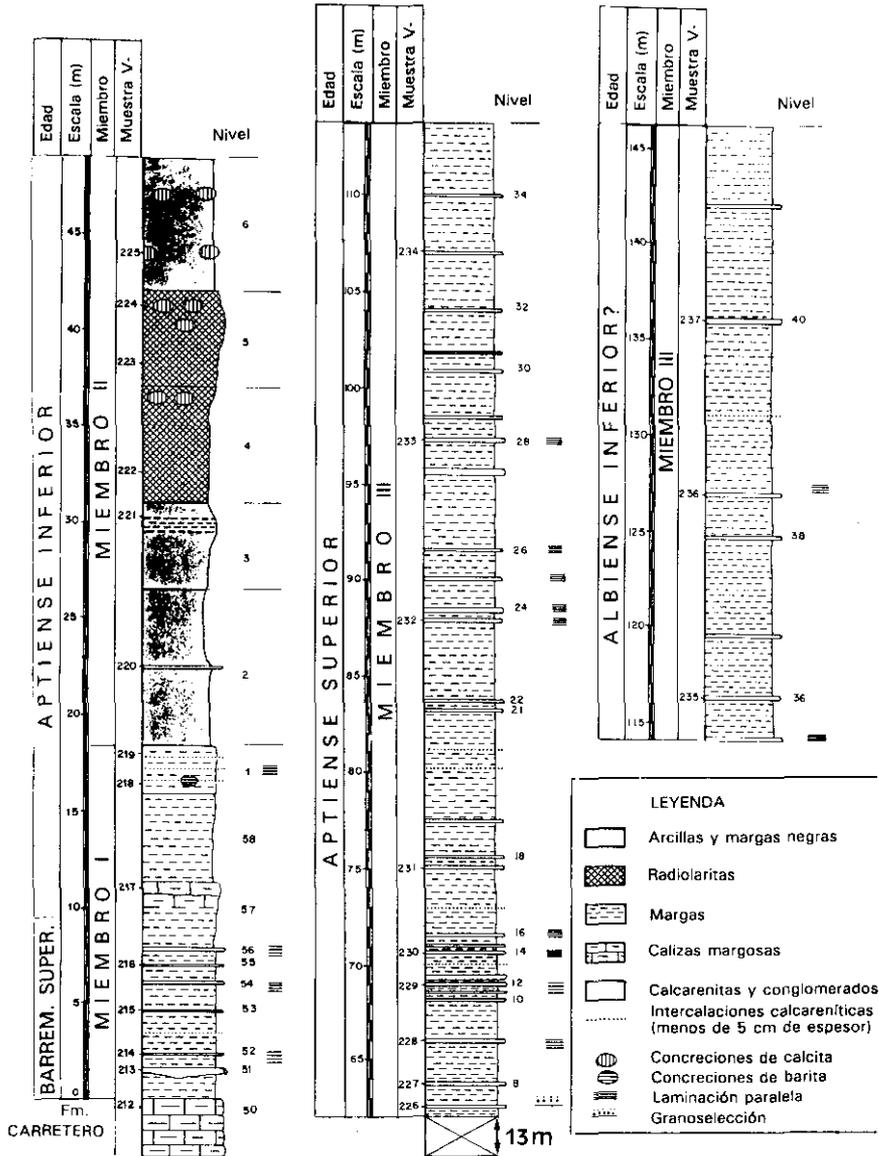
Muy característica es la presencia de concreciones de barita (lámina I, figuras 1 y 2), especialmente abundantes en los 7,5 m superiores de este miembro, con un nivel de máxima abundancia aproximadamente 1,5 m por debajo de su techo. Las concreciones de barita tienen un diámetro máximo comprendido entre varios cm y 40 cm, y son de forma esferoidal, discoidal o elipsooidal. Al microscopio se observa que están compuestas por un agregado de cristales de barita en forma de prismas tabulares, de 0,15 a 0,2 mm de grosor y longitud de 0,3 a 0,5 mm dispuestos desordenadamente. La matriz que rodea a estos cristales es micrítica (lámina I, figura 3).

Fig. 2.—Serie estratigráfica del Cortijo Solana de Morales (estratotipo de la Formación Carbonero).

Fig. 2.—Stratigraphic section of Cortijo Solana de Morales (stratotype of the Carbonero Fm.).

FORMACION CARBONERO - UNIDAD DEL VENTISQUERO

Serie tipo (Cortijo Solana de Morales)



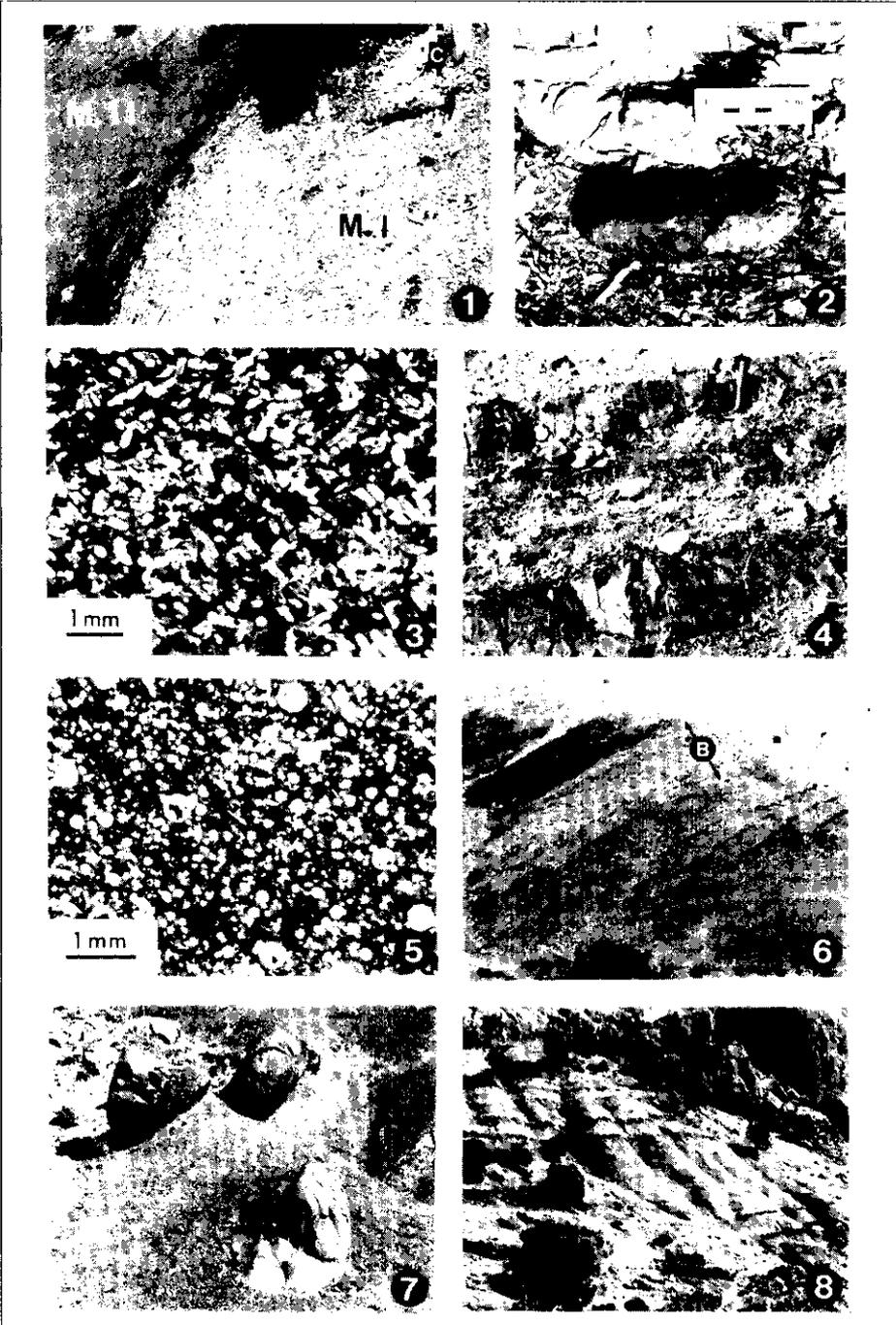
2) *Miembro II, intermedio, radiolarítico*. Compuesto por radiolaritas de color marrón o gris oscuro, arcillas y margas arcillosas negras o grises (lámina I, figura 4). Presenta una potencia total de 41 m, aunque la parte superior de este miembro en el lugar donde se ha levantado la sección tipo se encuentra parcialmente recubierta por derrubios. Las radiolaritas al microscopio se observa que están compuestas por *wackestone* de radiolarios frecuentemente silicificados, con cuarzo en mosaico micro y criptocristalino en la matriz y calcedonita en los radiolarios. Estos presentan un diámetro comprendido entre 0,15 y 0,35 mm (lámina I, figura 5). Abundan los radiolarios piritizados y en algunos puntos se encuentran deformados por aplastamiento. En los niveles radiolaríticos hay intercalaciones de rocas vulcano-sedimentarias (tufitas) con un espesor de hasta 5 cm, así como de olistolitos y megabrechas con cantos y bloques fundamentalmente calizos, de hasta 5 m de potencia (lámina I, figura 6). El color negro o gris oscuro típico es debido a la materia orgánica relativamente abundante (0,5-5%) y a la impregnación de minerales de hierro (óxidos, sulfuros y carbonatos).

Localmente aparecen algunas intercalaciones centimétricas de calcarenitas de color amarillo en superficie alterada y grises en corte reciente, los granos presentan un diámetro comprendido entre 0,2 y 0,7 mm, con escasa matriz y granoselección grosera.

Es un hecho muy peculiar de la parte superior de este miembro la presencia de grandes concreciones de calcita, que se distribuyen preferentemente a

LÁMINA I. Fig. 1.—Contacto litológico entre los miembros I (M.I) y II (M.II). Puede observarse el contraste de color debido al cambio litológico y la presencia de concreciones de barita (señalada por una flecha con la letra *c* incluida, en el ángulo superior derecho). Fig. 2.—Concreción de barita en la parte superior del Miembro I. Fig. 3.—Microfacias de las concreciones de barita. Nícoles cruzados. Fig. 4.—Niveles radiolaríticos del Aptiense inferior (Miembro II). Fig. 5.—Microfacias de las radiolaritas. Nícoles cruzados. Fig. 6.—Vista de conjunto del miembro II en el que se han señalado los niveles de brechas (B), con una potencia aproximada de 4 m. Fig. 7.—Concreciones de calcita en la parte superior del miembro II. Fig. 8.—Aspecto general del Miembro III turbidítico, al fondo pueden observarse las calizas jurásicas cabalgantes sobre la Fm. Carbonero.

PLATE I. Fig. 1.—Lithologic boundary between the members I (M.I) and II (M.II). There is a clear contrast of colour due to the lithologic differences. In the upper right corner are visible barite concretions (arrow with *c* letter) are visible. Fig. 2.—Barite concretion in the upper part of Member I. Fig. 3.—Microfacies of barite concretion (crossed nicols). Fig. 4.—Radiolarite beds (Lower Aptian, Member II). Fig. 5.—Photomicrograph of radiolarite (crossed nicols). Fig. 6.—General view of the Member II, in which the location of breccias (B, about 4 m thick) has been marked. Fig. 7.—Calcite concretions in the upper part of Member II. Fig. 8.—General view of the turbiditic Upper Member (III). In the background jurassic limestones overthrusting the Carbonero Fm are visible.



lo largo de horizontes determinados (ver lámina I, figura 7), entre 1,5 y 13 m por debajo del techo, separados por 1 a 2 metros de *pelitas*. Las concreciones presentan forma de elipsoide de revolución aplastado según la estratificación con diámetros en la horizontal comprendidos entre 90 y 160 cm y en la vertical entre 30 y 38 cm. La relación de diámetros máximo/mínimo de estas formas elipsoidales se encuentra entre 2,3 y 4,25 presentando un máximo alrededor de 4,1. Las concreciones están compuestas por microesparita con radiolarios calcitizados, con abundantes impregnaciones de óxidos de hierro. El contenido en carbonato disminuye desde el centro al exterior de la concreción. Se han observado fracturas de tipo septarias que aparecen bien como venas individuales o como una red interconectada de éstas. Están rellenas con calcita finamente cristalina de color amarillo. En las *pelitas* que rodean a estas concreciones existen rasgos de compactación diferencial mayor en la partes supra e infrayacentes al centro de las concreciones que en sus áreas laterales. Este relieve de compactación, que indicaría un origen diagenético temprano, desaparece hacia arriba y debajo de las concreciones en distancias de 5 a 20 cm.

3) *Miembro III, superior turbidítico*. Tiene 86 m de potencia observable, es de color gris verdoso en corte reciente y amarillo por alteración, y está compuesto por una alternancia de margas y calcarenitas, y menos abundantes niveles conglomeráticos. La relación de espesores calcarenitas/margas es de aproximadamente 1/10 (lámina I, figura 8).

Los niveles calcareníticos, que en algunos puntos se presentan sobre una división basal conglomerática, tienen un espesor medio de 16 cm, con valores mínimo y máximo entre menos de 1 cm y 40 cm. La división inferior conglomerática tiene un espesor máximo de 10 cm y por regla general sólo varios cm, con cantos redondeados de un diámetro medio de unos 8 mm y mínimo y máximo entre 2 mm y 1,5 cm. Estos niveles conglomeráticos tienen granoselección normal no muy bien desarrollada, o están desorganizados. En las superficies de los muros de los estratos no se han observado estructuras salvo algunas acanaladuras de varios cm de anchura. El contacto entre el nivel de conglomerados y la división calcarenítica suprayacente es nítido. Los niveles calcareníticos presentan generalmente laminación paralela y, localmente, granoselección, así como granos de cuarzo de 0,15 mm de diámetro medio. Puede observarse puntualmente cómo las laminaciones internas de la calcarenita se adaptan a los huecos e irregularidades del techo de los conglomerados. Las divisiones "d" y "e" de la secuencia de BOUMA son difícilmente diferenciables y lo que se observa es un nivel margocalizo de potencia variable que pasa gradualmente a un lecho margoso. En estos niveles

turbidíticos puede considerarse como predominante la siguiente secuencia: a) división inferior conglomerática con granoselección normal poco desarrollada o desorganizada; b) división calcarenítica con laminación paralela; y c) división superior pelítica turbidítica y pelágica, sin que pueda diferenciarse en el campo el límite entre ambas.

Los cantos conglomeráticos están compuestos mayoritariamente por *mudstone* sin aloquímicos o *mudstone* con radiolarios. Presentan localmente formas que indicarían un comportamiento plástico de los mismos. La matriz micrítica es escasa o inexistente y predominan los contactos estilolíticos entre los cantos y entre cantos y matriz. Las calcarenitas tienen un tamaño de grano medio de 1,5 mm y están compuestas mayoritariamente por cantos de calizas micríticas con radiolarios (*mudstone*) y cantos de margas arcillosas. En otros puntos, los niveles calcareníticos de grano más fino están compuestos por abundantes radiolarios calcitizados de 0,15 a 0,35 mm de diámetro y radiolas de equínidos, rodeados por una matriz micrítica.

BIOESTRATIGRAFÍA

ASPECTOS GENERALES

Los datos sobre bioestratigrafía del Barremiense-Albiense de las Cordilleras Béticas son bastante escasos y dispersos (ver revisión en Aguado et al., 1988). Las biozonaciones más completas propuestas se han realizado principalmente mediante nannoplancton calcáreo, foraminíferos planctónicos y ammonoideos (Rasplus et al., 1987; Aguado et al., 1988, 1991, 1992). Para este trabajo interesa destacar la biozonación mediante nannoplancton calcáreo establecida principalmente en base a los datos de estos últimos trabajos y otros en ellos referidos. Así dentro de la Fm. Carbonero se han diferenciado tres zonas de nannoplancton:

1) Zona de *Micrantholitus hoschulzii*. Fue definida por Thierstein (1973) como el intervalo comprendido entre la desaparición de *Calcicalathina oblongata* (WORSLEY) THIERSTEIN y la aparición de *Chiastozygus litterarius* (GORKA) MANIVIT y/o *Hayesites irregularis* (THIERSTEIN) APPLGATE et al. Sin embargo, *C. litterarius* y formas muy similares ha sido encontrado por algunos autores (Noël, 1980; Applegate y Bergen, 1988; Aguado et al., 1992) en sedimentos de edad Hauteriviense-Barremiense. Por este motivo, Applegate y Bergen (1988), redefinieron la zona de Thierstein como el intervalo comprendido entre la desaparición de *C. oblongata* y la aparición de *H.*

irregularis, excluyendo de la definición a *C. litterarius*, dado que puede encontrarse en sedimentos más antiguos y que es una forma que se puede prestar a confusiones. Nosotros utilizamos, por tanto, esta zona asumiendo la modificación propuesta por Applegate y Bergen (1988). Thierstein (1973) en el corte estratigráfico de Anglès, estratotipo del Barremiense, indica para esta zona una edad Barremiense medio-superior, confirmada por ammonoideos.

2) Zona de *Hayesites irregularis*. De acuerdo con Applegate y Bergen (1988) se extiende entre la aparición de *Hayesites irregularis* (THIERSTEIN) APPLEGATE et al. y la de *Eprolithus floralis* (STRADNER) STOVER. Esta zona podría considerarse equivalente a la de *Chiastozygus litterarius* que fue definida por Thierstein (1973) como el intervalo entre la desaparición de *Nannoconus colomii* (DE LAPPARENT) KAMPTNER y/o las apariciones de *Chiastozygus litterarius* (GORKA) MANIVIT y/o *Rucinolithus irregularis* = (*Hayesites irregularis*) en su límite inferior, y las apariciones de *Rhagodiscus angustus* (STRADNER) REINHARDT y/o *Eprolithus floralis* (STRADNER) STOVER en su límite superior. En la Cordillera Bética, sin embargo, la desaparición de *N. colomii* tiene lugar frecuentemente dentro del Aptiense superior. En algunas secciones (por ejemplo, La Frontera, en Campillo de Arenas; Aguado et al., 1988, 1991, 1992) se encuentra que *R. angustus* aparece con posterioridad a *E. floralis*, ya bastante entrado el Aptiense superior, lo cual introduce todavía más imprecisión y ambigüedad en la definición de Thierstein. No obstante, *E. floralis* sí que aparece sistemáticamente coincidiendo con el límite Aptiense inferior-superior. Por todo esto hemos preferido seguir las modificaciones propuestas por Applegate y Bergen (1988), como se hace también en Aguado et al. (1991, 1992), y usamos la aparición de *H. irregularis* como límite inferior de esta zona, que caracteriza clásicamente al Aptiense inferior.

3) Zona de *Rhagodiscus angustus*. Quedaría modificada, según lo dicho anteriormente y siguiendo a Applegate y Bergen (1988), como el intervalo comprendido entre la aparición de *Eprolithus floralis* (STRADNER) STOVER y la de *Prediscosphaera columnata* (STOVER) PERCH-NIELSEN. Esta zona corresponde al intervalo Aptiense superior-Albiense inferior.

En cuanto a la correlación de estas zonas con las de foraminíferos planctónicos, de acuerdo con Aguado et al. (1992) la zona de *M. hoschulzii* coincide aproximadamente con la zona de *Globigerinelloides blowi* (Barremiense superior) y la zona de *H. irregularis* con la de *Hedbergella praetrocoidea* KRETZSCHMAR & GORBATCHIK del Aptiense inferior. La zona de *R. angustus*, del Aptiense superior-Albiense inferior, sería correlacionable de acuerdo con Aguado et al. (1988) con cinco zonas de foraminíferos: *Leupoldina*

cabri, *Globigerinelloides algerianus*, *Planomalina cheniourensis*, *Ticinella bejaouensis* y *Ticinella primula*.

BIOESTRATIGRAFÍA DE LA FORMACIÓN CARBONERO

No se han encontrado microfósiles que permitan precisar la edad de la Formación Carbonero. De acuerdo con Busnardo (1964), Sanz de Galdeano (1973) y Molina (1987), por datación de las formaciones infra y suprayacente, así como por correlación con otras unidades equivalentes de la Zona Subbética y Unidades Intermedias, se le atribuía una edad Aptiense superior-Albiense. Para conocer la edad de la formación se ha recurrido al estudio de nannoplancton calcáreo, radiolarios y foraminíferos planctónicos en unas 80 muestras recogidas en cinco secciones estratigráficas. En la tabla I se ha representado la distribución estratigráfica de los diferentes taxones de nannoplancton, radiolarios y algunos foraminíferos planctónicos encontrados en la sección tipo del Cortijo de Morales que se reproduce en la fig. 2. En las láminas II y III se muestran algunas de las especies de nannoplancton calcáreo y radiolarios más características de esta formación.

La ausencia de *Calcicalathina oblongata* (WORSLEY) THIERSTEIN, característica del Barremiense inferior, cuya desaparición coincide aproximadamente con el límite Barremiense inferior-Barremiense superior, y la presencia de *Micrantholithus hoschulzii* (REINHARDT) THIERSTEIN en la base de este miembro, así como de *Hayesites irregularis* (THIERSTEIN) APPLGATE et al. en su parte superior, junto con otras especies de nannoplancton determinadas, y de foraminíferos planctónicos (*Globigerinelloides blowi* BOLLI y *Hedbergella planispira* TAPPAN entre otras especies) permiten atribuir el miembro inferior de la Fm. Carbonero al Barremiense superior-Aptiense inferior. Así pues, están representadas en este miembro las zonas de *Micrantholithus hoschulzii* y la parte basal de la zona de *Hayesites irregularis*.

Las asociaciones de radiolarios encontradas en la base de los niveles radiolaríticos del miembro intermedio corresponden al Aptiense inferior ya que, además de faltar un taxón característico del Barremiense (*Cecrops septemporatus* PARONA, que desaparece en el Barremiense superior), existe una asociación característica del Aptiense inferior formada por *Dibolachras tythophora* FOREMAN, *Archaeodictyomitra lacrimula* (FOREMAN), *Pantanellium lanceola* (PARONA), *Willriedellum gilkeyi* DUMITRICA, *Tricolocapsa* sp., junto con otras formas que comienzan a aparecer en el Barremiense superior (*Pseudodictyomitra lepticonica* FOREMAN, entre otras) (lámina III). El lími-

te Aptiense inferior-Aptiense superior viene definido globalmente (Schaaf, 1985; Sanfilippo & Riedel, 1985; O'Dogherty y Martínez-Gallego, 1990) por la extinción de varios taxones: *Archaeodictyomitra lacrimula* (FOREMAN), *Pantanellium lanceola* (PARONA), *Archaeodictyomitra excellens* (TAN). Las muestras más modernas del tramo radiolarítico del miembro II tienen estos taxones, por lo que pertenecen al Aptiense inferior. Las determinaciones de nannoplancton confirman esta datación. La edad de las rocas vulcanosedimentarias y de los olistolitos citados anteriormente sería por tanto Aptiense inferior. Es importante destacar que las facies radiolaríticas del Aptiense inferior, cuya potencia es en algunas secciones de hasta 45 m, presentan una tasa de sedimentación bastante alta en comparación con otras áreas próximas (por ejemplo, Campillo de Arenas, al S de Jaén) donde el Aptiense inferior, en facies de margas grises, no alcanza más de 3 m.

La edad del miembro superior turbidítico resulta algo más imprecisa porque hay nanno-plancton abundante y diversificado pero con rangos de distribución bastante amplios, que no permiten diferenciar, en las muestras estudiadas, el Aptiense superior del Albiense inferior. A partir de la muestra 226, en la base del miembro III se encuentran *Raghadiscus angustus* (STRADNER) REINHARDT y *Eprolithus floralis* (STRADNER) REINHARDT, característicos del Aptiense superior. De acuerdo con los nannofósiles la posibilidad de la existencia de Albiense inferior queda limitada a las dos muestras superiores, nº 235 y 237, ya que las demás contienen *Assipetra infracretacea* (THIERSTEIN) ROTH que desaparece en el Aptiense superior. Hay que tener en cuenta, además, que aparecen foraminíferos planctónicos (*Ticinella* sp. y *Hedbergella* sp.) que podrían ser del Albiense inferior, aunque utilizando las zonaciones de foraminíferos planctónicos, tampoco sería posible la distinción clara entre el Aptiense superior y el Albiense inferior, ya que el límite entre ambos pisos se sitúa dentro de la zona de *Ticinella bejaouensis* SIGAL (ver Aguado et al., 1988, 1992). La única forma de tener una aproximación del límite Aptiense-Albiense con foraminíferos planctónicos es controlando la desaparición de *Planomalina cheniourensis* SIGAL (que parece coincidir con dicho límite y que no hemos encontrado en los muestreos realizados). Así pues

Tabla 1.—Distribución biostratigráfica de las distintas especies de nannoplacton calcáreo, radiolarios y foraminíferos planctónicos en el estratotipo de la Fm. Carbonero (Cortijo Solana de Morales).

Table 1.—Biostratigraphic distribution of the different species of calcareous nannoplankton, radiolaria and planktonic foraminifera in the stratotype of the Carbonero Fm. (Cortijo Solana de Morales).

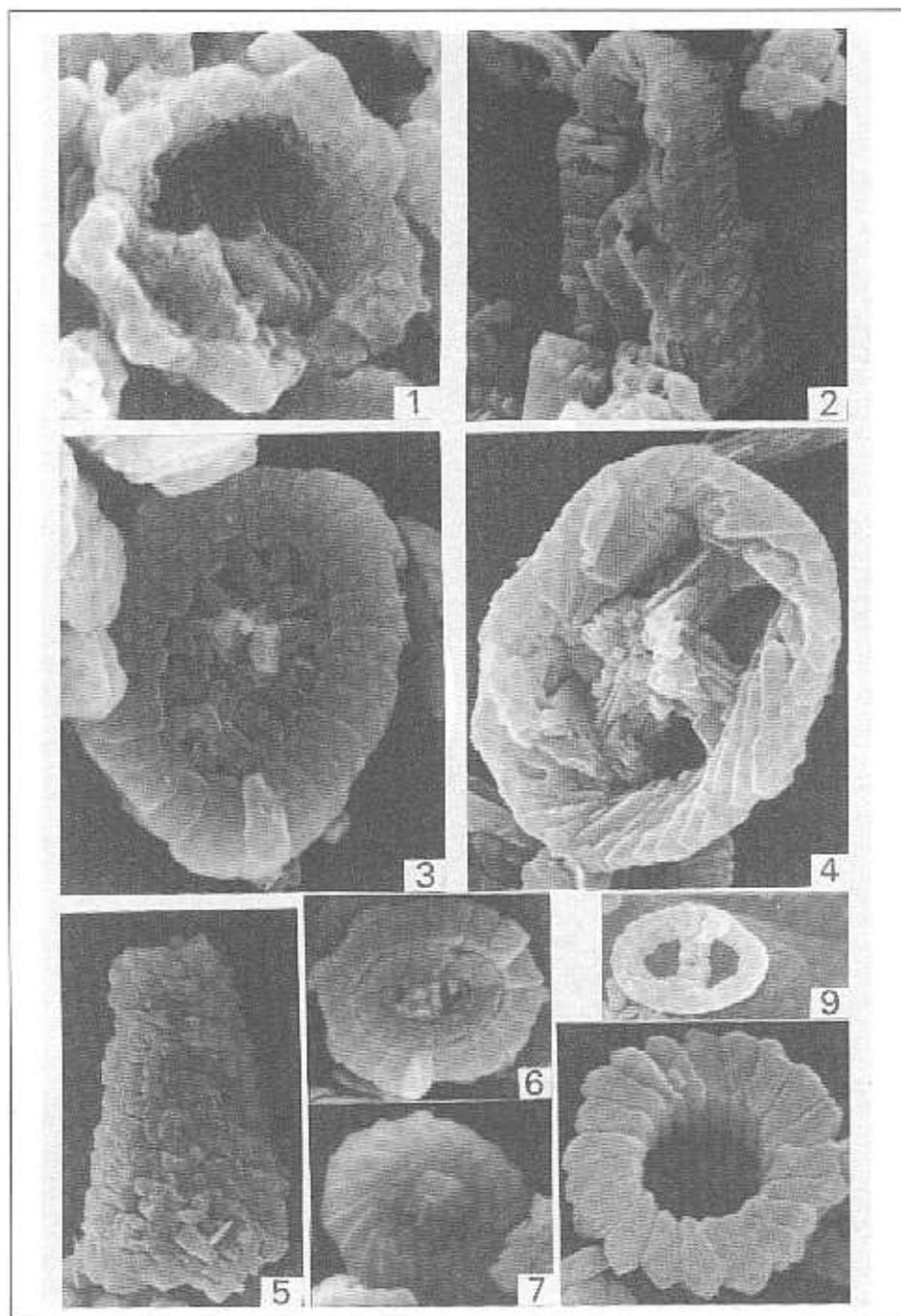
la edad de este miembro es fundamentalmente Aptiense superior, aunque no descartamos una probable edad Albiense inferior hacia su techo. En este miembro estaría representada la zona de *Rhagodiscus angustus*.

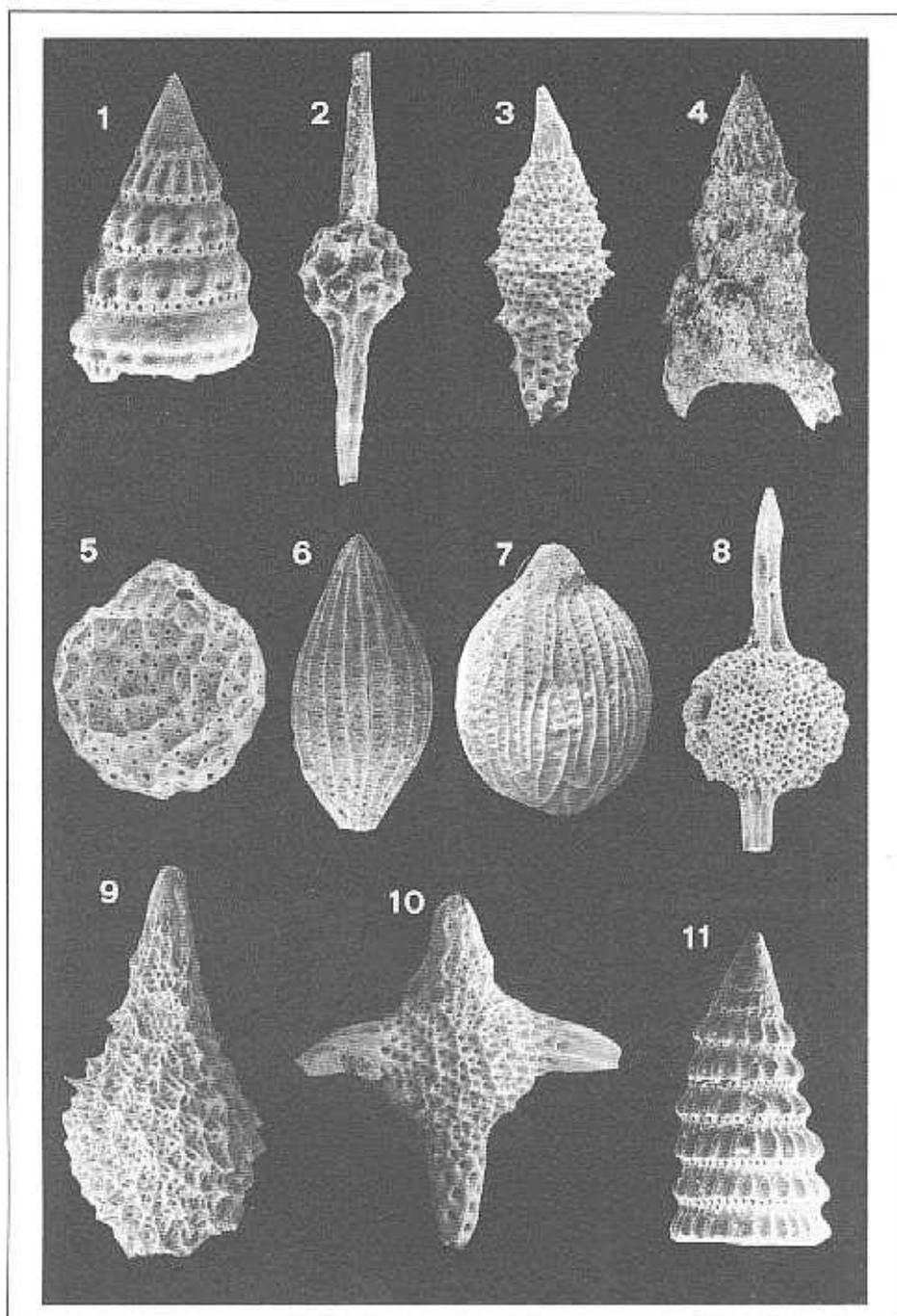
CORRELACIONES

Facies de la misma edad y litológicamente muy similares a las aquí estudiadas aparecen en otros puntos de la Zona Subbética. Así, la Fm Carbonero es correlacionable con parte de la Fm Fardes, definida por Comas (1978) en el área de los Montes Orientales (provincia de Granada), dentro del Subbético Medio Meridional o Surco Meridional Subbético. Hernández-Molina y Aguado (1991) y Hernández-Molina (1992) han precisado que la edad del muro en el estratotipo de la Fm Fardes es del Barremiense superior. El techo en la localidad tipo es de edad Santoniense (Comas, 1978). Más concretamente, la Fm Carbonero se correlaciona con parte del Miembro I o Miembro inferior (Barremiense superior-Albiense superior) de la Fm Fardes caracterizado por el predominio de arcillas verdes y grises con esporádicas intercalaciones turbidíticas de poca potencia (Hernández-Molina, 1992). Como características litológicas más importantes que diferencian la Fm Carbonero del Miembro I de la Fm Fardes se pueden destacar la mayor abundancia de las radiolaritas y de las turbiditas en la Fm Carbonero.

LÁMINA II.—Algunas especies de nanofósiles representativas de la Fm. Carbonero. Fotografías realizadas con microscopio electrónico de barrido (Zeiss DSM 950). Fig. 1.—*Eprolithus floralis* (Stradner) Stover. Especimen que presenta el diafragma destruido. Fig. 2.—*Rhagodiscus angustus* (Stradner) Reinhardt. Vista distal oblicua. $\times 10.000$. Fig. 3.—*Stradneria crenulata* (Bramlette & Martini) Noël. Vista distal. $\times 10.000$. Fig. 4.—*Vekshinella stradneri* Rood, Hay & Barnard. Vista distal. $\times 15.000$. Fig. 5.—*Nannoconus steinmannii* Kamptner. Vista lateral. $\times 10.000$. Fig. 6.—*Podorhabdus gorkae* Reinhardt. Vista distal. $\times 10.000$. Fig. 7.—*Cyclagelosphaera margerelii* Noël. Vista distal. $\times 10.000$. Fig. 8.—*Diazomatolithus lehmanii* Noël. Vista distal. $\times 10.000$. Fig. 9.—*Zeugrhabdotus noelae* Rood, Hay & Barnard. Vista distal. $\times 10.000$.

PLATE II.—Some characteristic calcareous nanofossil-species from the Carbonero Fm. SEM micrographs under Zeiss DSM-950. Fig. 1.—*Eprolithus floralis* (Stradner) Stover. Specimen with destroyed diaphragm. $\times 10,000$. Fig. 2.—*Rhagodiscus angustus* (Stradner) Reinhardt. Oblique distal view. $\times 10,000$. Fig. 3.—*Stradneria crenulata* (Bramlette & Martini) Noël. Distal view. $\times 10,000$. Fig. 4.—*Vekshinella stradneri* Rood, Hay & Barnard. Distal view. $\times 15,000$. Fig. 5.—*Nannoconus steinmannii* Kamptner. Lateral view. $\times 10,000$. Fig. 6.—*Podorhabdus gorkae* Reinhardt. Distal view. $\times 10,000$. Fig. 7.—*Cyclagelosphaera margerelii* Noël. Distal view. $\times 10,000$. Fig. 8.—*Diazomatolithus lehmanii* Noël. Distal view. $\times 10,000$. Fig. 9.—*Zeugrhabdotus noelae* Rood, Hay & Barnard. Distal view. $\times 10,000$.





En otras áreas de la Zona Subbética también hay materiales correlacionables por su edad y facies con los de la Fm Carbonero. En el sector oriental de las Cordilleras Béticas (provincias de Murcia y Almería) afloran materiales de la Fm. Fardes (por ejemplo, Aguado et al., 1991) equivalentes a la *Blue Pelite Fm* (Hermes, 1978) o a la Fm Parra (Kuhry, 1975). En el sector central y occidental de la Cordillera también se han descrito materiales correlacionables con los de la Fm Fardes al N de Campillo de Arenas (provincia de Jaén) (por ejemplo, Aguado et al., 1988), en la Alta Cadena (Sierra Prieta y Fm de Enebral, provincia de Málaga) (Peyre, 1974), y en la Sierra de Montellano (provincia de Sevilla) y Sierra de las Cabras (provincia de Cádiz) (por ejemplo, Martín-Algarra, 1987).

CONCLUSIONES

1) El análisis estratigráfico de la Fm Carbonero ha permitido diferenciar tres miembros característicos en esta formación: a) miembro I, inferior margoso; b) miembro II, intermedio radiolarítico; y, c) miembro III, superior turbidítico. Estos tres miembros se encuentran separados por tres discontinuidades estratigráficas, que implican cambios litológicos importantes, de edades Barremiense superior, base del Aptiense inferior y límite Aptiense inferior-Aptiense superior.

2) El análisis del nannoplancton calcáreo ha permitido reconocer tres zonas: *Micrantholithus hoschulzii* (Barremiense superior), *Hayesites irregularis* (Aptiense inferior) y *Rhagodiscus angustus* (Aptiense superior-Albiense infe-

LÁMINA III.—Algunas de las especies de radiolarios más representativas de la Fm. Carbonero. Fotografías realizadas con microscopio electrónico de barrido. Fig. 1.—*Pseudodictyomitra aff. leptoconica* Foreman. $\times 335$. Fig. 2.—*Pantanellium lanceola* (Parona). $\times 265$. Fig. 3.—*Eucyrtis hanni* (Tan). $\times 210$. Fig. 4.—*Crolanium pythiae* Schaaf. $\times 215$. Fig. 5.—*Williriedellum gilkeyi* Dumitrica. $\times 315$. Fig. 6.—*Archaeodictyomitra lacrimula* (Foreman). $\times 265$. Fig. 7.—*Tricolocapsa sp.* $\times 385$. Fig. 8.—*Acaeniotyle umbilicata* (Rüst). $\times 190$. Fig. 9.—*Eusyringium spinosum* Squinabol. $\times 250$. Fig. 10.—*Dibolachras tythopora* Foreman. $\times 200$. Fig. 11.—*Pseudodictyomitra carpatica* (Loznyiak). $\times 225$.

PLATE III.—SEM micrographs of some representative radiolaria in the Carbonero Fm. Fig. 1.—*Pseudodictyomitra aff. leptoconica* Foreman. $\times 335$. Fig. 2.—*Pantanellium lanceola* (Parona). $\times 265$. Fig. 3.—*Eucyrtis hanni* (Tan). $\times 210$. Fig. 4.—*Crolanium pythiae* Schaaf. $\times 215$. Fig. 5.—*Williriedellum gilkeyi* Dumitrica. $\times 315$. Fig. 6.—*Archaeodictyomitra lacrimula* (Foreman). $\times 265$. Fig. 7.—*Tricolocapsa sp.* $\times 385$. Fig. 8.—*Acaeniotyle umbilicata* (Rüst). $\times 190$. Fig. 9.—*Eusyringium spinosum* Squinabol. $\times 250$. Fig. 10.—*Dibolachras tythopora* Foreman. $\times 200$. Fig. 11.—*Pseudodictyomitra carpatica* (Loznyiak). $\times 225$.

rior). Los niveles radiolaríticos del miembro intermedio muestran asociaciones características del Aptiense inferior.

3) El miembro I tiene una edad Barremiense superior-Aptiense inferior basal, el miembro II una edad Aptiense inferior y el miembro III una edad Aptiense superior-Albiense basal?

4) El límite Barremiense-Aptiense queda bien definido por la aparición de *Hayesites irregularis* (THIERNSTEIN) APPLEGATE et al. El límite Aptiense inferior-Aptiense superior es reconocible además de por el cambio litológico, por la aparición de *Eprolithus floralis* (STRADNER) REINHARDT. El límite Aptiense-Albiense no ha podido precisarse mediante nannoplancton calcáreo ni con foraminíferos planctónicos.

5) Los materiales de la Fm Carbonero se correlacionan con parte del Miembro I o Miembro Inferior de la Fm Fardes (Comas, 1978).

AGRADECIMIENTOS

A los Dres. J.A. Vera y A. Martín-Algarra por la revisión crítica, sus valiosos comentarios y sugerencias que han permitido mejorar el manuscrito original. Para la realización de este trabajo se ha contado con financiación de la CICYT a través del proyecto PB87-0971 y de la Junta de Andalucía a través de los grupos de investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO, R., COMPANY, M., MARTÍN-PÉREZ, J. A., MARTÍNEZ-GALLEGO, J., O'DOGHERTY, L. & SANDOVAL, J., (1988). Bioestratigrafía integrada del Barremense-Aptense del sector de Campillo de Arenas (Subbético medio). Ejemplo de aplicación al análisis de cuencas. *Simposios, II Congreso Geológico de España*, Granada, 195-204.
- AGUADO, R., COMPANY, M., O'DOGHERTY, L., SANDOVAL, J. & TAVERA, J.M. (1992). Biostratigraphic analysis of the pelagic Barremian/Aptian in the Betic Cordillera (Southern Spain). Preliminary data. *Cretaceous Res.*, 13: 445-452.
- AGUADO, R., O'DOGHERTY, L., REY, J. & VERA, J.A. (1991). Turbiditas calcáreas del Cretácico al Norte de Vélez Blanco (Zona Subbética): Bioestratigrafía y génesis. *Rev. Soc. Geol. España*, 4: 271-304.
- APPLEGATE, J. & BERGEN, J.A. (1988). Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy of sediments recovered from the Galicia Margin, ODP Leg 103. In: Boillot et al. Eds., *Proc. ODP Sci. Results*, 103: 293-348.

- BUSNARDO, R. (1964). Hypothèses concernant la position des unités structurales et paleogeographiques de la transversale Jaén-Grenade (Andalousie). *Geol. Mijnbow*, 43: 264-267.
- COMAS, M.C. (1978). *Sobre la Geología de los Montes Orientales. Sedimentación y evolución paleogeográfica desde el Jurásico al Mioceno inferior (Zona Subbética, Andalucía)*. Tesis Doctoral Univ. Bilbao, 323 pp.
- HERMES, J.J. (1978). The stratigraphy of the Subbetic and Southern Prebetic of the Vélez Rubio-Caravaca area and its bearing on transcurrent faulting in the Betic Cordilleras of the Southern Spain. *Proc. Konin. Ned. Akad. Wetens.*, 81: 41-72.
- HERNÁNDEZ-MOLINA, F.J. (1992). *La sedimentación cretácica en el sector del río Fardes (Surco Meridional Subbético. Paleomargen sudibérico)*. Tesis de Licenciatura, Univ. Granada, 197 pp.
- HERNÁNDEZ-MOLINA, F.J. y AGUADO, R. (1991). Restos de carbón en el Cretácico inferior del Subbético medio (Cordillera Bética). *Geogaceta*, 9: 91-94.
- KUHRY, B. (1975). Stratigraphy of the Lower Cretaceous in the Subbetic north of Vélez-Blanco (prov. of Almería, SE Spain) with reference to oolitic turbidites. *GUA Pap. Geol.*, 7: 41-74.
- LÓPEZ-GALINDO, A. (1987). *Las facies oscuras del Cretácico medio en la Zona Subbética. Mineralogía y sedimentación*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 267 pp.
- 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, 1171 pp.
- MOLINA, J. M., (1987). *Análisis de Facies del Mesozoico en el Subbético Externo (provincia de Córdoba y Sur de Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada. 518 pp.
- NOEL, D. (1980). Niveaux d'apparition et de disparition relatifs de nanofossiles calcaires utilisables comme repères stratigraphiques dans le Crétacé inférieur et moyen. *Cah. Micropaleontol.*, 3: 57-83.
- O'DOGHERTY, L. & MARTINEZ-GALLEGO, J. (1990). Radiolarios del Cretácico inferior (Barremense-Albense) en el sector de Campillo Arenas (Subbético medio). *Stud. Geol. Salmanciensis*, 68: 263-275.
- PEYRE, Y. (1974). *Geologie d'Antequera et de sa region (Cordilleres Betiques, Espagne)*. Tesis Doctoral, Univ. de Paris. 528 pp.
- RASPLUS, L., FOURCADE, E., AMBROISE, D., ARDEOL, B., AZEMA, J., BLANC, P., BUSNARDO, R., CLERC-RENAUD, T., DAMOTTE, R., DER-COURT, J., FOUCAULT, A., GALBRUN, B., GRANIER, B., LACHKAR, G., LE HEGARAT, G., MAGNE, J., MANIVIT, H., MANGIN, A.M., MASURE, E., MAZAUD, A., MICHAUD, F., MORAND, F., RENARD, M., SCHUBER, N. & TAUGOURDEAU, J. (1977). Stratigraphie intégrée du sillon citrabético (Sierra de Fontcalet, province d'Alicante, Espagne. *Geobios*, 20: 337-387.
- SANFILIPPO, A. & RIEDEL, W.R. (1985). Cretaceous Radiolaria. In: H.M. Bolli et al. (eds.) *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 573-630.

- SANZ DE GALDEANO, C., (1973). *Geología de la transversal Jaén-Frailes (provincia de Jaén)*. Tesis Doctoral, Univ. de Granada. 274 pp.
- SCHAAF, A. (1985). Un nouveau canevas biochronologique du Crétacé inférieur et moyen: les Biozones à Radiolaires. *Sciences Geologiques*, 38: 227-270.
- THIERSTEIN, H.R. (1973). Lower Cretaceous calcareous nannoplankton biostratigraphy. *Abh. Geol. Bundesanst.*, 29: 1-52.

Manuscrito recibido: 29 noviembre 1991.

Revisión aceptada: 5 mayo 1993.