

PRIMER REGISTRO DE LOS GÉNEROS *ACTINOTHECA* XIAO Y ZOU, 1984, Y *CONOTHECA* MISSARZHEVSKY, 1969, EN EL CÁMBRICO INFERIOR DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

DAVID C. FERNÁNDEZ-REMOLAR¹ | CENTRO DE ASTROBIOLOGÍA, TORREJÓN DE ARDOZ

RESUMEN

En este trabajo se describe el primer registro en la península Ibérica de los géneros *Actinotheca* Xiao y Zou, 1984, incluido en la familia Cupithecidae Duan, 1984, y *Conotheca* Missarzhevsky, 1969 (*in* ROZANOV *et al.*, 1969), perteneciente a la familia Circothecidae Syssoiev, 1962, de la Clase Hyolitha Marek, 1963, que se obtuvieron por el muestreo de los niveles fosfáticos de la Formación Pedroche del Ovetiense Inferior en la Sierra de Córdoba. La correlación de estos niveles con otras regiones con asociaciones de fósiles fosfáticos por medio de la cronoestratigrafía de arqueociatos indica que los materiales con *Actinotheca* y *Conotheca* de Córdoba se corresponderían con el techo de la Zona de *Retecoscinus zegebarti* o el muro de la Zona de *Carinacyathus pinus*, que se sitúan desde la parte inferior hasta la media del Atdabaniense de la Plataforma de Siberia. Esta posición es correlacionable con la Asociación III en Yunnan (China) y la parte baja de la Zona de *Abadiella huoi* de los Flinders Ranges (Australia), las cuales presentan algunos taxones afines a los presentes en la Sierra de Córdoba. Además, la comparación de las asociaciones de fósiles de la Sierra de Córdoba con aquéllas de restos fosfáticos con la misma edad en otras regiones cámbricas sugiere que la capacidad de dispersión de *Conotheca* era mucho mayor que la de *Actinotheca*, el cual aparece casi exclusivamente limitado a materiales del Cámbrico Inferior de áreas gondwánicas. En efecto, el género *Actinotheca* ha sido registrado en las regiones que formaron parte de Gondwana como son China y Australia, mientras que *Conotheca* se ha hallado además en unidades cámbricas de Inglaterra, Estados Unidos o Rusia, las cuales formaron parte de Avalonia, Laurentia o la Plataforma de Siberia durante principios del Paleozoico.

Palabras clave: Hiolitos, Cámbrico Inferior, Ovetiense, Sierra de Córdoba, España.

¹ Centro de AstroBiología. INTA-CSIC. Ctra. de Ajalvir, km 4. E-28850 Torrejón de Ardoz (Madrid). España. C/e: fernandezrd@inta.es.

ABSTRACT

The first occurrence in the Iberian Peninsula of *Actinotheca* Xiao y Zou, 1984, family Cupithecidae Duan, 1984, and *Conotheca* Missarzhevsky, 1969 (in ROZANOV *et al.*, 1969), family Circothecidae Syssoiev, 1962 (Class Hyolitha Marek, 1963), was obtained after sampling some phosphatic levels of the Lower Ovetian Pedroche Formation (Lower Cambrian) that crops out in the Sierra de Córdoba (Spain). The correlation between these materials and other lithological units with similar ages, which host also similar phosphatic fossils, using the Lower Cambrian Iberian chronostratigraphic scale shows that the strata of the Sierra de Córdoba with *Actinotheca* and *Conotheca* may correspond to the top of the *Retecoscinus zegebarti* Zone or the bottom of the *Carinacyathus pinus* Zone, both placed in the lower and middle part of the Atdabanian stage of the Siberian Platform. This position may be comparable with the upper Meishucunian Association III of the Yunnan Platform (China), and the lower part of the *Abadiella huoi* Zone of the Lower Cambrian materials of the Flinders Ranges (Australia), which show phosphatic fossils akin to those found in Córdoba. Moreover, the comparison between the phosphatic fossil associations of the Sierra de Córdoba and those of other Cambrian regions with the same age suggests that *Conotheca* may have a higher palaeogeographical dispersion than *Actinotheca*, which seems to be limited to the Lower Cambrian strata of some Gondwana regions. Actually, the genus *Actinotheca* has been recorded in regions that belonged to Gondwana as China and Australia did, whereas *Conotheca* appears besides in Lower Cambrian units of England, USA or Russia, which are a relict of the Avalonian, Laurentian or the Siberian continents, respectively.

Key words: Hyoliths, Lower Cambrian, Ovetian, Sierra de Córdoba, Spain.

INTRODUCCIÓN

Los depósitos fosfáticos, originados fundamentalmente en áreas marinas someras por mezcla de aportes oceánicos profundos (SLANSKY, 1986), han resultado ser materiales de gran importancia para almacenar el registro de la diversidad biológica a lo largo de la historia geológica de la Tierra. Además, la rapidez del proceso de fosfatización y su tendencia a mineralizar algunos materiales de origen biológico como la quitina (BRIGGS y KEAR, 1994) favorece el desarrollo de una mayor representación de aquella biota que ocupó varios hábitats marinos en el pasado. En este sentido, los carbonatos fosforíticos ovetienses (Cámbrico Inferior) de la Sierra de Córdoba generados en ambientes recifales someros (pero con posibles aportes de aguas oceánicas ricas en fosfatos) se caracterizan por presentar una gran diversidad de restos paleontológicos en un breve registro sedimentario (FERNÁNDEZ-REMOLAR, 1999). Generalmente, los nive-

les enriquecidos en fosfato de la Sierra de Córdoba registran grupos muy comunes y, en algunos casos, muy diversos en la mayoría de las sucesiones estratigráficas de otras regiones del Planeta, como arqueociatos, trilobites, hiolitos, moluscos, halkiéridos o chancelloríidos. Sin embargo, algunos de los restos preservados como *Tannuolina* (FERNÁNDEZ REMOLAR, 2002) o *Eremactis* (FERNÁNDEZ-REMOLAR, 2001) son menos abundantes en las asociaciones de fósiles, mostrando una distribución geográfica menor, en concordancia con su posible menor abundancia y diversidad en el pasado.

En este trabajo se presentan evidencias del primer registro en la península Ibérica de dos taxones del Cámbrico Inferior, *Actinotheca* Xiao y Zou, 1984, y *Conotheca* Missarzhevsky, 1969 (*in* ROZANOV *et al.*, 1969), hallados en dos localidades del Cámbrico Inferior de la Sierra de Córdoba, cuyos patrones de abundancia y distribución geográfica son diferentes. Por otra parte, se llevará a cabo una primera estimación de los patrones de distribución paleobiogeográfica de ambos taxones. Para ello se definirá previamente la edad de las asociaciones que contienen ambos taxones, tanto en la estructura cronoestratigráfica elaborada para el Cámbrico de la península Ibérica como en el marco cronoestratigráfico global de algunas zonaciones elaboradas para regiones con afinidades gondwánicas como los Flinders Ranges (Australia) y Yunnan (China).

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Los taxones descritos en este trabajo proceden de afloramientos de la Formación Pedroche del Ovetiense Inferior (LIÑÁN, 1974; LIÑÁN *et al.*, 1993; FERNÁNDEZ-REMOLAR, 1999), que se han muestreado en varias localidades de las cercanías de la ciudad de Córdoba a lo largo de la Sierra de Córdoba y del río Guadalquivir (fig. 1). El área estudiada está localizada en el borde occidental del Dominio Córdoba-Alanís (DELGADO-QUESADA *et al.*, 1977), que se caracteriza por el afloramiento de materiales del Precámbrico terminal, Cámbrico, Carbonífero, Permotriásico y Terciario marino. Los depósitos cámbricos, discordantes en algunos casos sobre los materiales finiproterozoicos, se encuentran representados por las formaciones Torreárboles, Pedroche, Santo Domingo y Los Villares (LIÑÁN, 1974; LIÑÁN GUIJARRO, 1978).

El estudio de los materiales carbonáticos de la Formación Pedroche en diferentes yacimientos dentro del área de estudio permitió reconocer la existencia de dos dominios sedimentarios diferentes basados en la presencia de materiales fosfáticos o en la aparición de facies carbonáticas mixtas, respectivamente (FERNÁNDEZ-REMOLAR, 1999). En concreto, los yacimientos de fósiles fosfáticos se obtuvieron en dos únicos afloramientos, el Cerro de Las Ermitas y la cantera de Pay Jiménez (fig. 1), ambos incluidos en el dominio sedimentario fosfático. La

distribución bioestratigráfica de estos dos taxones se muestra en las columnas estratigráficas figuradas por FERNÁNDEZ-REMOLAR (1999: figs. 4, 8), autor que, además, describe e interpreta las asociaciones de facies y los distintos dominios sedimentarios de la Sierra de Córdoba. La búsqueda en otras áreas de la Sierra de Córdoba, como el Arroyo Pedroche, La Tierna, Cortijo de Piquín o Mirador de las Niñas, resultó infructuosa por la ausencia de niveles fosforíticos.

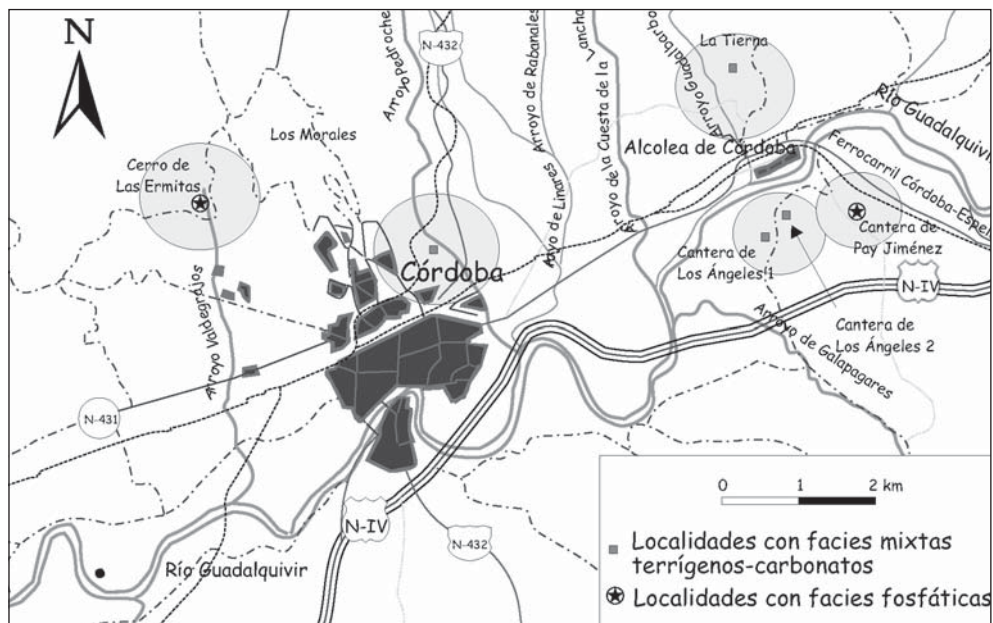


Figura 1. Situación geográfica de los afloramientos fosfáticos de la Formación Pedroche (Ovetiense Inferior) en la Sierra de Córdoba.

SISTEMÁTICA PALEONTOLÓGICA

Filo, clase y orden indeterminados

Familia CUPITHECIDAE Duan, 1984

Género tipo: *Actinotheca* (He in QIAN, 1977).

Observaciones. La sinonimia del género *Actinotheca* es complicada debido a su interpretación como restos de hielitos con una región apical particular. MISSARZHEVSKY (1989: lám. III, fig. 13) figura un resto con un ápice semejante al observado en Cupithecidae, aunque lo determina como *Tchuranithecina mirus* He (in QIAN, 1977), es decir, como un ortotécido. En nuestro material hemos

encontrado restos de afinidades dudosas, debido a la sección o contorno general de los restos, más robusta que en Cupithecidae, y a la presencia de una región apical parecida a la de *Actinotheca*. Sin embargo, algunos de estos ejemplares han sido incluidos como fragmentos no identificados del orden Orthothecida, ya que no se ha podido reconocer si el origen de la morfología apical es producido por la separación por sellado interno en la concha o por el desarrollo de septos durante el crecimiento. En la fosilización se ha podido producir la pérdida de la morfología y las estructuras originales por procesos relacionados con la distorsión, el desarrollo de envueltas fosfáticas o la recristalización del fosfato, lo que impide la correcta determinación de los restos.

En este sentido, BENGTON *et al.* (1990) discuten los problemas de sinonimia que presentan estos restos de la siguiente manera:

«La Caliza Parara contiene segmentos truncados de tubos calcáreos en los residuos fosfáticos del Barranco Horse; se encuentran también en las lutitas de Parara en Curramulka y Kulpara, así como en las lutitas de Oraparinna en el Cañón de Bunyero. Fósiles semejantes tienen varios nombres en la literatura china (Qian, 1977; Xiao y Zhou, 1984; Xing *et al.*, 1984; Duan, 1984), y han

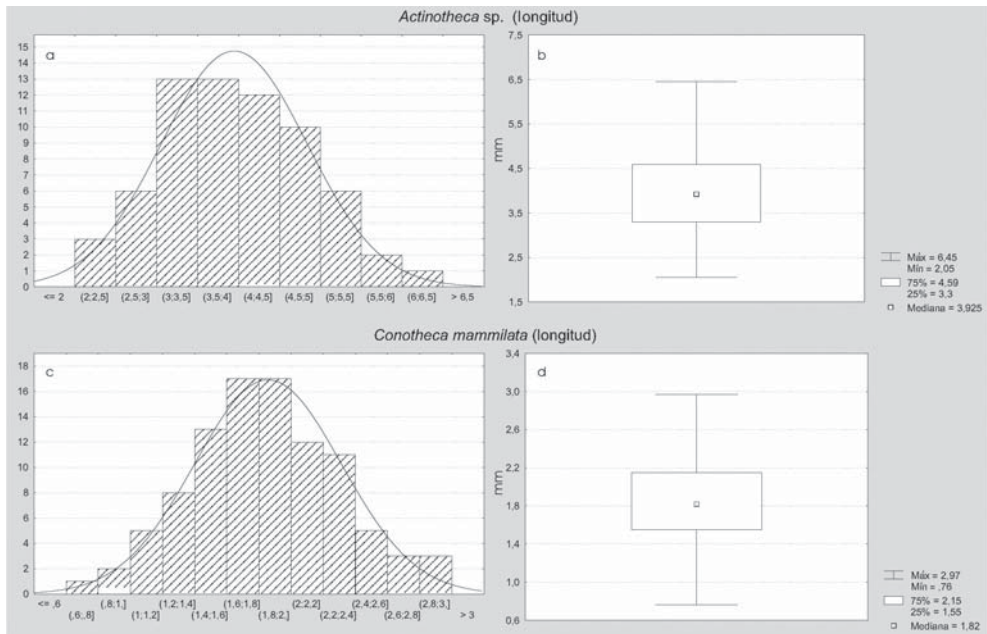


Figura 2. Histogramas y diagramas Box-Whisker de datos de longitud máxima (expresados en milímetros) para los ejemplares obtenidos en el Cerro de Las Ermitas y la cantera de Pay-Jiménez (Formación Pedroche, Ovetiense Inferior). **a, b:** datos de *Actinotheca sp.* **c, d:** datos de *Conotheca mammilata*.

«*sido interpretados como biolitos con protoconchas discoidales. El primer nombre aplicado a estos fósiles fue Paraglobolilus mirus (He) (Qian, 1977; v. Qian y Bengtson, 1989, en lo que concierne a la autoría). Posteriormente se establecieron las especies tipo de Actinotheca Xiao y Zhou, 1984, y Emeithea Duan, 1984, teniendo prioridad el primer nombre. El material australiano demuestra que las terminaciones características de los tubos de Actinotheca no son estados iniciales del crecimiento, sino que se formaron secundariamente por sellado de la cámara de habitación con una partición en forma de septo y una posterior separación de la concha formada con anterioridad. Un análogo al modo de formación y crecimiento de la concha de Actinotheca se da en el género Caecum actual (Fretter y Graham, 1978), que es un pequeño prosobranquio que vive sobre fondos arenosos o limosos. Sólo se enrolla la protoconcha y la concha, ligeramente curvada, pierde repetidamente la concha más vieja por medio de una muralla convexa que se forma por sellado o compartimentación secundaria. Otros gasterópodos actuales, como los representantes de la familia Thiaridae que habitan en aguas dulces, tienen un hábito semejante de crecimiento de la concha. Aunque Actinotheca ha sido agrupado con los biolitos, hay pocas evidencias que sostengan esta posición. No se ha identificado un opérculo definitivo, y si los discos simples que aparecen asociados pertenecen a Actinotheca no presentan los caracteres típicos de los opérculos de biolitos. Caecum tiene un opérculo no mineralizado, aunque no hay ninguna evidencia que sugiera homología con estos discos. Un estudio comparativo de los mecanismos de la diversificación de los gasterópodos actuales puede ser útil para interpretar la morfología funcional en Actinotheca, y determinar su afinidad, que permanece abierta.»*

Lámina I

Actinotheca sp. Barras de escala en figuras 1a, 2, 3, 5, 7, 8 = 200 µm. Barras de escala en figuras 1b, 1c, 4 = 10 µm. Barra de escala en figura 6 = 2 mm.

1: Parte apical. Muestra 95E5/2m. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba; 1a: vista general de la muralla conservada parcialmente, con estrías de crecimiento transversas a la longitud de la concha; 1b: detalle de la corona de poros; 1c: microestructura en empalizada, compuesta por una lámina externa y otra interna conectada por cristales transversos de francolita.

2, 3: Moldes internos con envueltas fosfáticas internas de *Actinotheca* sp. Muestras 95E5/3 (fig. 2) y 95E5/2 (fig. 3). Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.

4: Detalle de la microestructura de la envuelta fosfática interna de *Actinotheca* sp. Se observa una tendencia a la ordenación en filas de cristales de apatito, dispuestos sobre una lámina criptocristalina de fosfato. Muestra 95E5/3. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.

5: Molde interno en el que se incluye una muralla interna con microestructura en empalizada. Muestra 95E5/3. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.

6-8: Diversos moldes internos con envueltas fosfáticas. El ejemplar correspondiente a la figura 8 puede estar distorsionado. Muestra 95E5/2. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.

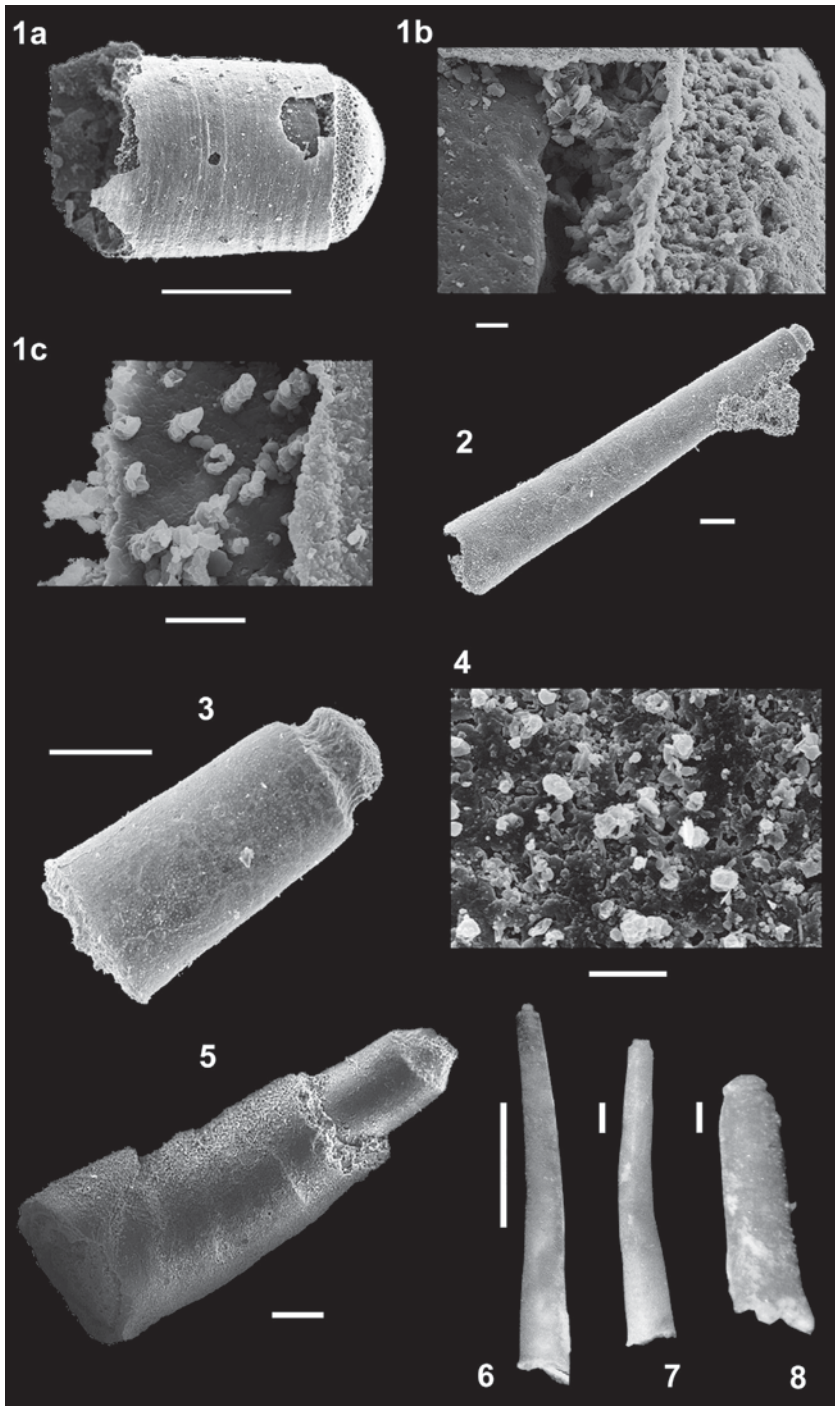


Lámina I.

Por otra parte, los procesos de sellado y separación en el área apical de la concha tienen una gran importancia en la interpretación paleobiológica y paleoautoecológica de los organismos que produjeron estos restos. En primer lugar, se debería determinar si el proceso de crecimiento era continuo durante la vida del animal o, por el contrario, si tenía lugar en un período determinado de su ciclo vital. Si el crecimiento se produjo de manera repentina y continuada durante la vida del organismo se debe considerar que su talla no superaría una longitud dada. Si éste tuvo lugar una o varias veces antes de que el organismo alcanzara una talla dada, fuera o no continuado por una acrecencia posterior, su longitud podría haber experimentado un aumento. No se tienen datos paleontológicos que prueben ninguna de estas alternativas. Sin embargo, se debe indicar que los restos de los fósiles correspondientes a las regiones apicales separadas del resto de la concha tienen una longitud y una sección menores que los observados en los restos de la concha completa; además, son bastante escasos (23 ejemplares) si se compara con los numerosos restos de concha completa, lo que indicaría que el proceso de separación tuvo lugar una o escasas veces durante el ciclo vital. Según BENGTON *et al.* (1990) este tipo de crecimiento podría ser una alternativa a un aumento de la longitud por enrollamiento de la concha.

Lámina II

Conotheca mammilata Missarzhevsky, 1969 (*in* ROZANOV *et al.*, 1969). Barras de escala en figuras 1a, 2-6, 8, 10, 11 = 200 mm. Barra de escala en figura 1b = 10 mm. Barras de escala en figuras 7, 9 = 1 mm.

- 1.** Muestra 95PJ/P8'. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); cantera de Pay-Jiménez, Alcolea de Córdoba; 1a: vista general; 1b: detalle de la estructura preservada parcialmente a modo de fibras transversas al desarrollo longitudinal de la concha.
- 2:** Muestra 95PJ/P8'. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); cantera de Pay-Jiménez, Alcolea de Córdoba.
- 3:** Muestra 95PJ/P8"2. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); cantera de Pay-Jiménez, Alcolea de Córdoba.
- 4-6:** Opérculos. Muestras 95E5/1 (figs. 4, 6) y 95E5/3 (fig. 5). Muralla fosfatizada (reemplazamiento de la capa orgánica?). Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.
- 7:** Muestra 95E5/2. Molde interno. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba; a: vista ventral; b: vista lateral.
- 8, 9:** Muestra 95E5/2. Molde interno. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.
- 10:** Muestra 95E5/3. Molde interno con envuelta fosfática. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.
- 11:** Muestra 95E4/1. Muralla fosfatizada. Formación Pedroche, Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior); Cerro de Las Ermitas, Córdoba.

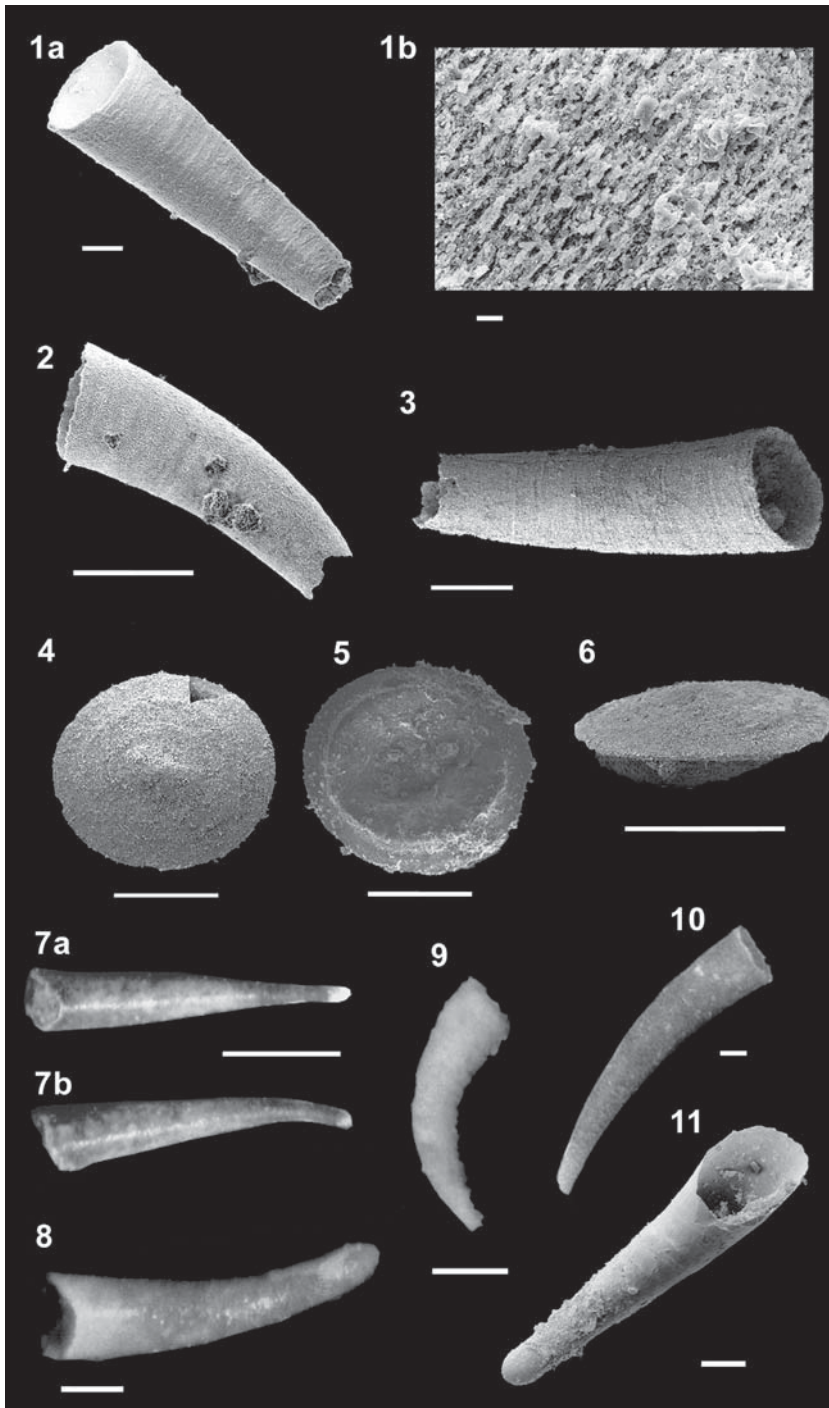


Lámina II.

Género *Actinotheca* Xiao y Zou, 1984

Especie tipo: *Actinotheca mira* (= *Paraglobolilus mirus*) (He in QIAN, 1977).

Diagnosis. Según BENGTON *et al.* (1990):

«*Conchas rectas o curvadas, con sección circular a ovalada, ángulo de divergencia bajo. Las partes más antiguas de la concha son eliminadas sucesivamente durante el crecimiento ontogénico en relación con la formación de una muralla secundaria que sella la terminación apical. El opérculo, si está presente, es un disco simple.*»

Distribución. BENGTON *et al.* (1990) definen *Actinotheca holocyclata*, *A. hemicyclata* y *A. clathrata* en materiales del Atdabaniense terminal (Cámbrico Inferior), correspondientes a la Caliza Parara en la localidad del Barranco Horse (Australia). En China este género es frecuente, apareciendo en varias sucesiones del Meishucuniense, en afloramientos de la Formación Huangshandong en la región de Hubei («*Paraglobolilus mirus*», Qian *et al.*, 1979). El ejemplar figurado por MISSARZHEVSKY (1989: lám. III, fig. 13) ampliaría el rango geográfico al Cámbrico Inferior de la Plataforma de Siberia.

Actinotheca sp.

Lám. I

Material. 188 ejemplares. Moldes internos complejos, murallas silicificadas o fosfatizadas con estructura en empalizada.

Descripción. Fósiles de morfología tubular rectos o ligeramente curvados, con sección desde circular a ovalada; aunque pueden alcanzar una longitud máxima de 6,5 mm, tienden a un valor medio de 4 mm (fig. 2a, b). La sección tiene una anchura media de 0,69 mm, mientras que su altura oscila entre 0,423 y 0,75 mm. La sección cambia suavemente de forma y tamaño a lo largo de la concha, y el ángulo de divergencia lateral es pequeño, en general adopta un hábito cilíndrico. La región apical es muy característica y consiste en la separación del ápice por un estrechamiento de su diámetro, debido a que la muralla experimenta un engrosamiento interno en la periferia de esta área. La base apical es redondeada y tiene un margen anguloso. Algún ejemplar presenta, en el contacto entre el ápice y el resto del molde interno, una corona de poros cuyo diámetro aumenta hacia la base del fósil. Aquellos restos que por disolución han perdido parte de la región apical presentan cavidades de desarrollo cilíndrico y dispuestas simétricamente en torno a una cavidad mayor que ocupa el centro de la sección. La superficie externa se compone de estrías de crecimiento. En lámina delgada la muralla tiene poros pequeños ligeramente sinuosos en la parte lateral de la región apical, que pueden estar en relación con la corona porosa de la base apical en los moldes internos. Además, el grosor de la muralla tiende a aumentar hacia el ápice del tubo.

Discusión. La región apical y sus estructuras acompañantes, como la corona de poros o la existencia de microtúbulos en la muralla convexa, son caracteres diagnósticos observados en las diferentes especies de *Actinotheca* descritas por BENGTON *et al.* (1990). Sin embargo, nuestro material no presenta elementos ornamentales en la parte externa de la muralla que permita referirlo a algunos de los taxones definidos por estos autores.

Distribución. Niveles 95PJ/P8"1, 95PJ/P8"3, 95E5/1, 95E5/2_m, 95E5/2 y 9535/3 (*in* FERNÁNDEZ-REMOLAR, 1999: figs. 4, 8). Cantera de Pay-Jiménez y el Cerro de Las Ermitas, Córdoba (España). Formación Pedroche. Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior).

Hiolitos y formas afines

Filo indeterminado

Clase HYOLITHA Marek, 1963

Familia CIRCOTHECIDAE Syssoiev, 1962

Género tipo: *Circotheca* Syssoiev, 1958.

Diagnosis. Según ROZANOV *et al.* (1969):

«Conchas de hábito normalmente alargado, con secciones transversas circulares, ovales, elípticas y triangulares. Las caras dorsal y ventral difieren generalmente en el grado de convexidad. La ornamentación está representada por líneas de crecimiento y con menor frecuencia por costillas transversas dispuestas regularmente a lo largo del perímetro de la concha. Las líneas que ocupan el borde entre ambas caras, donde se origina un cambio en la convexidad, se curvan hacia la parte inicial donde se localizan septos ligeramente cóncavos. El opérculo tiene forma de cono deprimido con un ápice excéntrico.»

Observaciones. [ROZANOV *et al.* (1969)]:

«Los géneros *Conotheca*, *Tiksitheca* y *Kugdatheca* se asignan tentativamente a esta familia. *Conotheca* se distingue de los otros representantes de la familia por una sección ideal redondeada en la que no se da una diferenciación de las caras de la concha...»

Género *Conotheca* Missarzhevsky, 1969 (*in* ROZANOV *et al.*, 1969)

Especie tipo: *Conotheca mammilata* Missarzhevsky, 1969
(*in* ROZANOV *et al.*, 1969).

Diagnosis. [ROZANOV *et al.* (1969)]:

«Concha conoidal estrecha que tiene sección transversa redondeada y, en algunos casos, una parte apical tímica. La apertura es recta. La superficie externa se encuentra marcada sólo por estrías de crecimiento.»

[QIAN y BENGTON (1989)]:

«*Conchas tubulares con sección transversa, apertura recta perpendicular al eje longitudinal del tubo, sin septos internos, y parte apical (de difícil preservación) un tanto redondeada.*»

[BENGTON *et al.* (1990)]:

«[...] *parte apical ligeramente bulbosa. Opérculo con procesos cardinales y túbulo en forma de clavícula.*»

Observaciones. [ROZANOV *et al.* (1969)]:

«*Este género está referido a la Familia Circothecidae con algunas reservas. Difiere de los representantes de esta familia por la forma de la concha, que tiene sección transversa redondeada y apertura recta, así como por la forma de la parte inicial de la concha, que carece de septos. Se parece en la forma a Styliolina pero tiene una concha con murallas mucho más gruesas y líneas de crecimiento prominentes.*»

En este sentido QIAN y BENGTON (1989) no describen *C. subcurvata* como representante de la Clase Hyolitha, incluyéndole en un grupo informal que denominan como «fósiles tubulares».

Distribución. En la Provincia de Yunnan (sur de China) se han obtenido ejemplares de *C. subcurvata* Yu, 1974, en la sección de Meishucun donde aflora el Miembro Zhong Qiancum de la Formación Deng Qianng, que representan parte de la Asociación *Anabarites-Protobertzina-Arthrochites* del Meishucuniense inferior-medio, así como en la Formación Tal del Himalaya y en la Caliza de *Heraultia* (Francia) (QIAN y BENGTON, 1989). *C. australiensis* ha sido definida a partir de ejemplares hallados en la unidad «Parara Limestones» en la localidad de Curramulka (sur de Australia) que incluye las Zonas de *Abadiella huoi*, de *Pararaia tatei* y de *Pararaia janeae* (BENGTON *et al.*, 1990). En la Plataforma de Siberia, ROZANOV *et al.* (1969) sitúan a *Conotheca mammilata* en la Zona de *Dokidocyathus regularis* del Tommotiense del tramo medio del río Lena en la localidad de Churgan. Más adelante, MISSARZHEVSKY (1989) distribuye cuatro especies de *Conotheca*, *C. tenuis*, *C. mammilata*, *C. cutra* y *C. circumflexa*, en los intervalos que marcan las Zonas de *Egdetbeca aldanica-Majatbeca tumefacta* (V-VIII), *Majatbeca tumefacta-Tetratbeca clynisepta* (VI-IX), *Tetratbeca clynisepta-Trapezovitus sinscus* (IX-XII) y *Doliutus inflatus-Trapezovitus sinscus* (X-XII), respectivamente; en un lapso de tiempo que abarcaría todo el Tommotiense, el Atdabaniense y la base del Botomense. MISSARZHEVSKY y MAMBETOV (1981) reconocen *Conotheca mammilata* en la parte más baja de la Zona de *Rhombocorniculum cancellatum* del Atdabaniense medio de Kazajstán. ELICKI (1994) identifica algunos ejemplares de *C. circumflexa* en el Cámbrico Inferior (Atdabaniense Inferior) de los sinclinatorios de Doberlug-Torgau y de Görlitz, en Sajonia (Alemania). El género *Conotheca* ha sido hallado en los materiales definidos como

Caliza de *Protolenus* de edad Atdabaniense-Botomense en la cantera de Comley (Inglaterra) (HINZ-SCHALLREUTER, 1987). LANDING y BARTOWSKY (1996) establecen la especie *Conotheca laurentiensis* a partir de material de la Formación Browns Pond del Cámbrico Inferior de Nueva York.

Conotheca mammilata Missarzhevsky, 1969 (in ROZANOV *et al.*, 1969)

Lám. II

1969 *Conotheca mammilata* Missarzhevsky.- In ROZANOV *et al.*, pág. 135; lám. VIII, figs. 2, 4, 7 y 8.

1994 *Conotheca mammilata* Missarzhevsky.- ELICKI, fig. 5.5.

Material. 214 ejemplares, 39 opérculos. Moldes internos, rellenos fosfáticos complejos, envueltas externas y murallas fosfatizadas.

Descripción. Moldes internos y fósiles complejos en forma de conos ligeros o fuertemente curvados de sección transversa circular a ovalada, que es perpendicular al eje de la concha. El ángulo de desviación lateral se encuentra entre 15° y 20°. El tamaño de los restos oscila entre 2,97 y 0,78 mm de longitud (fig. 2c, d) y 0,69 y 0,28 mm de diámetro. El patrón de curvatura es un tanto variable; en general hay un predominio de formas con mayor desarrollo de la curvatura en la parte apical, sobre las que tienen uno moderado a lo largo de la longitud de la muralla. En algunos restos se observa la presencia de un ápice con abultamiento terminal. El opérculo consiste en un disco con estrías concéntricas, que rodean un ápice central bien desarrollado. La superficie externa sólo tiene estrías de crecimiento finas, que se manifiestan en las murallas fosilizadas como fibras transversas a la longitud de la concha.

Discusión. La morfología y las dimensiones de los conos son análogas a las observadas en el holotipo de *C. mammilata* descrito por ROZANOV *et al.* (1969). La presencia de cuatro morfotipos diferentes (conos gráciles con el ápice curvado, conos robustos con el ápice fuertemente abultado, formas gráciles con una curvatura regular y leve y formas de curvatura regular y muy desarrollada) podría ser debida al resultado de la combinación de la variabilidad específica de *Conotheca*, y de la fosilización diferencial en diferentes ejemplares.

Distribución. Niveles 95PJ/P8', 95PJ/P8'', 95PJ/P8''2, 95PJ/P8''3, 95E2/X, 95E4/1, 95E4/2, 95E4/4, 95E5/1, 95E5/2_m, 95E5/2, 95E5/3, 95E5/4, 95E7/0'_c, y 95E7/0'_d (in FERNÁNDEZ-REMOLAR, 1999: figs. 4, 8). Cantera de Pay-Jiménez y Cerro de Las Ermitas, Córdoba (España). Formación Pedroche. Ovetiense Inferior (Cámbrico Inferior).

 IMPLICACIONES Y CONCLUSIONES CRONOESTRATIGRÁFICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Las asociaciones de fósiles fosfáticos obtenidas en materiales del Cámbrico Inferior de la Sierra de Córdoba, a las que pertenecen los taxones *Actinotheca* sp. y *Conotheca mammilata*, presentan una posición cronoestratigráfica bien delimitada por las zonaciones de arqueociatos establecidas por PEREJÓN (1986, 1994). Según este autor, las asociaciones de arqueociatos del Cerro de Las Ermitas se corresponden con las Zonas I, II y III del Ovetiense Inferior, por lo que estos dos taxones deben ocupar una posición cronoestratigráfica correspondiente a una o varias de las tres unidades de arqueociatos establecidas. Atendiendo a las secciones litoestratigráficas descritas por MORENO-EIRIS (1988: figs. 8, 9; 1992: fig. 3) en el Cerro de Las Ermitas, se puede concluir que las asociaciones de fósiles fosfáticos parecen disponerse aproximadamente en la mitad inferior de la Zona I de arqueociatos, que se correlacionaría con el techo de la Zona de *Retecoscinus zegebarti* o el muro de la Zona de *Carinacyathus pinus* de la Plataforma de Siberia. Esta posición es consistente con la presencia de restos de trilobites atribuidos a la familia Bigotinidae en materiales detríticos de la Formación Pedroche en la Sierra de Córdoba (LIÑÁN *et al.*, 1996).

La correlación con otras regiones por medio de las zonaciones de arqueociatos ha permitido comparar las asociaciones de fósiles fosfáticos de la Sierra de Córdoba con las de otras áreas que formaron parte de los diferentes macro y microcontinentes en el Cámbrico Inferior, como Gondwana, la Plataforma de Siberia o Mongolia. En concreto, los niveles fosforíticos del Cerro de Las Ermitas y de la cantera de Pay-Jiménez presentan algunos taxones (como son *Pelagiella*, *Halkieria*, *Archiasterella*, *Eremactis*, *Isoxys* y *Tannuolina*) coincidentes con las sucesiones del Cámbrico Inferior de los Flinders Ranges (Australia) (BENGTSON *et al.*, 1990) y Yunnan (QIAN y BENGTSON, 1989). Más precisamente, los niveles fosfáticos de la Sierra de Córdoba estarían por debajo de la Zona de *Abadiella buoi* establecida en la Caliza Ajax de los Flinders Ranges, si se considera el esquema cronoestratigráfico de SHERGOLD (1997), mientras que los niveles más altos de la Formación Qiongzhusi en Yunnan (QIAN y BENGTSON, 1989) tendrían aproximadamente la misma posición cronoestratigráfica que las asociaciones de Córdoba (QIAN y BENGTSON, 1989; FERNÁNDEZ-REMOLAR, 2001). Otros taxones (como diferentes formas tubulares incluidas en el grupo Hyolithelminthes Fischer, 1962, la familia Chancelloriidae Walcott, 1920, o diferentes formas de moluscos, como el género *Latouchella* Cobbold, 1921) aparecen igualmente en las dos localidades de la Sierra de Córdoba. Éstos tienen una distribución paleogeográfica más extensa y se encuentran en gran abundancia tanto en materiales de regiones gondwánicas como aquellas correspondientes a la Plataforma de Siberia y a Avalonia. Su mayor duración en el registro del Cámbrico Inferior entraña un escaso valor cronoestratigráfico, aunque implica

una mayor abundancia y distribución paleobiogeográfica, si se comparan con algunas de las formas gondwánicas antes mencionadas.

Este patrón de distribución paleobiogeográfica diferente se observa igualmente en los géneros descritos en este trabajo. *Actinotheca*, por ejemplo, se ha citado únicamente en materiales cámbricos de regiones que formaron parte de Gondwana, como los Flinders Ranges en Australia (BENGTSON *et al.*, 1990) y la Plataforma de Yunnan en China (QIAN y BENGTSON, 1989). Aunque el ejemplar descrito por MISSARZHEVSKY (1989) ampliaría la distribución de *Actinotheca* a la Plataforma de Siberia, su presencia casi exclusiva en regiones gondwánicas indicaría un comportamiento similar a *Tannuolina* Fonin y Smirnova, 1967 (FERNÁNDEZ REMOLAR, 2002), que aparece en dichas áreas gondwánicas durante el Ove-tiense. Por el contrario, *Conotheca* muestra una distribución cronoestratigráfica y paleogeográfica más amplia que *Actinotheca*, llegando a alcanzar regiones que formaron parte de Laurentia (LANDING y BARTOWSKY, 1996). La diferencia en la distribución paleobiogeográfica de ciertos taxones de fósiles fosfáticos del Cámbrico Inferior sugiere, como es el caso también para otros grupos taxonómicos del Cámbrico (TAYLOR y FORESTER, 1979; THEOKRITOFF, 1979; ÁLVARO *et al.*, 2003), la existencia de diferentes grados de autoctonía o ubicuidad dependiendo de sus requerimientos autoecológicos y/o capacidad de dispersión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no habría resultado factible sin la ayuda de los doctores Antonio Perejón Rincón y Elena Moreno Eiris, del Departamento de la UCM, y del Prof. Peter Carls, al cual deseo expresar mi más sincero agradecimiento por su gran ayuda y amistad durante mi estancia en Braunschweig, allá en la lluviosa primavera de 1996.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVARO, J. J.; ELICKI, O.; GEYER, G.; RUSHTON, A. W. A., and SHERGOLD, J. 2003. Palaeogeographical controls on the Cambrian trilobite immigration and evolutionary patterns reported in the western Gondwana margin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **195**, pp. 5-35.
- BENGTSON, S.; CONWAY MORRIS, S.; COOPER, B. J.; JELL, P. A., and RUNNEGAR, B. 1990. Early Cambrian Fossils from South Australia. *Association of Australasian Palaeontologists Memoir*, **9**, pp. 1-363.
- BRIGGS, D. E. G. and KEAR, A. J. 1994. Decay and mineralization of schrimps. *Palaaios*, **9**, pp. 431-456.

- COBBOLD, E. S. 1921. The Cambrian Horizons of Comley (Shropshire). *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, **76**, pp. 325-386.
- DELGADO-QUESADA, M.; LIÑÁN, E.; PASCUAL, E., y PÉREZ, F. 1977. Criterios para la diferenciación de dominios en Sierra Morena Central. *Studia Geologica*, **12**, pp. 75-90
- DUAN Chenghua, 1984. Small shelly fossils from the Lower Cambrian Xihaoping Formation in the Shennongjia District, Hubei Province-hyoliths and fossil skeletons of unknown affinities [en chino, resumen en inglés]. *Geological and Mineral Research Bulletin of the Tianjin Institute*, **7**, pp. 143-188.
- ELICKI, O. 1994. Lower Cambrian carbonates from eastern Germany: Palaeontology, stratigraphy and palaeogeography. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **191** (1), pp. 69-93.
- FERNÁNDEZ-REMOLAR, D. C. 1999. Las calizas fosforíticas del Ovetiense Inferior de la Sierra de Córdoba, España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, **95** (1-4), pp. 15-45.
- FERNÁNDEZ-REMOLAR, D. C. 2001. Latest Neoproterozoic to Middle Cambrian body fossil record in Spain (exclusive of trilobites and archaeocyaths) and their stratigraphic significance. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, **123** (2), pp. 73-80.
- FERNÁNDEZ REMOLAR, D. C. 2002. First record of *Tannuolina* Fonin & Smirnova, 1967 (Tommotiida) from the Lower Cambrian Pedroche Formation, southern Spain. *Revista Española de Micropaleontología*, **34** (1), pp. 39-51.
- FISCHER, D. W. 1962. Small conical shells of uncertain affinities. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part W (Miscellanea)*. (Ed. R. C. MOORE.) Geological Society of America and University of Kansas Press, New York, Lawrence, pp. 98-143.
- FONIN, V. D. and SMIRNOVA, T. N. 1967. A new group of problematic Early Cambrian organisms and methods of preparing them. *Paleontologicheskij Zhurnal*, **2**, pp. 15-27.
- FRETTER, V. and GRAHAM, A. 1978. The prosobranch molluscs of Britain and Denmark. Part 4. Marine Rissoacea. *Journal of Molluscan Studies, Supplement*, **6**, pp. 153-236.
- HINZ-SCHALLREUTER, I. 1987. The Lower Cambrian microfauna of Comley and Rushton, Shropshire/England. *Palaeontographica, Abteilung A*, **198**, pp. 41-100.
- LANDING, E. and BARTOWSKY, K. 1996. Oldest shelly fossils from the Taconic Allochthon and the late early Cambrian sea-levels in Eastern Laurentia. *Journal of Paleontology*, **70** (5), pp. 741-761.
- LIÑÁN, E. 1974. Las Formaciones cámbricas del Norte de Córdoba. *Acta Geológica Hispánica*, **9** (1), pp. 15-20.
- LIÑÁN GUIJARRO, E. 1978. *Bioestratigrafía de la Sierra de Córdoba*. Tesis Doctorales de la Universidad de Granada, 191, Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Granada, Granada, 212 pp.

- LIÑÁN, E.; PEREJÓN, A., and SDZUY, K. 1993. The Lower-Middle Cambrian stages and stratotypes from the Iberian Peninsula: a revision. *Geological Magazine*, **130** (6), pp. 817-833.
- LIÑÁN, E.; PEREJÓN, A.; SDZUY, K., and GÁMEZ VINTANED, J. A. 1996. The Lower Cambrian series. In: *II Field Conference of the Cambrian Stage Subdivision Working Groups. International Subcommission on Cambrian Stratigraphy. Spain, 13-21 September 1996. Field trip guide and abstracts.* (Eds. E. LIÑÁN, J. A. GÁMEZ VINTANED and R. GOZALO.) Universidad de Zaragoza, Zaragoza, pp. 9-15.
- MAREK, L. 1966. The Class Hyolitha in the Caradoc of Bohemia. *Sborník geologických Ved, Geologie*, **9**, pp. 51-113.
- MISSARZHEVSKY, V. V. 1989. Oldest skeletal fossils and stratigraphy of Precambrian and Cambrian boundary beds. *Trudy Geologicheskogo Instituta, Akademija nauk SSSR*, **443**, pp. 1-237. [En ruso.]
- MISSARZHEVSKY, V. V. and MAMBETOV, A. M. 1981. Stratigraphy and fauna of Cambrian and Precambrian boundary beds of Maly Karatau. *Trudy Geologicheskogo Instituta, Akademija nauk SSSR*, **326**, pp. 1-92. [En ruso.]
- MORENO-EIRIS, E. 1988. Los montículos arrecifales de algas y arqueociatos del Cámbrico Inferior de Sierra Morena. *Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero*, **98**, pp. 1-127.
- PEREJÓN, A. 1986. Bioestratigrafía de los arqueociatos de España. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **9**, pp. 213-265.
- PEREJÓN, A. 1994. Paleogeographic and biostratigraphic distribution of Archaeocyatha in Spain. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, **172**, pp. 341-354.
- QIAN Yi. 1977. Hyolitha and some problematica from the Lower Cambrian Meishucunian Stage in central and southwestern China. *Acta Palaeontologica Sinica*, **16**, pp. 255-275.
- QIAN Yi and BENGTON, S. 1989. Palaeontology and biostratigraphy of the Early Cambrian Meishucunian Stage in Yunnan Province, south China. *Fossils and Strata*, **24**, pp. 1-156.
- ROZANOV, A. YU.; MISSARZHEVSKY, V. V.; VOLKOVA, N. A.; VORONOVA, L. G.; KRYLOV, I. N.; KELLER, B. M.; KOROLYUK, I. K.; LENDZION, K.; MICHNIAK, R.; PYKHOVA, N. G., i SIDOROV A. D. 1969. Tommotskij jaarus i problema nizhnej granitsy kembrija. [The Tommotian stage and the Cambrian lower boundary problem.] *Trudy Geologicheskogo Instituta, Akademija nauk SSSR*, **206**, pp. 1-380. [En ruso.]
- SHERGOLD, J. H. 1997. Explanatory notes for the Cambrian correlation chart. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part O. Arthropoda 1. Trilobita, Revised. Volume 1: Introduction, Order Agnostida, Order Redlichiida.* (Ed. R. L. KAESLER.) The Geological Society of America, Inc. and The University of Kansas, Boulder, Lawrence, pp. 303-311.
- SLANSKY, M. 1986. *Geology of Sedimentary Phosphates.* Studies in Geology, North Oxford Academic Publishers Ltd., pp. 1-210.

- SYSOIEV, V. A. 1958. The Superorder Hyolithoidea. *In: Osnovy Paleontologii, Mollyuski golovnogie. P. Ammonoidei (Tseratity i ammonity). Vnutrirakovinnye. Prilozhenie.* (Ed. A. Yu. ORLOV.) Gosgeoltekhizdat, Moskva. [En ruso.]
- SYSOIEV, V. A. 1962. *Cambrian hyoliths from the northern slope of the Aldan Shield.* Nauka, Moskva, pp. 1-66. [En ruso.]
- TAYLOR, M. E. and FORESTER, R. M. 1979. Distributional model for marine isopod crustaceans and its bearing on early Palaeozoic paleozoogeography and continental drift. *Bulletin of the Geological Society of America*, **90** (1), pp. 405-413.
- THEOKRITOFF, G. 1979. Early Cambrian provincialism and biogeographic boundaries in the North Atlantic region. *Lethaia*, **12**, pp. 281-295.
- WALCOTT, C. D. 1920. Cambrian geology and paleontology. IV. Middle Cambrian Spongiae. *Smithsonian Miscellanea Collection*, **67** (6), pp. 261-364.
- XIAO Ligong and ZHOU Benhe, 1984. Early Cambrian Hyolitha from Huainan and Huoqiu County in Anhui Province. *Professional. Papers on Stratigraphy and Palaeontology*, **13**, pp. 141-151. [En chino.]
- XING Yusheng, DING Qixiu, LUO Huilin, HE Tinggui and WANG Yangeng, 1984. The Sinian-Cambrian boundary of China and its related problems. *Geological Magazine*, **121**, pp. 155-170.
- YU Wen, 1979. Earliest Cambrian monoplacophorans and gastropods from western Hubei with their biostratigraphical significance. *Acta Paleontologica Sinica*, **18** (3), pp. 233-270.