

Datos paleontológicos, tafonómicos  
y biofacies de un segmento de la sucesión  
del Cámbrico Medio en la Rambla de Valdemiedes  
(Murero, Zaragoza)

*Palaeontological and taphonomic data and biofacies  
of a segment of the Middle Cambrian succession  
at the Rambla de Valdemiedes  
(Murero, Zaragoza)*

Diego GARCÍA-BELIIDO CAPDEVILA<sup>1</sup>

RESUMEN

La presencia de algunos fósiles de tipo *Burgess Shale* en los materiales del Cámbrico Inferior y Medio que afloran junto a la localidad de Murero (Zaragoza) nos hizo albergar la esperanza de que un estudio exhaustivo de los niveles más productivos proporcionaría valiosos ejemplares. El estudio, que se llevó a cabo en casi cinco metros de estratos dentro de la Formación Murero, produjo más de 160 restos fósiles, identificados la mayoría a nivel de especie, y docenas de fragmentos indeterminables. Se encontraron tres ejemplares fósiles con conservación excepcional, que están siendo objeto de un estudio más detallado: dos especímenes fósiles de *Palaeoscolex* (Annelida?) y uno de *Leptomitus* (Porifera).

**Palabras clave:** Fósiles de cuerpo blando, Tafonomía, Paleobiología, Paleozoico inferior, Cadenas Ibéricas.

ABSTRACT

The presence of some Burgess Shale-type fossils in Lower and Middle Cambrian strata close to Murero (Zaragoza) suggested the possibility that a detailed study of the

<sup>1</sup> UEI-Departamento de Paleontología. Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. Ciudad Universitaria, 28040-Madrid.

most productive layers would give valuable specimens. The study of almost five metres of strata of the Middle Cambrian Murero Formation produced more than 160 fossils, most of which were identified to the level of species, as well as dozens of undetermined fossil fragments. We found three exceptionally preserved specimens that are still under study: two fossil specimens of *Palaeoscolex* (Annelida?) and one of *Leptomitus* (Porifera).

**Key words:** Soft-bodied fossils, Taphonomy, Palaeobiology, Lower Palaeozoic, Iberian Chains.

## INTRODUCCIÓN

Hace más de un siglo VERNEUIL (1862) descubrió restos fósiles en la Rambla de Valdemiedes, situada junto a la localidad de Murero y destacó su riqueza en calidad y cantidad de trilobites, incluyéndolos dentro de lo que Barrande denominó «fauna primordial». DEREIMS (1898) es el primero en llevar a cabo un estudio detallado de la estratigrafía de la zona, distinguiendo trece niveles y destacando la presencia de nueve taxones de trilobites. Realiza varios cortes geológicos, entre ellos uno que incluye la Rambla de Valdemiedes. Son numerosos los autores que trabajan en la zona, pero no es hasta la década de los ochenta que CONWAY MORRIS & ROBISON (1986) dan a conocer, por vez primera, la presencia de restos fósiles de animales de cuerpo blando en Murero. GÁMEZ VINTANED (1995) describe y figura un ejemplar fósil de gusano paleoescolécido, asignándolo a una especie ya conocida en esta localidad. GARCÍA-BELLIDO CAPDEVILA & LIÑÁN (1996) presentan el hallazgo, en el Cámbrico Medio de la Rambla de Valdemiedes, de tres fósiles de organismos de cuerpo blando: dos gusanos paleoescolécidos y un porífero. LIÑÁN *et al.* (1996) llaman la atención sobre la presencia de varios fósiles de tipo *Burgess Shale* en el Cámbrico Inferior de Murero: poríferos, anélidos, onicóforos y equinodermos.

Los fósiles de organismos sin esqueleto mineralizado del Cámbrico, también conocidos como de tipo *Burgess Shale*, por ser ésta la localidad canadiense donde han aparecido en mayor número y diversidad, son los que mejor nos pueden informar sobre qué planes anatómicos (o filos) surgieron en la «explosión» del Cámbrico y qué relaciones filogenéticas existen entre ellos. Los yacimientos *fossil-lagerstätten* del Cámbrico, como *Burgess Shale* en la Columbia Británica, Chengjiang en China, y Murero, donde se han encontrado la mayoría de los fósiles de organismos de cuerpo blando del Cámbrico hallados en España, merecen pues nuestro mayor interés y dedicación.

En este trabajo, que constituye un resumen de la Tesis de Licenciatura del autor, se ha dedicado especial atención a los fósiles de organismos que conservan evidencias de partes no mineralizadas, sin obviar los otros restos conservados. También se ha llevado a cabo un análisis tafonómico, se ha intentado definir cuáles son las biofacies presentes y qué asociaciones de icnofósiles pueden reconocerse en un intervalo estratigráfico de casi cinco metros de potencia en la Rambla de Valdemedes (Murero, Zaragoza).

## SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La Península Ibérica presenta, con Rusia, los afloramientos de materiales cámbricos más extensos de Europa. Estos afloramientos configuran el Macizo Ibérico y los núcleos de algunas cordilleras de origen alpino (Pirineos, Costero-Catalana y Bética) (Fig. 1a). En el Macizo Ibérico se han diferenciado seis grandes zonas geológicas (LOTZE, 1945): Cantábrica, Asturoccidental-Leonesa, Galaico-Castellana, Alcúdica-Lusitana E, Ossa Morena y Sur Portuguesa. La Zona Asturoccidental-Leonesa (*sensu* GOZALO & LIÑÁN, 1988) se continúa en los afloramientos de la Sierra de la Demanda, las Cadenas Hespéricas y las Cadenas Ibéricas. En el extremo suroccidental de las Cadenas Ibéricas (Fig. 1b) aflora la Unidad de Badules que, a través de la Falla de Jarque, se pone en contacto por el E con la Unidad de Mesones. Esta unidad forma parte de la prolongación por el SE de la Zona Cantábrica. Los afloramientos de la Rambla de Valdemedes aquí estudiados están incluidos en la unidad estructural del Bloque de Villafeliche, que limita con los Bloques de Jiloca y Vargas por sendos cabalgamientos. Estos tres bloques forman parte de la Unidad de Badules (GOZALO *et al.*, 1993).

La zona estudiada se encuentra a 80 Km al SO de Zaragoza, en la comarca de Daroca, dentro del término municipal de Murero (Fig. 2), en la margen derecha del río Jiloca (41° 10' N, 1° 29' O). Al Norte del pueblo de Murero discurre una rambla en dirección NNE denominada Rambla de Valdemedes, que a lo largo de un kilómetro presenta en sus márgenes un afloramiento casi continuo de materiales cámbricos. Desde el Norte desemboca en ella otra rambla más corta, conocida como Rambla de Valdenegro, también excavada sobre sustratos cámbricos. El estudio se localizó en la ladera SE de la Rambla de Valdemedes, en rocas asignadas al Cámbrico Medio. El lugar se halla en la con-junción de las hojas 438-Paniza y 465-Daroca del Mapa Geológico de España a escala 1:50.000.

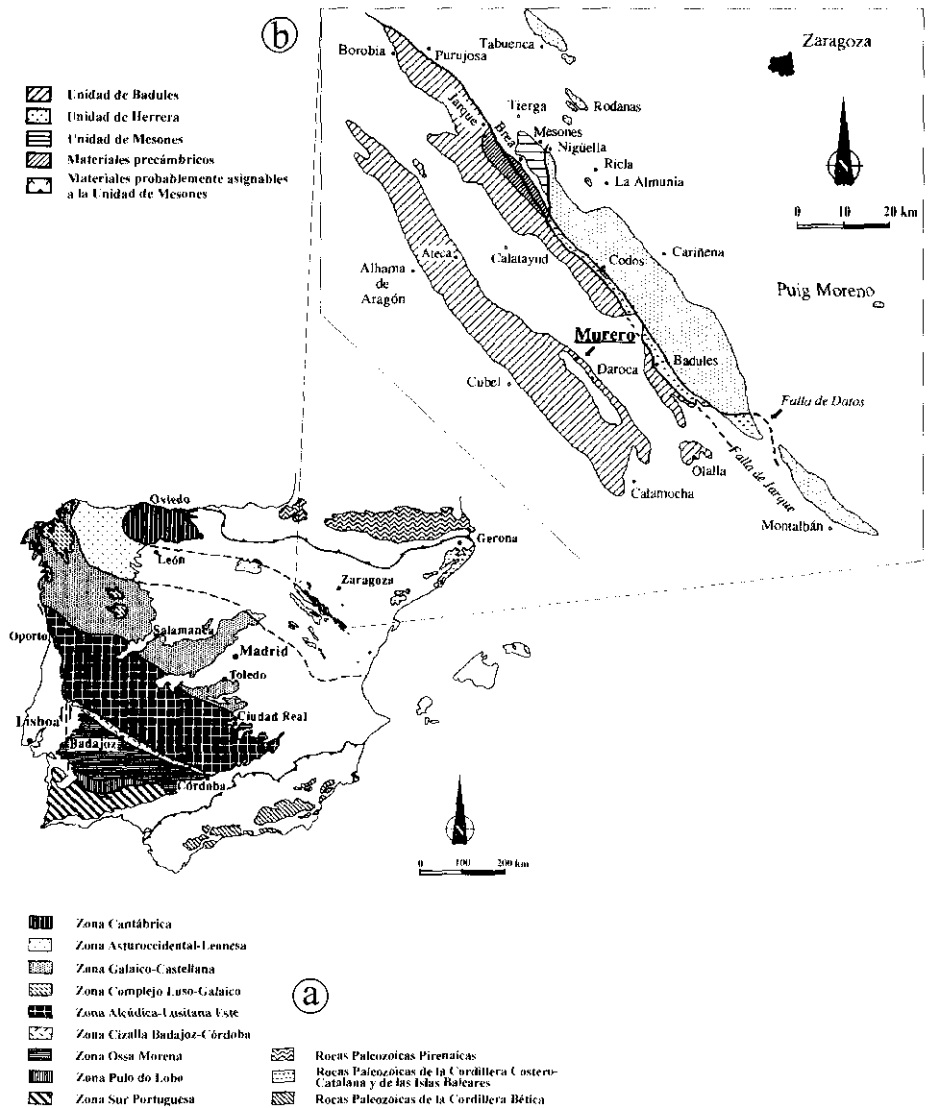


Figura 1. a.—Mapa geológico del Pre-Mesozoico de la Península Ibérica, mostrando la división en zonas tectonoestratigráficas (modificado de Liñán, 1996). b.—Mapa geológico esquemático de las Cadenas Ibéricas (según Gámez Vintaned, 1995).  
 Figure 1. a.—Pre-Mesozoic geological map of the Iberian Peninsula showing the tectonostratigraphical zones (modified from Liñán, 1996). b.—Geological setting of the Iberian Chains (after Gámez Vintaned, 1995).

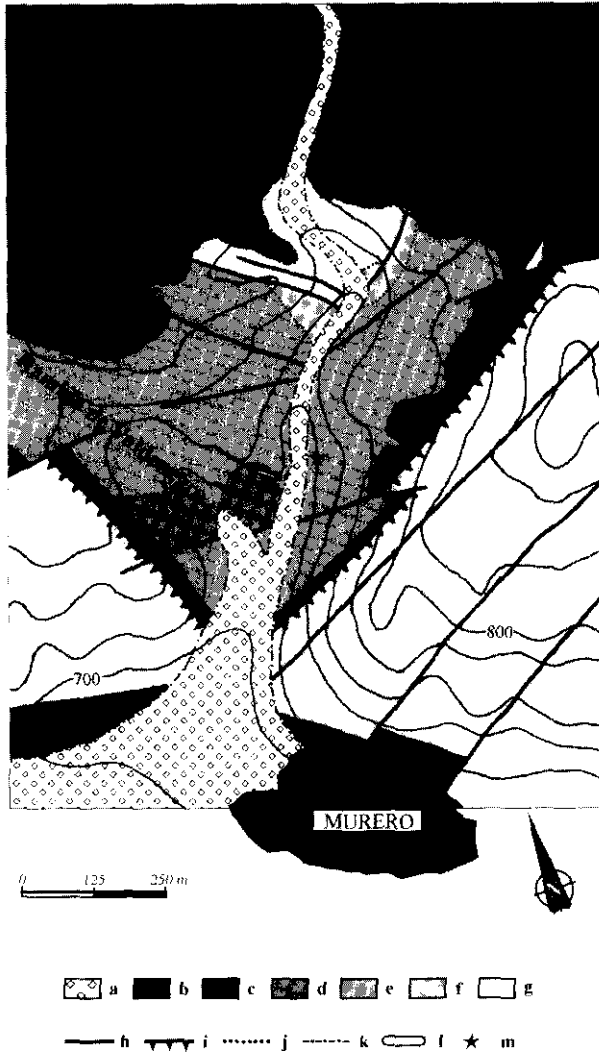


Figura 2.—Mapa geológico de los alrededores de Murero (modificado de Liñán & Gozalo, 1986). a-Cuaternario aluvial; b-Milonita con bloques terciarios; c-Terciario; d-Formación Borobia (Grupo Acón); e-Formación Murero; f-Formación Mansilla; g-Formación Valdemedies; h-Falla; i-Cabalgamiento; j-Contacto concordante; k-Contacto discordante; l-Dique de cuarzo; m-Lugar de muestreo.

Figure 2.—Geological map of the Murero area (modified from Liñán & Gozalo, 1986). a-Alluvial Quaternary; b-Milonite with Tertiary blocks; c-Tertiary; d-Borobia Formation (Acon Group); e-Murero Formation; f-Mansilla Formation; g-Valdemedies Formation; h-Fault; i-Thrust; j-Conformable contact; k-Unconformable contact; l-Quartz dike; m-Sampling locality.

## ESTRATIGRAFÍA Y SEDIMENTOLOGÍA

La sucesión estudiada en este trabajo está incluida dentro de la Formación Murero, cuyo muro se corresponde con la desaparición de los niveles dolomíticos y lutíticos violáceo-rojizos de la Formación Mansilla y el techo lo define la aparición de las areniscas y lutitas de la Formación Borobia (Grupo Acón). La potencia de la Formación Murero varía entre 50 y 250 m. En su composición litológica dominan las lutitas y lutitas margosas verdes o gris-azuladas, con algunas intercalaciones de areniscas finas. A lo largo de la formación son frecuentes los niveles de nódulos carbonatados, que se hacen más escasos a techo de la unidad. La Formación Murero se extiende a lo largo del Piso Caesaraugustiense y presenta la base bastante sincrónica y el techo diacrónico, habiendo disparidad de criterios en cuanto a su edad, ya que según LIÑÁN *et al.* (1992) no rebasa el Caesaraugustiense Superior y de acuerdo con ALVARO & VIZCAÍNO (1998) llega hasta el Languedociense. En cuanto a la reconstrucción paleoambiental, GOZALO (1995) afirma que los materiales de esta formación se depositaron durante un pulso transgresivo que produjo condiciones de tipo sublitoral profundo, o incluso infralitorales. Estas circunstancias determinarían el desarrollo de un ambiente no protegido, caracterizado por la presencia de trilobites polímeros cosmopolitas (Paradoxididae) y trilobites miómeros (Agnostidae), considerados estos últimos como organismos pelágicos, típicos de mares abiertos.

La columna estratigráfica analizada en este estudio (Fig. 3), tiene un espesor total de 4,84 m, que hemos dividido en 13 tramos según sus características litológicas, sedimentarias y paleontológicas. La base se encuentra cubierta por derrubios de ladera. Las capas presentan dirección N 60° O y un buzamiento de 24°.

Estos materiales parecen corresponder a un depósito en un ambiente marino de baja energía, posiblemente en el sector medio-distal de la plataforma. En este sector suelen predominar los materiales detríticos de grano fino que muestran laminación paralela debida a un aporte lento y constante. Los tramos 6 y 8, de grano ligeramente más grueso podrían haberse debido a dos breves pulsos regresivos, con la consiguiente somerización, o a un aumento en la energía dinámica del medio, interpretándose como tempestitas. La disposición del tramo 13, en pequeñas secuencias grano-decrecientes, parece apuntar la existencia de fenómenos de turbulencia incluidos dentro del proceso transgresivo que produce la granoselección positiva, observable en el desarrollo del tramo. Los contactos irregulares entre algunos tramos, el «boudinage» del tramo 6 y las huellas de escape de fluidos del tramo 13 han sido producidos, po-



Figura 3.—Distribución de los taxones fósiles y columna estratigráfica de un segmento de la sección de la Rambla de Valdemiedes (Murero). a-Lutitas; b-Lutitas areniscosas; c-Carbonatos; d-Laminación paralela; e-Laminación ondulada; f-“Boudinage”; g-Huellas de escape de fluidos; h-Acuñamiento lateral; i-Granulometría decreciente; j-Nódulos carbonatados; k-Concreciones; l-Trilobites polímeros; m-Trilobites miómeros; n-Braquiópodos fosfáticos; o-Cianobacterias filamentosas; p-Icnofósiles.

Figure 3.—Fossil taxa distribution and stratigraphic column of a segment of the section at the Rambla de Valdemiedes (Murero). a-Shale; b-Sandy shale; c-Carbonates; d-Parallel lamination; e-Wavy lamination; f-Boudinage; g-Dewatering structures; h-Lateral thinning; i-Decreasing grain-size; j-Carbonate nodules; k-Concretions; l-Pliomeric trilobites; m-Oligomeric trilobites; n-Phosphatic brachiopods; o-Filamentous cyanobacteria; p-Ichnofossils.

siblemente, como respuesta a la compactación diagenética gravitacional de los sedimentos.

Mediante el estudio del contenido paleontológico intentamos establecer la posición bioestratigráfica de los tramos estudiados. No aparecen trilobites de la Familia Solenopleuropsidae, pero están presentes *Paradoxides brachyrhachis brachyrhachis* y *Peronopsis acadica*. Además, el hecho de que no se haya localizado ningún resto inequívocamente asignable a *Paradoxides sequeiroi*, no anula la posibilidad de que nos encontremos en la Biozona *Paradoxides b. brachyrhachis* + *Paradoxides sequeiroi* (*sensu* LIÑÁN & GOZALO, 1986). En los niveles inmediatamente superiores aparece *Conocoryphe sdzuyi courtessolei*, y LIÑÁN (com. pers., 1997) ha encontrado *Solenopleuropsis verdiagana* y otros elementos de la Biozona *Solenopleuropsis verdiagana* + *Solenopleuropsis rubra*. De acuerdo con lo expuesto podemos suponer que los materiales estudiados se situarían en la transición de la Biozona *Solenopleuropsis ribeiroi* a la Biozona *Solenopleuropsis ribeiroi* + *Solenopleuropsis verdiagana*, es decir la parte baja-media del Caesaraugustiense Superior.

## PALEONTOLOGÍA. TAXONES IDENTIFICADOS

Reino MONERA

Filo CYANOBACTERIA

Clase NOSTOCALES

Familia Oscillatoriaceae

*Gen. et sp. indet.* (Lám. 1, Fig. 1)

Reino ANIMALIA

Filo PORIFERA

Clase DEMOSPONGEA

Orden Monaxonida

Familia Leptomitidae

*Leptomitus cf. L. lineatus* (WALCOTT, 1920) (Lám. 1, Fig. 2)

Filo ARTHROPODA

Clase TRILOBITA

Orden Redlichiida

Familia Paradoxididae

*Paradoxides (Eccaparadoxides) brachyrhachis* LINNARSSON, 1883  
(Lám. 1, Figs. 3-4)



Orden Agnostida

Familia Peronopsidae

*Peronopsis acadica* (HARTT) (in DAWSON, 1868)

Orden Ptychopariida

Familia Conocoryphidae

*Conocoryphe* (*Conocoryphe*) *heberti* MUNIER-CHALMAS & BERGERON (in BERGERON, 1889) (Lám. 1, Fig. 5)

*Ctenocephalus* cf. *C. (Hartella) antiquus* THORAL, 1946

Familia Solenopleuridae

*Solenopleuropsis* sp.

Filo BRACHIOPODA

Clase LINGULATA

Orden Acrotretida

Familia Acrothelidae

*Acrothele* cf. *A. coriacea* LINNARSSON, 1876 (Lám. 1, Fig. 7)

Orden Paterinida

Familia Paterinidae

*Micromitra* sp. (Lám. 1, Figs. 2 y 8)

Filo ANNELIDA?

Clase Palaeoscolecida

Familia Palaeoscolecidae

*Palaeoscolex* cf. *P. antiquus* GLAESSNER, 1979

*Palaeoscolex* cf. *P. ratcliffei* ROBISON, 1969

INCERTAE SEDIS

ICNOTAXONES

*Sericichnus mureroensis* GÁMEZ VINTANED & MAYORAL, 1995

*Cochlichnus* ichnosp. (Lám. 1, Fig. 6)

ICNOGÉNERO A

ICNOGÉNERO B

ICNOGÉNERO C

## ANÁLISIS TAFONÓMICO

El principal problema tafonómico que se presenta radica en que los ejemplares estudiados han podido sufrir distintos procesos de fosilización y mientras unos restos conservan únicamente las partes mineralizadas de los organismos productores, mayoritariamente desarticulados, otros conservan los componentes no mineralizados y/o las partes mineralizadas no desarticuladas.

Los principales atributos tafonómicos que presentan los distintos fósiles son:

*Ubicación:* Algunos fósiles se han encontrado *in situ*, mientras que otros fueron localizados *ex situ*, rodados en el derrubio al pie del escarpe.

*Determinación taxonómica:* Los fósiles encontrados corresponden a muy diversos grupos taxonómicos: cianobacterias filamentosas, poríferos, trilobites, braquiópodos, paleoescolécidos e *incertae sedis*. El hecho de que la mayoría de los fósiles correspondan a partes mineralizadas o esclerotizadas de animales y hayan desaparecido los órganos y estructuras menos resistentes (musculatura, tubo digestivo, sistema circulatorio, etc.), es indicativo de que el enterramiento no se produjo inmediatamente después de la muerte, sino que sufrieron el ataque, al menos, de bacterias descomponedoras, y quizá también de otros animales necrófagos o carroñeros que los biodegradaron y descompusieron activamente.

*Determinación anatómica:* Los fósiles de cianobacterias filamentosas, en ocasiones ramificadas, están representados por filamentos fragmentados y dispersos (Lám. 1, Fig. 1). En el fósil de esponja se observa la morfología externa de parte del cuerpo, aunque ésta no corresponde a la totalidad del contorno original. Del exoesqueleto de los trilobites se conservan principalmente los escudos cefálicos y los pigidios. Los fósiles de braquiópodos muestran únicamente las valvas de sus conchas. Los fósiles de los paleoescolécidos presentan restos de la cutícula que los recubría, aunque sólo un ejemplar está completo y muestra la probóscide.

*Determinación paleoicnológica:* Entre los fósiles encontrados hay varios icnofósiles (Lám. 1, Fig. 8), principalmente texturas y estructuras de bioturbación en el interior del sedimento (tipo endichnia, *sensu* MARTINSSON, 1970), probablemente producidos por organismos limnivoros (tipo fodinichnia, *sensu* SEILACHER, 1963). Algunas de estas estructuras presentan relleno, lo que ha producido cierto relieve sobre la matriz circundante.

*Determinación tafonómica:* Todos estos restos fósiles están transformados, ya que ninguno conserva los componentes originales del organismo productor. Los restos de trilobites y de *Micromitra* se conservan como moldes, a menudo con relleno diagenético. Los fósiles de *Acrothele* presentan sus com-

ponentes mineralógicos originales recristalizados. El fósil de esponja y un ejemplar de paleoescolécido están formados por el relleno del molde externo una vez disueltos los componentes originales. Los icnofósiles se han conservado en forma de pistas, algunas con *full relief*, manteniendo su volumen original.

*Determinación paleoecológica:* Los fósiles de cianobacterias filamentosas debieron formar parte de masas flotantes, planctónicas, que se desarrollaban cerca de la superficie del agua para poder llevar a cabo la función fotosintética, a juzgar por la ausencia de estructuras de fijación y su aparente abundancia episódica, similar al «bloom» del plancton marino actual.

El fósil de esponja, aunque de menor tamaño que otros especímenes conocidos (ver RIGBY, 1986), debe corresponder a un ejemplar adulto, que viviría como epibentónico sésil, filtrando las partículas orgánicas en suspensión.

Los trilobites (Lám. 1, Figs. 3-5), dentro de sus tamaños relativos, están representados por individuos adultos (LIÑÁN & GOZALO, 1986), no habiéndose encontrado ningún estadio larvario. BRIGGS & WHITTINGTON (1985) sugieren que los géneros de trilobites más grandes (en este caso *Paradoxides*) debían ser depredadores, mientras que los otros serían necrófagos.

Los fósiles de braquiópodos pertenecen a individuos juveniles y adultos, a juzgar por el gran rango de tamaños (2,5 a 8 mm en *Acrothele* y 3 a 11 mm en *Micromitra*), que vivían sésiles sobre el fondo marino, capturando con su lofóforo pequeñas partículas orgánicas en suspensión. Un ejemplar de *Micromitra* sp. se encuentra asociado a la esponja *Leptomitrus* cf. *L. lineata* (Lám. 1, Fig. 2), lo que permite suponer una asociación en vida de tipo comensalismo. Al estar adherida a la esponja, se mantendría alzada sobre el fondo, en una posición favorable para la alimentación suspensívora, quizá ayudada por las corrientes creadas por la esponja (WHITTINGTON, 1985), lo que coincide con lo expuesto por BRIGGS *et al.* (1994): «...esta especie era un suspensívoro epifaunal y no vivía enterrado en el sedimento».

Los fósiles de paleoescolécidos corresponden, por sus dimensiones, a individuos adultos, con modo de vida bentónico vágil. Quizá se alimentaban de presas vivas, a juzgar por la probóscide armada conservada en uno de los ejemplares (CONWAY MORRIS, 1977). Los icnofósiles fueron realizados por organismos que se desplazaban y/o alimentaban enterrados en el sedimento, ya que sus pistas no siempre son paralelas al plano de estratificación, como ocurriría si los animales productores sólo se desplazaran sobre el sustrato marino.

*Composición química y mineralógica actual:* Los componentes de los restos fósiles parecen ser todos inorgánicos, salvo algunas partículas carbonosas pre-

sentes en los filamentos de cianobacterias. Los otros componentes de los fósiles de cianobacterias filamentosas, que presentan una coloración verdosa, son desconocidos. La mayoría de los restos de exoesqueleto de trilobites son de calcita, en ocasiones cubierta por pirita o por óxidos e hidróxidos de hierro que le confieren color amarillo-anaranjado. En algunos ejemplares de *Acrothele* (Lám. 1, Fig. 7) se aprecia una pátina blanca y negra que corresponde a materiales fosfáticos recristalizados. El ejemplar de *Palaeoscolex* cf. *P. antiquus*, al igual que la esponja, está constituido probablemente por clorita, ya que su superficie tiene un aspecto verdoso pálido cristalino. Ambos paleoescolécidos conservan sobre la superficie escleritos constituidos por apatito, muy abundantes en el ejemplar de *Palaeoscolex* cf. *P. ratcliffei*. El resto fósil *incertae sedis* está formado por dolomita. El relleno del Icnogénero A contiene cristales de apatito y el del Icnogénero C se encuentra limonitizado. De forma aislada en la matriz rocosa, y sobre algunos fragmentos de trilobites, se aprecian cristales de pirita de unas micras de tamaño.

*Composición química y mineralógica original:* Los únicos organismos con partes no mineralizadas que se han conservado como fósiles son las cianobacterias filamentosas y los paleoescolécidos. Las cianobacterias filamentosas posiblemente estaban protegidas por una envuelta mucosa y por una pared celular quitinosa, que les conferiría mayor resistencia frente a la descomposición. Según diversos autores (e.g. MÜLLER & HINZ-SCHALLREUTER, 1993), los paleoescolécidos presentaban una cutícula esclerotizada, más recalcitrante, cubierta de escleritos fosfáticos. Los demás restos pertenecen a partes originalmente mineralizadas. Las espículas de la esponja *Leptomitus* debieron ser originalmente silíceas (como es característico en Demosponjas). Los trilobites tenían un exoesqueleto mineralizado por calcita magnesiana o fosfato cálcico (CLARKSON, 1993). Las conchas de los braquiópodos que se relacionan en este trabajo eran principalmente fosfáticas (característica de la Clase Lingulata).

*Grado de degradación-descomposición:* Las cianobacterias filamentosas y los paleoescolécidos presentaban un grado medio de degradación-descomposición cuando fueron enterrados, ya que habían perdido sus componentes internos, pero conservaban las estructuras externas no mineralizadas al formarse el molde externo de la matriz sedimentaria. En los otros restos fósiles el grado es alto, no conservándose ningún resto o impresión de partes blandas.

*Grado de carbonificación:* Los únicos restos carbonosos son los microfósiles indeterminados obtenidos por maceración en ácido y algunas partículas de los filamentos cianobacterianos. La coloración de los primeros es anaranjada a la luz transmitida por lo que suponemos que han sufrido una carbonificación moderada durante la fase fósildiagenética.

*Grado de mineralización:* El fósil de esponja ha sufrido la disolución de los componentes originales silíceos, que han sido reemplazados, en la diagénesis avanzada, por clorita.

Durante la diagénesis temprana, quizá por tener menor contenido mineral, los restos de trilobites perdieron la calcita original y los restos de *Micromitra* el fosfato. En la diagénesis tardía se produjo una descompresión de los sedimentos al aflorar a la superficie. Esta descompresión produjo diaclasas que, al igual que las cavidades de trilobites y braquiópodos, sufrieron por meteorización, la cementación con cristales de calcita.

La pirita es escasa, encontrándose sobre algunos fragmentos de trilobites y dispersa en el sedimento. Esta piritización debió producirse durante la diagénesis avanzada, creciendo en las cavidades dejadas por la descomposición y disolución del exoesqueleto de los trilobites. En algunos casos, en la diagénesis tardía se produjo oxidación de la pirita a limonita y otros óxidos e hidróxidos de hierro.

Los cristales de apatito observados en el Icnogénero A se deben a neoformación durante la diagénesis temprana (GÁMEZ VINTANED & LÓPEZ CIRANO, com. pers. 1996).

*Grado de distorsión mecánica:* El ejemplar de *Palaeoscolex* cf. *P. antiquus* presenta arrugas en la cutícula debidas a la compactación diagenética gravitacional. Este hecho también ha producido las fracturas que se aprecian en los escudos cefálicos de algunos trilobites y la compresión de los restos de *Acrothele* (braquiópodo). Esta distorsión tafonómica se produjo durante la diagénesis temprana. En la diagénesis avanzada, las cavidades dejadas por las valvas de *Micromitra* sufrieron una compactación isotrópica por lo que formaron moldes compuestos (*sensu* McALESTER, 1962), en los que el molde de la cara ornamentada de las valvas se imprimió sobre el molde de la cara no ornamentada. Posteriormente, pero aún en la fosildiagénesis avanzada, casi la totalidad de los trilobites y los ejemplares de *Micromitra* se deformaron plásticamente debido a fuerzas tectónicas. Debido a estas mismas fuerzas, algunos icnofósiles sin relleno y ejemplares de *Acrothele* sufrieron microfracturas en cizalla (Lám. 1, Fig. 7).

*Orientación:* No se ha observado orientación azimutal, pero la mayoría de las valvas de braquiópodos se hallan con el ápice hacia arriba, algunas con ligera inclinación respecto al plano de estratificación. Estos datos sugieren que se trata de elementos resedimentados (*sensu* FERNÁNDEZ LÓPEZ, 1991) y reorientados sobre el fondo marino en posición de máximo equilibrio mecánico, descartando que fueran enterrados por eventos de turbulencia.

El fósil de esponja se dispone paralelo a la estratificación, lo que sugiere que

se desprendió de su anclaje. Los dos ejemplares de paleoescolécidos también se encuentran dispuestos paralelamente al plano de estratificación. No hay criterios para determinar si son elementos acumulados o resedimentados. No hay evidencias de posibles procesos de reelaboración tafonómica.

*Grado de desarticulación:* Las espículas de los poríferos suelen desconectarse y separarse en una fase temprana de su degradación-descomposición, al perder la matriz orgánica que las engloba; sin embargo, en el ejemplar encontrado se mantiene la trama esquelética original sin señales de desarticulación. En casi todos los restos de trilobites y braquiópodos el grado de desarticulación es alto, aunque se encuentran ejemplares de braquiópodos con las valvas dorsal y ventral juntas (Lám. 1, Fig. 8), y trilobites con el tórax y el pigidio unidos y el cefalón muy próximo.

*Grado de dispersión:* Las cianobacterias filamentosas aparecen como restos dispersos en la matriz sedimentaria. Las partes reconocibles más comunes de trilobites son las que componen el cefalón, pero a menudo se presentan dispersos en la roca otros fragmentos casi irreconocibles del exoesqueleto. Las valvas dorsal y ventral (braquial y peduncular) de los braquiópodos también se presentan dispersas y en igual proporción.

*Abundancia:* En los niveles más fosilíferos (Fig. 3), se llegan a encontrar hasta 20 restos fósiles por decímetro cuadrado. No obstante, conviene señalar que otros tramos contienen muy pocos fósiles o incluso son totalmente estériles.

*Número de elementos identificados:* Se han identificado taxonómicamente 165 ejemplares fósiles, encontrados en nueve tramos diferentes y en el derrubio. La mayor parte de los ejemplares han sido determinados a nivel de especie.

*Proporciones de los diferentes grupos taxonómicos:* Del total de los fósiles determinados a nivel genérico, casi el 80% pertenecen a braquiópodos, 7% a trilobites, 6% a cianobacterias filamentosas, 5% a icnofósiles y el 2% restante corresponde a paleoescolécidos, poríferos e *incertae sedis*. Hay que tener en cuenta que son numerosos los fragmentos de trilobites que no han podido ser asignados a un género concreto, y también forman parte de este registro fósil.

El estudio de esta información (Fig. 4) parece apuntar que en la asociación tafonómica se han dado al menos tres vías de fosilización distintas. Una es la que ha dado lugar a los fósiles de trilobites, braquiópodos, paleoescolécidos, *incertae sedis* e icnofósiles, sobre los que durante la fase bioestratinómica han actuado los descomponedores y quizá también carroñeros, dejando únicamente estructuras mineralizadas, con diverso grado de fragmentación. La segunda ha generado los restos de cianobacterias filamentosas y paleoescolécidos, que también han sido afectados por organismos descomponedores, pero principalmente

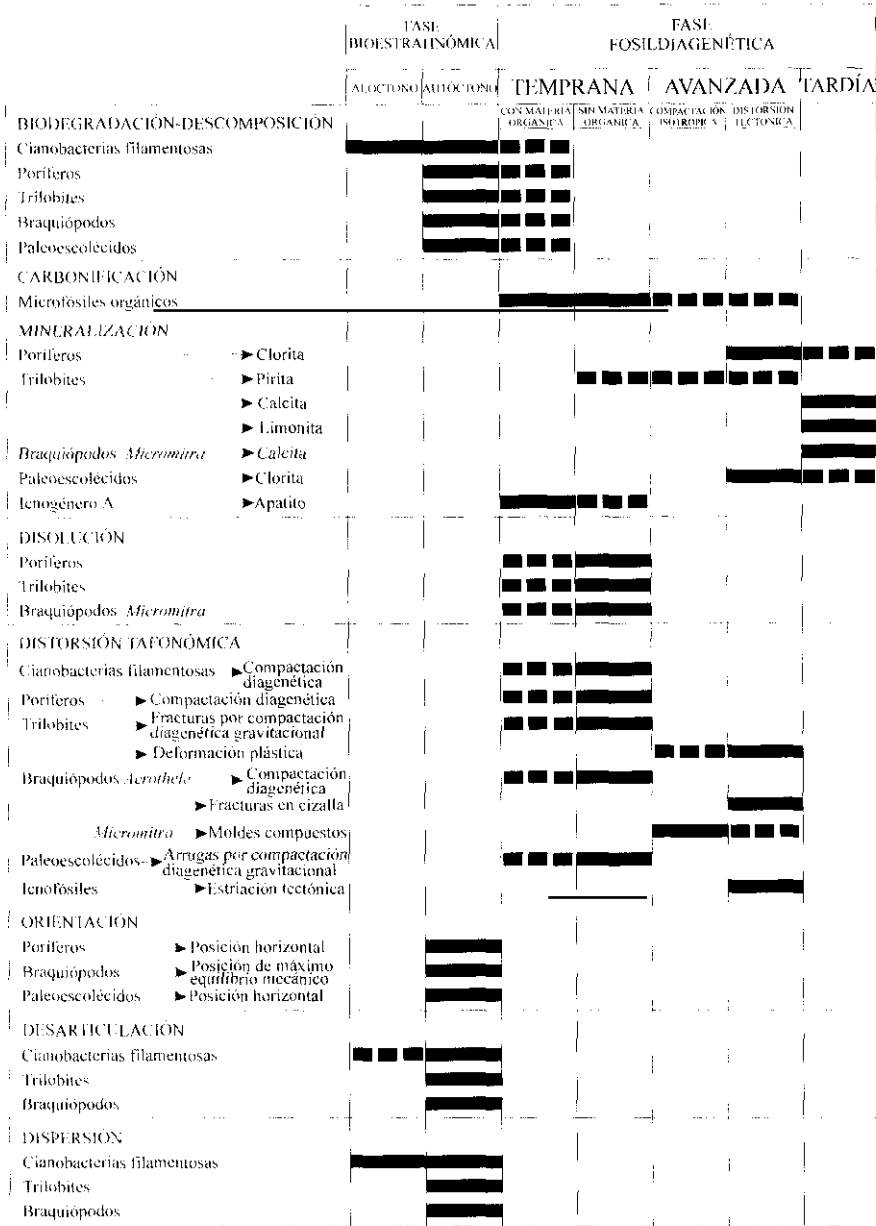


Figura 4.—Principales procesos tafonómicos que han afectado a los fósiles estudiados. Las líneas discontinuas indican actividad parcial de los procesos en cuestión.

Figure 4.—Main taphonomic processes undergone by the studied fossils. Dashed lines indicate partial activity of those particular processes.

después del enterramiento, protegiéndolos del ataque de los necrófagos y conservando estructuras quitinizadas y esclerotizadas. La última vía es la que ha formado el fósil de esponja, en el que no se aprecian evidencias de alteraciones durante la fase bioestratinómica y que conserva su entramado de espículas sin disgregar. La fase fosildiagenética ha afectado de muy distinta forma a los diversos restos (Fig. 4), dependiendo de la composición mineralógica original.

## SUCESIÓN DE BIOFACIES E ICNOASOCIACIONES

Los tramos distinguidos en este trabajo corresponden a una facies detrítica, del tipo facies de pizarras con Trilobites (*sensu* LIÑÁN, 1984), que se formaría en medios marinos sublitorales, alejados de las zonas arrecifales. Los tipos de biofacies que se han definido en la Formación Valdemiedes (LIÑÁN *et al.*, 1993) son extrapolables a esta sección de la Formación Murero, ya que el contenido paleontológico es similar: trilobites, braquiópodos fosfáticos, cianobacterias filamentosas e icnofósiles. Basándonos en estos tipos de biofacies, y de acuerdo con lo descrito respecto a las características litológicas y paleontológicas (Fig. 3), se proponen las condiciones ambientales en las que probablemente se depositaron estos sedimentos y sus variaciones sucesivas.

La base de la sucesión (tramo 1) presenta una biofacies de trilobites polímeros con algún trilobites miómero. Esto corresponde a un ambiente marino sublitoral, que debido a las buenas condiciones ambientales permite el desarrollo de comunidades con trilobites polímeros, algunos de tamaño decimétrico. La presencia de agnóstidos (trilobites miómeros), característicos de mares abiertos, sugiere que esta área se encontraba comunicada con el océano.

Posteriormente desaparecen los trilobites miómeros y surgen los braquiópodos fosfáticos, pero se mantiene una biofacies de trilobites polímeros (tramos 2, 3 y 4). Estos cambios apuntan hacia un aislamiento del área, con un aumento de materia orgánica en suspensión, de la que se alimentaban los braquiópodos, organismos típicamente suspensívoros.

El tramo 5 corresponde a un ambiente menos expuesto a la acción del oleaje, con aguas algo más tranquilas y condiciones más estables, que va a producir un aumento de la diversidad, acompañado de un predominio de los braquiópodos fosfáticos, aunque con la presencia aún destacada de trilobites polímeros. Sería una biofacies intermedia de braquiópodos fosfáticos a trilobites polímeros.

Este ambiente se va a ver afectado por la aparición, quizá de forma brusca, de terrígenos de grano más grueso (tramos 6 y 8). Esta degradación del eco-



sistema produjo la muerte, o el desplazamiento a ambientes más óptimos, de los organismos que allí habitaban. Entre ambas situaciones de estrés ecológico existe una recuperación de las condiciones sedimentológicas anteriores (tramo 7) que no se ve acompañada de la reaparición de fauna.

En el tramo 9 se recupera la diversidad taxonómica existente anteriormente y continúa el predominio de los braquiópodos fosfáticos: biofacies intermedia de braquiópodos fosfáticos a trilobites polímeros. En este tramo se observan dos niveles muy ricos en cianobacterias filamentosas, quizá debidos a un episodio de «bloom» planctónico en zonas cercanas a la superficie.

En los últimos tramos (10 a 13) no varía sustancialmente la litofacies, pero se observa el paso de una biofacies con algún trilobites polímero a otra con braquiópodos fosfáticos, perdiéndose paulatinamente la diversidad. Este hecho se puede atribuir a un progresivo deterioro de las condiciones del medio.

Teniendo en cuenta el contenido paleoicnológico de la sucesión, y de acuerdo con GÁMEZ VINTANED & MAYORAL (1995), podemos afirmar que se trata de una única icnoasociación, la Icnosociación de *Sericichnus* y *Diplichnites*. Ésta contiene icnocenosis caracterizadas por una presencia abundante de *Sericichnus mureroensis* y *Planolites terranova*, típica de medios sublitorales abiertos. Dichos autores señalan que esta icnoasociación aparece conjuntamente con las biofacies de filamentos, de braquiópodos fosfáticos, de trilobites polímeros y de trilobites miómeros.

Las icnocenosis determinadas en la Formación Murero están encuadradas en la Icnofacies Cruziana (*sensu* SEILACHER, 1963), pues presentan las características de medios marinos sublitorales no muy profundos, con moderada energía y sedimentos finos de origen detrítico. La fauna que dio lugar a los fósiles aquí estudiados era mayoritariamente bentónica, con representantes tanto infaunales como epibentónicos. Las estructuras de bioturbación producidas por organismos sedimentívoros dominaban sobre aquéllas producidas por organismos suspensívoros.

## CONCLUSIONES

El estudio desarrollado pone de manifiesto algunas de las singularidades de los materiales cámbricos de la localidad de Murero y de los fósiles que estos contienen. La sucesión estudiada corresponde a un depósito de un ambiente de sedimentación marino en sector medio-distal de la plataforma, cuya posición bioestratigráfica corresponde al tránsito de la Biozona *Solenopleuropsis ribeiroi* a la Biozona *Solenopleuropsis ribeiroi* + *Solenopleuropsis verdiagana*, en el Piso Caesaraugustiense del Cámbrico Medio. El estudio tafonómico indica

que, tanto en la fase bioestratinómica como en la fase fosildiagenética, el proceso de fosilización ha sido complejo, con distintos mecanismos actuando de forma diferente sobre los diversos restos fósiles.

Los fósiles encontrados en la sucesión estudiada han permitido reconocer dos biofacies distintas, e indican que corresponde a la Icnosociación de *Sericichnus* y *Diplichnites*, que a su vez se encuentra incluida en la Icnofacies Cruziana. Se han determinado (en su mayoría a nivel de especie) 17 géneros de diferentes grupos, incluyendo siete taxones que se citan por vez primera en la localidad de Murero (\*):

Cianobacterias filamentosas	1
Poríferos	1*
Trilobites	5
Braquiópodos	2
Paleoescolécidos	2 (1*)
<i>Incertae sedis</i>	1 (1*)
Icnofósiles	5 (4*)

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Antonio Perejón y a la Dra. Elena Moreno, sin cuya ayuda este trabajo y mi Tesis de Licenciatura no hubieran podido llevarse a buen fin. Gracias también a Uly Martín por las fotografías y al Departamento de Paleontología por su incondicional apoyo. El material aquí estudiado se consiguió y estudió con la ayuda del Dr. Eladio Liñán (Dpto. de Geología, Universidad de Zaragoza) y se encuentra depositado en el Museo Paleontológico de Zaragoza (MPZ). Agradezco también las sugerencias y correcciones de los revisores Dr. Javier Álvaro y Dr. Sixto Fernández López, que han mejorado el manuscrito original.

Recibido el día 22 de septiembre de 1997

Aceptado el día 29 de enero de 1998

## BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVARO J.J. & VIZCAÍNO, D. 1998. Révision biostratigraphique du Cambrien moyen du versant méridional de la Montagne Noire (Languedoc, France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **169** (2): 233-242.

- BERGERON, J. 1889. Étude géologique du Massif ancien situé au Sud du Plateau Central. *Annales de Science Géologiques*, **XXII**: 1-362.
- BRIGGS, D.E.G.; ERWIN, D.H. & COLLIER, F. J. 1994. *The fossils of the Burgess Shale*. 238 págs. Smithsonian Institution Press. Washington.
- BRIGGS, D.E.G. & WHITTINGTON, H.B. 1985. Modes of life of arthropods from the Burgess Shale, British Columbia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, **76**: 149-160.
- CLARKSON, E.N.K. 1993. *Invertebrate palaeontology and evolution*. 434 págs. Chapman & Hall. London.
- CONWAY MORRIS, S. 1977. Fossil priapulid worms. *Special papers in Palaeontology*, **20**: 1-95.
- CONWAY MORRIS, S. & ROBISON, R. A. 1986. Middle Cambrian priapulids and other soft-bodied fossils from Utah and Spain. *Paleontological Contributions to the University of Kansas Papers*, **117**: 1-22.
- DAWSON, J.W. 1868. *Acadian Geology: on account of the geological structure, organic remains and mineral resources of New Scotia, and portions of neighbouring provinces of British America*. 388 págs. London.
- DEREIMS, A. 1898. *Recherches géologiques dans le Sud d'Aragon*. 199 págs. Thèse Doctorale, Université de Paris-Lille.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, S. 1991. Taphonomic concepts for a theoretical biochronology. *Revista Española de Paleontología*, **6** (1): 37-49.
- GÁMEZ VINTANED, J.A. 1995. Nuevo hallazgo de Anélido? paleoescolécido de Murero. In: *Memorias de las IV Jornadas Aragonesas de Paleontología: «La expansión de la vida en el Cámbrico»*. Libro Homenaje al Prof. Klaus Szűzy. J.A. GÁMEZ VINTANED & E. LIÑÁN, Eds. Págs. 205-218. Institución «Fernando el Católico». Zaragoza.
- GÁMEZ VINTANED, J.A. & MAYORAL, E. 1995. Paleocinología del Grupo Mesones (Cámbrico Inferior-Medio) en Murero (Cadena Ibérica Occidental, NE de España). In: *Memorias de las IV Jornadas Aragonesas de Paleontología: «La expansión de la vida en el Cámbrico»*. Libro Homenaje al Prof. Klaus Szűzy. J.A. GÁMEZ VINTANED & E. LIÑÁN, Eds. Págs. 219-252. Institución «Fernando el Católico». Zaragoza.
- GARCÍA-BELLIDO CAPDEVILA, D. & LIÑÁN, E. 1996. Nuevo ejemplar de «paleoescolécido» del Cámbrico Medio de Murero, Zaragoza. In: *Comunicaciones de las XII Jornadas de Paleontología*. T. PALACIOS & R. GOZALO, Eds. Págs. 48-49. Universidad de Extremadura. Cáceres.
- GLAESSNER, M.F. 1979. Lower Cambrian Crustacea and annelid worms from Kangaroo Island, South Australia. *Alcheringa*, **5**: 21-31.
- GOZALO, R. 1995. El Cámbrico de las Cadenas Ibéricas. In: *Memorias de las IV Jornadas Aragonesas de Paleontología: «La expansión de la vida en el Cámbrico»*. Libro Homenaje al Prof. Klaus Szűzy. J.A. GÁMEZ VINTANED & E. LIÑÁN, Eds. Págs. 137-167. Institución «Fernando el Católico». Zaragoza.
- GOZALO, R. & LIÑÁN, E. 1988. Los materiales hercínicos de la Cordillera Ibérica en el contexto del Macizo Ibérico. *Estudios Geológicos*, **44**: 399-404.
- GOZALO, R. & ALVARO, J. 1993. Bioestratigrafía del Cámbrico Medio de Villafeliche (Prov. Zaragoza, España). *Revista Española de Paleontología*, N<sup>o</sup> **Extraordinario**: 49-57.
- LINNARSSON, J.G.O. 1876. Brachiopods of the Paradoxides beds of Sweden. *Bihang. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, **3**(12): 1-34.

## LÁMINA 1

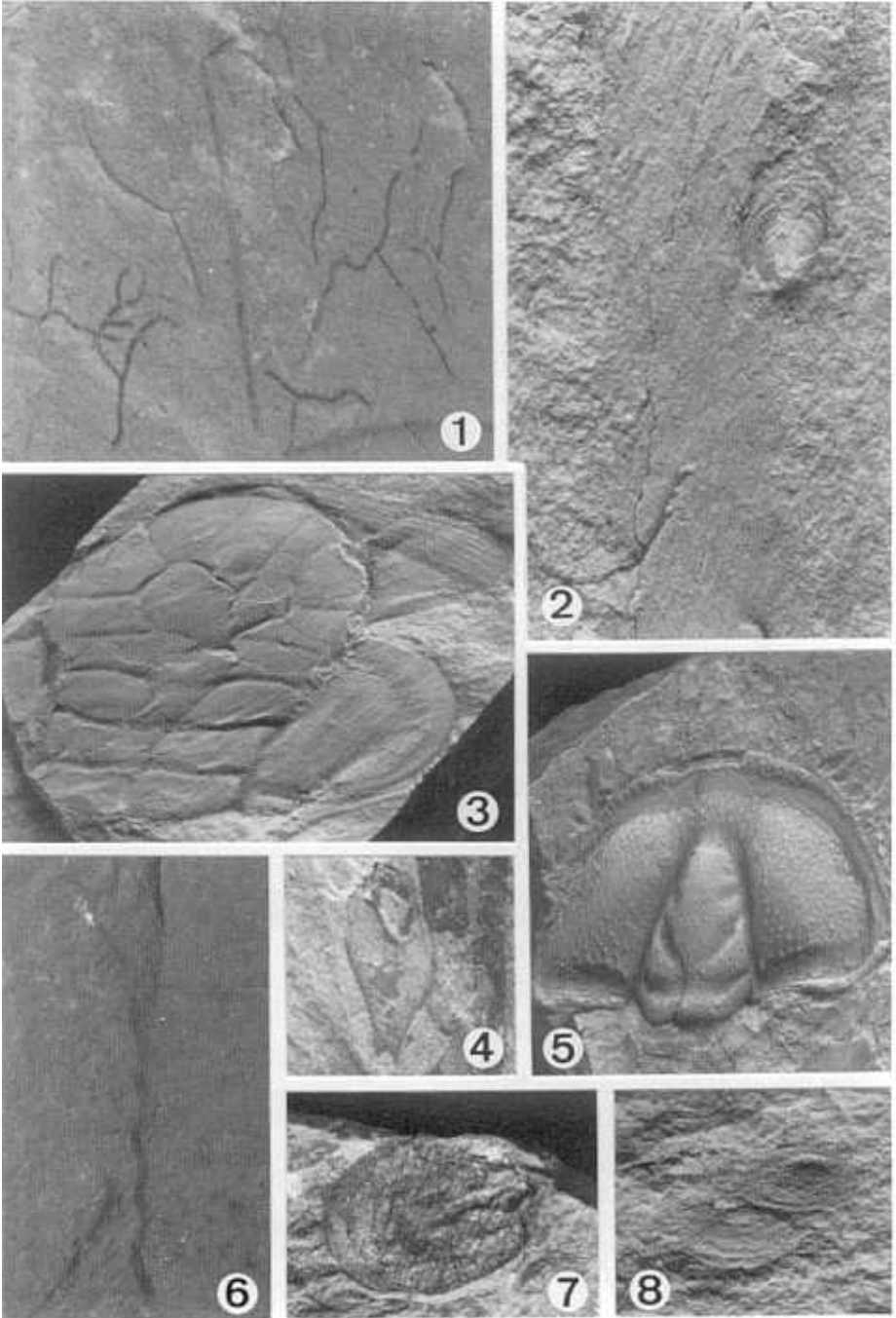
El material ilustrado, a excepción de las Figs. 1 y 6, ha sido blanqueado con óxido de magnesio.

- Figura 1.—Cianobacterias filamentosas (MPZ-97/419), (x3).  
 Figura 2.—*Micromitra* sp. adherido a *Leptomitus* cf. *L. lineatus* (WALCOTT, 1920), detalle (MPZ-97/423), (x4).  
 Figura 3.—*Paradoxides* (*Eccaparadoxides*) *brachyrhachis* LINNARSSON, 1883, cranidio (MPZ-97/425), (x1,5).  
 Figura 4.—*Paradoxides* (*Eccaparadoxides*) *brachyrhachis* LINNARSSON, 1883, pigidio morfotipo B (MPZ-97/426), (x2).  
 Figura 5.—*Conocoryphe* (*Conocoryphe*) *heberti* MUNIER-CHALMAS & BERGERON (in BERGERON, 1889), cranidio (MPZ-97/429), (x1,5).  
 Figura 6.—*Cochlichnus* ichnosp. (MPZ-97/454a), (x2).  
 Figura 7.—*Acrothele* cf. *A. coriacea* LINNARSSON, 1876, valva (MPZ-97/430), (x3).  
 Figura 8.—*Micromitra* sp., valvas dorsal y ventral superpuestas (MPZ-97/442), (x5).

## PLATE 1

All the shown specimens, except Figs. 1 and 6, have been whitened with magnesium oxide.

- Figure 1.—Filamentous cyanobacteria (MPZ-97/419), (x3).  
 Figure 2.—*Micromitra* sp. attached to *Leptomitus* cf. *L. lineatus* (WALCOTT, 1920) detail (MPZ-97/423), (x4).  
 Figure 3.—*Paradoxides* (*Eccaparadoxides*) *brachyrhachis* LINNARSSON, 1883, cranidium (MPZ-97/425), (x1,5).  
 Figure 4.—*Paradoxides* (*Eccaparadoxides*) *brachyrhachis* LINNARSSON, 1883, morphotype B pigidium (MPZ-97/426), (x2).  
 Figure 5.—*Conocoryphe* (*Conocoryphe*) *heberti* MUNIER-CHALMAS & BERGERON (in BERGERON, 1889), cranidium (MPZ-97/429), (x1,5).  
 Figure 6.—*Cochlichnus* ichnosp. (MPZ-97/454a), (x2).  
 Figure 7.—*Acrothele* cf. *A. coriacea* LINNARSSON, 1876, valve (MPZ-97/430), (x3).  
 Figure 8.—*Micromitra* sp., superimposed dorsal and ventral valves (MPZ-97/442), (x5).



- LINARSSON, J.G.O. 1883. De undre Paradoxideslagren. *Sveriges Geologiska Undersökning, Series C*, **54**: 1-48.
- LIÑÁN, E. 1984. Introducción al problema de la paleobiogeografía del Cámbrico de Ossa Morena. *Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, **8**: 283-314.
- LIÑÁN, E., 1996. The Lower and Middle Cambrian Series of the Iberian Peninsula. Geological outline. In: *II Field Conference of the Cambrian Stage Subdivision Working Groups. International Subcommission on Cambrian Stratigraphy. Field Trip Guide and Abstracts*. E. LIÑÁN, J.A. GÁMEZ VINTANED & R. GOZALO, Eds. Págs. 7-9. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.
- LIÑÁN, E., FERNÁNDEZ-NIETO, C., GÁMEZ, J.A., GOZALO, R., MAYORAL, E., MORENO-EIRIS, E., PALACIOS, T. & PEREJÓN, A. 1993. Problemática del límite Cámbrico Inferior-Medio en Murero (Cadenas Ibéricas, España). *Revista Española de Paleontología*, Nº **extraordinario**: 26-39.
- LIÑÁN, E., GÁMEZ VINTANED, J.A. & ÁLVARO, J. 1992. Las formaciones del Grupo Mesones (Cámbrico Inferior-Medio) en las Cadenas Ibéricas. In: *Actas del III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Tomo 1*. J. CIVIS LOVERA, F.J. SIERRA SÁNCHEZ & L.C. SÁNCHEZ DE POSADA, Eds. Págs. 517-523. Salamanca.
- LIÑÁN, E. & GOZALO, R. 1996. Hallazgo de una biota tipo Burgess Shale en el Cámbrico Inferior tardío de Murero. In: *Comunicaciones de las XII Jornadas de Paleontología*. T. PALACIOS & R. GOZALO, Eds. Págs. 77-78. Universidad de Extremadura. Cáceres.
- LIÑÁN, E. & GOZALO, R. 1986. Los trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de Murero (Cordillera Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, **2**: 1-104.
- LOTZE, F. 1945. Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotektonische Forschungen*, **6**: 78-92.
- MARTINSSON, A. 1970. Toponomy of trace fossils. In: *Trace Fossils. Geological Journal Special Issue 3*. T.P. CRIMES & J.C. HARPER, Eds. Págs. 323-330. Seel House Press. Liverpool.
- MCÁLESTER, A.L. 1962. Mode of preservation in Early Paleozoic pelecypods and its morphologic and ecologic significance. *Journal of Paleontology*, **36**: 69-73.
- MÜLLER, K.J. & HINZ-SCHALLREUTER, I. 1993. Palaeoscolecoid worms from the Middle Cambrian of Australia. *Palaeontology*, **36** (3): 549-592.
- RIGBY, J.K. 1986. Sponges of the Burgess Shale (Middle Cambrian), British Columbia. *Palaeontographica Canadiana*, **2**: 1-105.
- ROBISON, R.A. 1969. Annelids from the Middle Cambrian Spence Shale of Utah. *Journal of Paleontology*, **43** (5): 1169-1173.
- SEILACHER, A. 1963. Lebbspuren und Salinitätsfacies. *Fortschritte in der Geologie von Rheinland und Westfalens*, **10**: 81-94.
- THORAL, M. 1946. Conocoryphidae languedociens. *Annales Université de Lyon, Série 3, Section C, Sciences Naturelles*, **4**: 1-74.
- VERNEUIL, E. DE 1862. Descubrimiento de la fauna primordial en la provincia de Zaragoza. *Revista Minera*, **13**: 479.
- WALCOTT, C.D. 1920. Middle Cambrian Spongiae. *Cambrian Geology and Paleontology IV. Smithsonian Miscellaneous Collections*, **67**: 261-364.
- WHITTINGTON, H.B. 1985. *The Burgess Shale*. 151 págs. Yale University Press. New Haven.