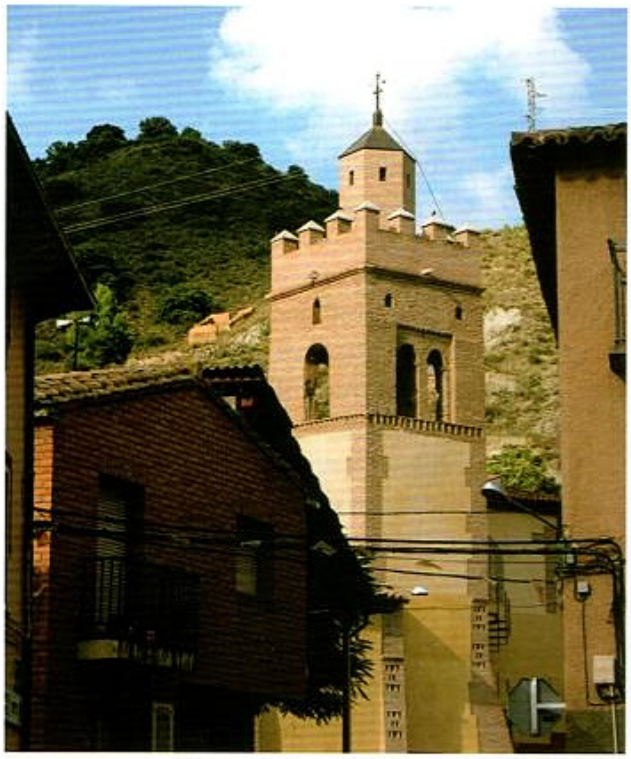
El 150 aniversario del hallazgo del yacimiento cámbrico de Murero (Zaragoza)

Eladio Liñán *
José Antonio Gámez Vintaned **
Rodolfo Gozalo **
José Antonio Andrés ***

* Área y Museo de Paleontología-IUCA. Depto. de Ciencias de la Tierra. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, n.º 12. E-50009 Zaragoza. España. C/e: <linan@unizar.es>
** Depto. de Geología. Universitat de València. C/ Dr. Moliner, n.º 50. E-46100 Burjassot. España. C/e: <gamez@unizar.es>, <jogavin@uv.es>; <rodolfo.gozalo@uv.es>
*** Dirección General de Patrimonio Cultural. Depto. de Educación, Universidad, Cultura y Deporte. Gobierno de Aragón. E-50071 Zaragoza. España. C/e: <jaandres@aragon.es>

Introducción

Murero es un bello pueblo cuyo pequeño núcleo de casas se expande descendiendo suavemente desde la ladera suroeste del valle que forma el río Jiloca, al atravesar el sistema Ibérico, hasta terminar por asomarse al mismo cauce (fig. 1). Está situado a 8 km al oeste de la villa de Daroca en la provincia de Zaragoza y es famoso porque la rambla de Valdemiedes, contigua al pueblo, contiene uno de los más conocidos yacimientos paleontológicos de Europa por su abundancia y variedad tanto de trilobites como de faunas cámbricas de cuerpo blando que sólo excepcionalmente se conservan.



Fotografía: José Antonio Gámez Vintaned.

Figura 1. Vista de Murero.

Este yacimiento fue descubierto en 1862 por el geólogo francés Edouard de Verneuil quien halló la entonces llamada «fauna primordial» que estaba compuesta por numerosas especies de los emblemáticos trilobites paradoxídidos y conocorífidos, que han echo que el pueblo alcance merecida fama y sea uno de los cuatro del mundo que tiene por escudo un trilobites (fig. 2). La repercusión internacional que tuvo este hallazgo impulsó la realización de la Tesis doctoral del francés Dereims en 1898, comisionado por la Universidad de Lille. Desde entonces, una decena de tesis doctorales, varios libros y más de un centenar de artículos en revistas geológicas se han ocupado ininterrumpidamente del Cámbrico de Murero, donde ya se han catalogado por el momento más de cien especies, la mayoría de trilobites. Murero es, por lo tanto, considerado desde el s. XIX como uno de los yacimientos emblemáticos de España y también una localidad clásica de referencia internacional para el estudio del Periodo Cámbrico que se inició hace 542 Ma y culminó hacia los -490 millones de años; pero que, sobre todo, es crucial para el conocimiento

Figura 2. Escudo de armas de Murero.

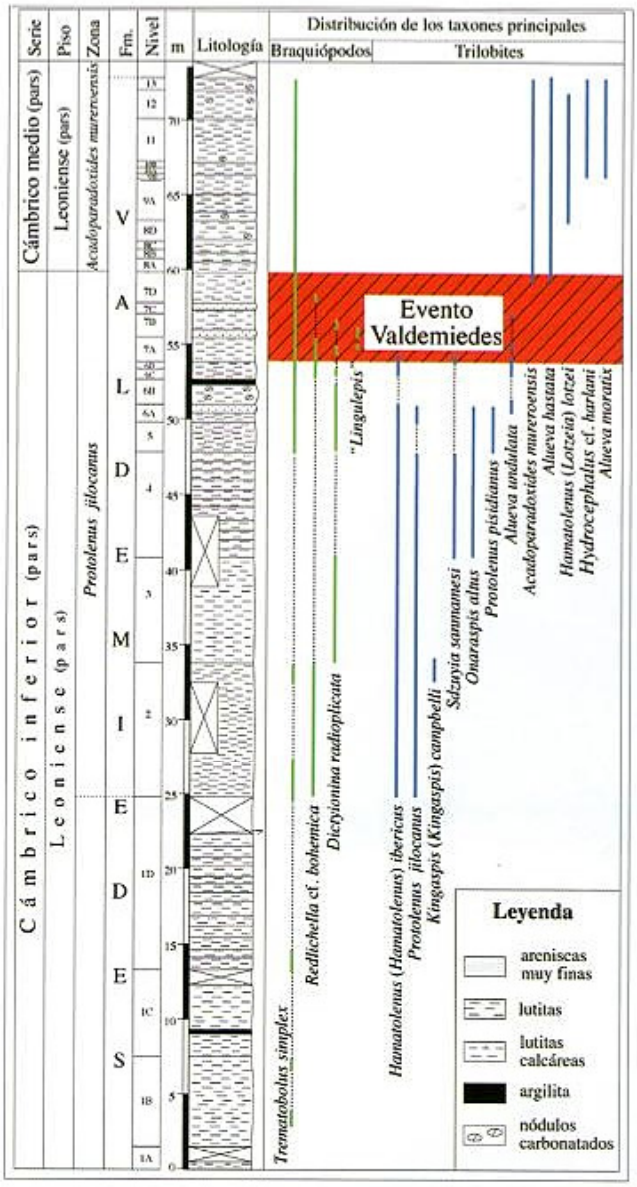


Figura 3. Sección estratigráfica de la rambla de Valdemiedes 2, con indicación de las especies de braquiópodos y trilobites registrados en torno al evento Valdemiedes.

de los numerosos fenómenos geológicos que concurrieron durante la transición entre el Cámbrico inferior y el Cámbrico medio a escala global del planeta.

Este año tenemos la fortuna de celebrar el 150 aniversario de su descubrimiento y, al mismo tiempo, de conmemorar desde la Universidad de Zaragoza y la SAMPUZ las enormes satisfacciones que nos han deparado los espectaculares hallazgos que hemos realizado en nuestras recientes excavaciones. Pues Murero ha venido siendo una fuente de agradables sorpresas para la ciencia y lo seguirá siendo en el futuro porque la amplitud del yacimiento y el muestreo detallado que venimos realizando desde el año 1976 nos permite asegurar que queda mucho por excavar y de que seguramente hoy solo conocemos el 50 % de las comunidades de animales y algas fósiles que poblaron sus fondos marinos.

Un visión general sobre la historia de los estudios geológicos de Murero se encuentra en Liñán y Gozalo (1986, 1999). Las monografías de trilobites de Sdzuy (1961) y de Liñán y Gozalo (1986) son seguramente las más relevantes contribuciones a un yacimiento que queremos difundir en esta fecha tan señalada para conocimiento y disfrute general de todos los amantes de la ciencia, de la naturaleza y de un arte natural representado por las expectaculares formas fósiles que se encuentran en esta localidad. Un arte realizado por la vida que nos sorprende cada vez más, sobrepasando nuestra imaginación, y del que Murero es uno de nuestros mayores exponentes, a la vez que una de las mejores ventanas abiertas para estudiar el enigma del origen de los animales.

Geología y Estratigrafía

Murero se localiza en la Cadena Ibérica Occidental, dentro de la Unidad Geológica de Badules, en el corazón de las Cadenas Ibéricas. Esta unidad está estructurada en bloques de estratos cabalgantes entre sí hacia el NE de modo que se imbrican unos sobre otros, produciendo el acortamiento espacial de una antigua y extensa plataforma marina cámbrica. Ello es la razón de que los fósiles se encuentren ligeramente deformados. Las capas fosilíferas de

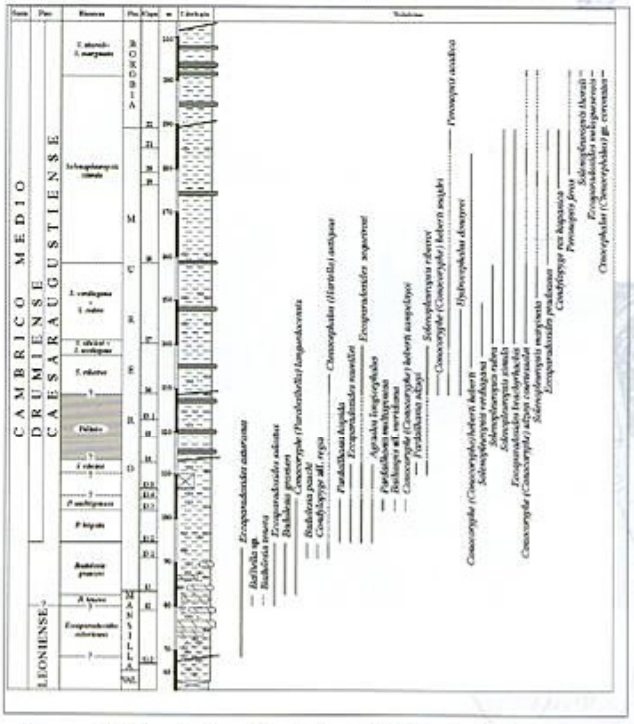


Figura 4. Bioestratigrafía de los trilobites de la parte superior de la sección rambla de Valdemiedes 1.

Murero se localizan en el llamado bloque geológico de Villafeliche que está compuesto por una sucesión de estratos cámbricos situados en posición normal, inclinados hacia el SO y que se encuentran afectados por fallas normales de pequeño salto. Estos estratos quedan expuestos inmediatamente al norte del pueblo, a lo largo de la rambla de Valdemiedes que atraviesa las últimas casas del pueblo para desembocar finalmente en el río Jiloca. Las dos más importantes secciones estratigráficas del yacimiento fueron levantadas a la derecha de la rambla (rambla de Valdemiedes 1, o RV_1) y a la izquierda (RV_2) por Liñán y Gozalo (1986) (figs. 3 y 4).

Desde un punto de vista estratigráfico, el yacimiento de conservación excepcional (*Lagerstätte*) de Murero comprende un espesor de 195 m de estratos correspondientes al llamado Grupo Mesones (incluye la parte superior de la Formación Valdemiedes, la Formación Mansilla y la Formación Murero) y a la base del Grupo Acón. La edad de estas capas va desde el Bilbiliense superior (Cámbrico inferior temprano) hasta el Languedociense inferior (gran parte del Cámbrico medio). Estos estratos de rocas fosilíferas representan depósitos continuados de sedimentos y restos de organismos sobre el fondo de una plataforma de un mar subtropical durante varios millones de años.

Los estratos están compuestos por pizarras (lutitas y areniscas de grano muy fino) donde se intercalan nódulos de carbonatos y ocasionalmente niveles de dolomía. El color de las pizarras es gris, pero cuando la exposición subaérea ha sido prolongada es amarillo, con excepción de la Formación Mansilla (situada hacia la mitad de la secuencia estratigráfica) donde el color es rojo-vináceo y donde predominan los niveles dolomíticos.

Los datos mineralógicos indican que las pizarras del Grupo

Fotografías: Galería, y otros.

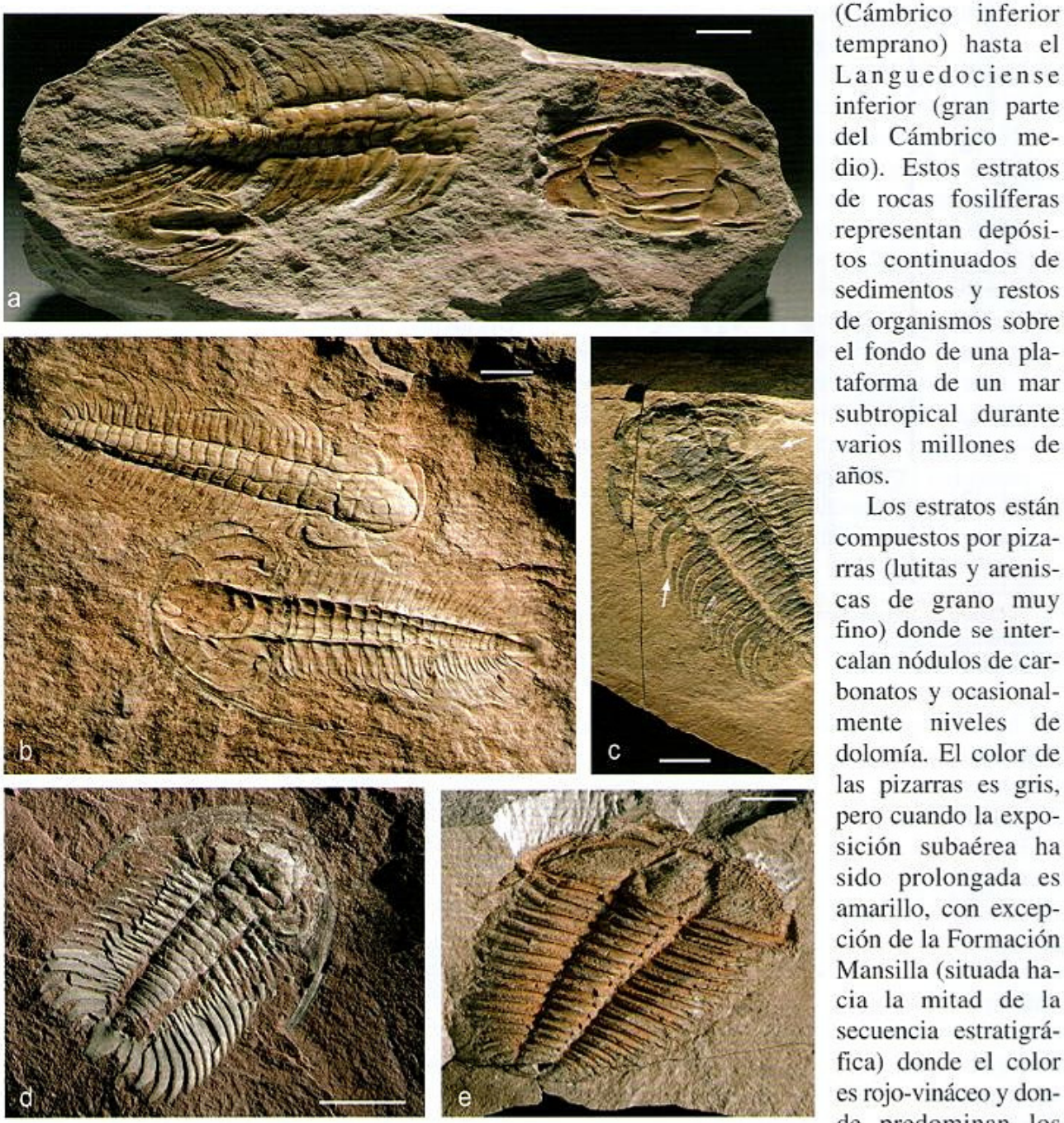


Figura 5. Trilobites del Cámbrico medio de la biota de Murero. Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. a. Eccaparadoxides sequeirosi *(muda; ejemplar MPZ 980). b.* E. mediterraneus *(pieza conocida como «los amantes de Murero»; MPZ 3004). c.* E. sequeirosi *MPZ 2006/375a. d.* E. pradoanus. *MPZ 2006/374a. e.* Conocoryphe (C.) heberti. *MPZ 2006/21. (Barras de escala = 10 mm.)*

Mesones no alcanzaron el metamorfismo pero sí produjo el recrecimiento de pequeños cristales de mica que suelen formar parte de los tegumentos y esqueletos de los fósiles. En su conjunto, Murero representa un sistema de depósitos en un régimen transgresivo por el que aumenta progresivamente la profundidad hasta la Formación Mansilla donde se produce una colmatación y el fondo marino queda con escasa profundidad (es lo que se denomina un alto fondo) para luego volver a aumentar la profundidad durante la Formación Murero hasta que con el Grupo Acón se produce el inicio de una regresión marina con disminución progresiva de la profundidad y el aumento de areniscas procedentes del continente. Oscilaciones del nivel del mar que se resumen en: un episodio transgresivo que coincide con la Formación Valdemiedes, otro regresivo situado en la Formación Mansilla, seguido por un nuevo episodio transgresivo (Formación Murero) y finalmente otro regresivo (base del Grupo Acón).

La cronología geológica nos indica que Murero tiene un registro continuo de unos 10 millones de años (desde ca. -515 Ma hasta ca. -505 Ma), tiempo que es subdividido en 15 zonas (unidades más pequeñas caracterizadas por especies de trilobites) que representa la subdivisión más precisa del mundo para este intervalo temporal. Estas zonas se denominan por orden de antigüedad: *Protolenus jilocanus*, *Acadoparadoxides mureroensis*, *Eccaparadoxides sdzuyi*, *Eccaparadoxides asturianus*, *Badulesia tenera*, *Badulesia granieri*, *Badulesia paschi*, *Pardailhania hispida*, *Pardailhania multispinosa*, *Pardailhania sdzuyi+Solenopleuropsis ribeiroi*, *Solenopleuropsis ribeiroi*, *Solenopleuropsis ribeiroi+Sol. verdiagana*, *Solenopleuropsis verdiagana+Sol. rubra*, *Solenopleuropsis simula* y *Solenopleuropsis thorali+Sol. marginata*.

Fotografías: Galería, y otros.

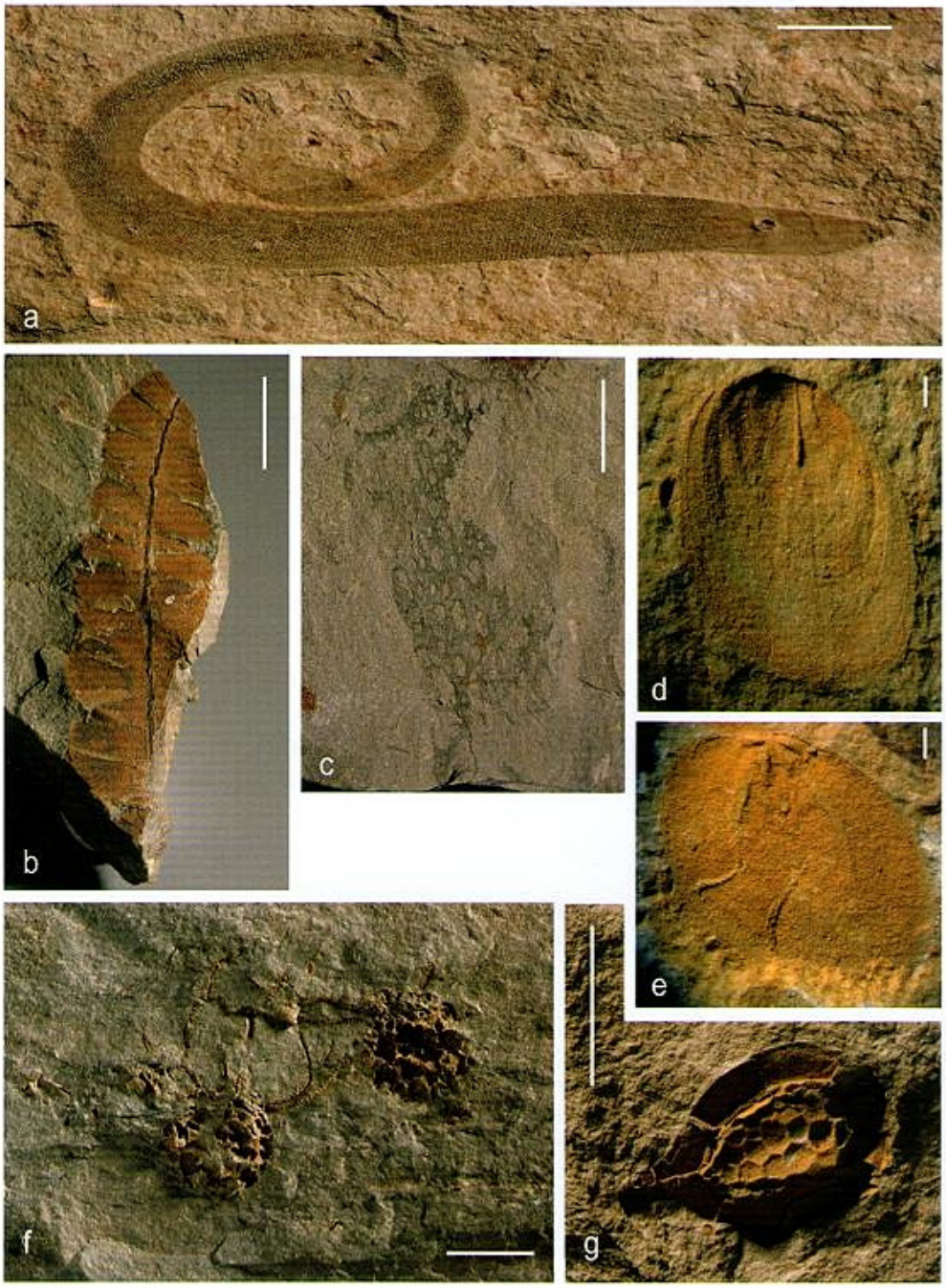


Figura 6. Otros fósiles del Cámbrico de la biota de Murero. a. Schistoscolex, *gusano palaeoscolécido. MPZ 2006/372. b.* Aragonia sdzuyi, *alga parda. MPZ 95/176. c.* Crumillospongia mureroensis, *esponja. MPZ 2008/158a. d, e.* Trematobolus simplex, *braquiópodo. Valvas ventral (d) y dorsal (e). f.* Gogia parsleyi, *equinodermo. MPZ 2004/161b (dcha.), MPZ 2004/162b (izda.). g.* Gyrocystis testudiformis, *equinodermo. MPZ 2006/373a. (Barra = 10 mm en a-c, f, g; 1 mm en d, e.).*

El límite clásico del Cámbrico inferior-medio (Bilbiliense-Leoniense en la escala cronológica para la región Mediterránea) se ha situado en la aparición de la especie del trilobites *Acadoparadoxides mureroensis* Sdzuy, 1958 (fig. 5b), definido en Murero y luego reconocido en Tuvá (Rusia), Polonia, Cerdeña (Italia), Nueva York (EE. UU.), Marruecos y Turquía. Este límite coincide en Murero con una brusca caída hacia índices negativos de los valores del isótopo estable $\delta 13C_{org}$ y está asociado a un evento de extinción en masa llamado evento Valdemiedes, por haberse reconocido inicialmente en esta rambla de Murero, y que hoy sabemos es un evento de extinción a escala global que coincide en el continente americano con la extinción de los trilobites olenélidos.

Figura 7. La esponja Leptomitus conicus, *definida en Murero.* (Fotografía: Zarela Herrera).

Paleontología

Los estratos cámbricos de Murero son extraordinariamente fosilíferos y muestran especímenes excepcionalmente conservados de grupos con esqueleto y de cuerpo blando.

Las mismas formaciones geológicas de Murero con sus correspondientes fósiles se encontraron después de 1862 en otros afloramientos cámbricos dentro de un área más amplia que la inicial, pasando entonces a conocerse como la biota de Murero, al igual que sucedió también en las localidades clásicas de Mount Stephen en Canadá (biota de Burgess Shale) y en China (biota de Chengjiang) cuyos fósiles aparecen en numerosas localidades. En nuestro caso y gracias a los estudios posteriores de la escuela alemana de Lotze y Sdzuy, y de la Universidad de Zaragoza, se sabe que la biota de Murero se encuentra también en otras localidades de las Cadenas Ibéricas y la Sierra de la Demanda.

De entre los grupos con esqueleto, los trilobites (fig. 5) son especialmente abundantes en la biota de Murero y alcanzan unas ochenta especies descritas, sólo en la localidad tipo. Señalemos que gracias al continuo registro de paradoxídidos en la misma sección (RV_1) de Murero, se demostró la existencia de dimorfismo (probablemente sexual) en los trilobites durante los tiempos del Cámbrico medio. Otros artrópodos encontrados incluyen aracnomorfos y bradoríidos. El filo de los brachiópodos comprende seis especies y el de los equinodermos incluye eocrinoideos, edrioasteroideos y cinctas, con un registro preliminar de quince taxones. Los hiolitos están también presentes.

Fotografía: José Antonio Gámez Vintaned.

Figura 8. El lobópodo xenúsido Mureropodia mureroensis.

Imagen: Isabel Pérez Urresti.

Figura 9. Reconstrucción de Mureropodia mureroensis.

La primera descripción de fósiles de cuerpo blando de tipo Burgess Shale en Murero fue publicada por investigadores anglosajones en 1986. Posteriores estudios sobre estos fósiles excepcionales han incrementado la relevancia de este yacimiento para entender cómo fue la vida cámbrica puesto que nos encontramos ante un yacimiento donde probablemente se conservaron todos los representantes de la comunidad originaria, debido a sus condiciones excepcionales de fosilización (figs. 6-10, con representantes de distintas localidades). Así, algunas algas clorofíceas y feofíceas, esponjas, ecdysozoos (paleoescolécidos y xenúsidos lobópodos) y veinte icnotaxones (GÁMEZ VINTANED y MAYORAL ALFARO, 1995) han sido descritos en Murero. Aunque el muestreo de acritarcos fue negativo debido a las condiciones de alteración de las rocas en superficie, otros grupos problemáticos están aún bajo estudio.

En términos generales, el ambiente donde se depositaron los estratos de Murero debió ser una plataforma marina somera bien iluminada (sublitoral infralitoral), de aguas cálidas, poco agitadas y en comunicación periódica con el mar abierto, de donde llegaban organismos pelágicos como los pequeños trilobites agnóstidos y donde vivía una comunidad pelágica y bentónica con gran diversidad y abundancia de organismos (fig. 10).

Murero como recurso educativo de desarrollo rural

Murero fue desde el s. XX una localidad muy visitada por los aficionados a la paleontología de distintos países que iban a recolectar los magníficos ejemplares de trilobites que se encuentran en sus estratos. Hacia mitad de siglo, diversas universidades alemanas, holandesas y francesas lo utilizaron para las excursiones paleontológicas con sus alumnos. Ya en los años setenta empezó a ser visitado por estudiantes de numerosas universidades españolas, colegios e institutos de enseñanza, coincidiendo con el inicio de las excavaciones realizadas por la Universidad de Zaragoza. La publicación del libro sobre la geología y paleontología de Murero (LIÑÁN y

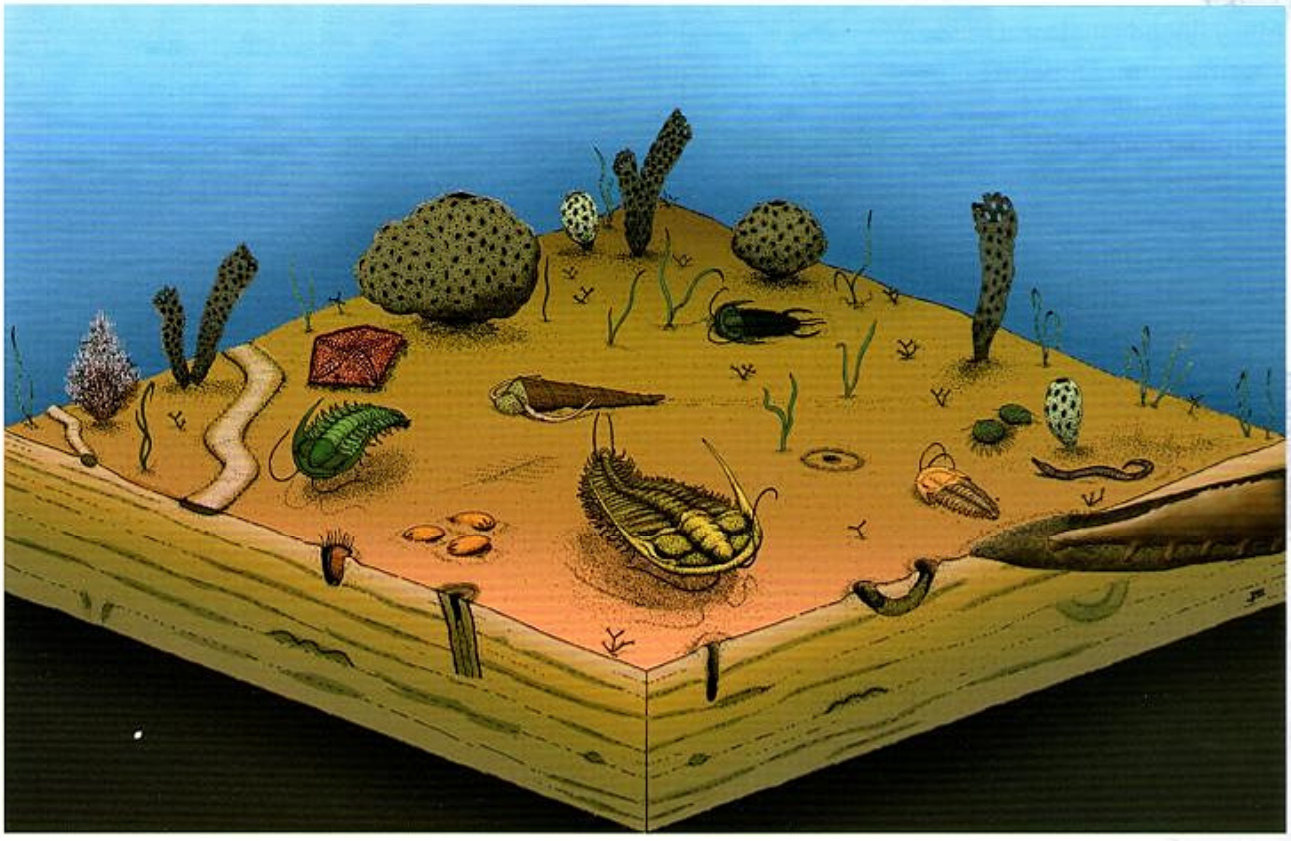


Figura 10. Reconstrucción del fondo marino de Murero al final del Cámbrico inferior.

GOZALO, 1986) facilitó estas visitas y el empleo del yacimento como uno de los mejores ejemplos didácticos de Aragón, y no sólo el sitio obligado de recolección de fósiles para las colecciones de museos, universidades y particulares que era. A este fin, la Diputación provincial de Zaragoza asfaltó la carretera que unía el yacimiento con Murero y con la de Calatayud-Daroca; también el Ayuntamiento de Murero acondicionó el entorno liberándolo de la vegetación. Desde los años noventa el Ministerio de Educación y Ciencia de España ha venido concediendo al «Grupo Murero» formado por las Universidades de Zaragoza, Valencia y Huelva las subvenciones necesarias para abordar la investigación y limpieza del yacimento, que se ha venido realizando conjuntamente con numerosos voluntarios de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza (SAMPUZ).

En consonancia con los novedosos hallazgos geológicos y paleontológicos que se habían venido produciendo desde 1976, y con el incremento de su importancia científica y social, Murero fue declarado por el Gobierno de Aragón como *Bien de Interés Cultural* (BIC), la más alta figura de protección patrimonial y que entonces era condedida por primera vez a un yacimiento paleontológico español. En la última década, la Dirección General de Patrimonio, la Comarca de Daroca y el Ayuntamiento de Murero terminaron por realizar dos rutas turístico-educativas (fig. 11) con numerosos paneles explicativos (fig. 12) que ayudan a un mejor uso didáctico del yacimiento (DIES ÁLVAREZ *et al.*, 2009). Finalmente, un documental divulgativo sobre la explosión de la vida animal en el Cámbrico y la aportación de Murero al mejor conocimiento de este enigma científico fue producido en inglés y español (LIÑÁN y BAYÓN, 2009) con la ayuda de un proyecto del Ministerio de Ciencia e Innovación (MCIIN) y la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT) de modo que se diera respuesta al interés internacional que viene despertando uno de los yacimientos españoles más citados en la literatura paleontológica mundial.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto CGL2011-24516 (Ministerio de Ciencia e Innovación), el Programa «Juan de la Cierva» (referencia JCI-2009-05319; Ministerio de Ciencia e Innovación), y del Grupo Consolidado E-17 (Gobierno de Aragón). Agradecemos a Isabel Pérez Urresti (MEC-Universidad de Zaragoza) su ayuda con las ilustraciones.

Referencias

DIES ÁLVAREZ, M. E., GÁMEZ VINTANED, J. A., LIÑÁN, E. y GOZALO, R. 2009. Primera ruta paleontológica en el yacimiento de Murero. *In*: PALMQVIST, P. y PÉREZ-CLAROS, J. A. (coords.) *Comunicaciones de las XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Málaga*, p. 177.

LIÑÁN, E. y BAYÓN, J. M. 2009. *Tras las Huellas de la Vida Primitiva (el Periodo Cámbrico)*. Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, DVD, 30'.

LIÑÁN, E. y GOZALO, R. 1986. Trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de Murero (Cordillera Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, **2**, pp. 1-104.

LIÑÁN, E. y GOZALO, R. 1999. Historia del conocimiento paleontológico del yacimiento de Murero, Cámbrico Inferior alto-Cámbrico Medio (provincia de Zaragoza). *In*: RÁBANO, I. (ed.) *XV Jornadas de Paleontología y simposios de los proyectos PICG 393, 410 y 421. Actas (Tomo I)*. Temas Geológico-Mineros, **26**, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 83-88.

SDZUY, K. 1961. Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten. *Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse*, **1961** (7-8), pp. 499-690.

VERNEUIL, E. DE. 1862. Descubrimiento de la fauna primordial en la provincia de Zaragoza. *Revista Minera*, **13**, p. 479.