

Edad y correlación de la «Cuarcita de Criadero» y otras unidades cuarcíticas del límite Ordovícico-Silúrico en la Zona Centroibérica meridional (España y Portugal)

The «Criadero Quartzite» and other sandstone units close to the Ordovician-Silurian boundary in the southern part of the Central Iberian Zone (Spain and Portugal): age and correlation

A. García Palacios, J.C. Gutiérrez-Marco y P. Herranz Araújo

Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid

ABSTRACT

A new continuous section with Aeronian to lower Telychian graptolites is described near Corral de Calatrava (province of Ciudad Real). The transition between the «Criadero Quartzite» and the overlying black shales is detailed. The section is correlated with another similar successions around the Ordovician/Silurian boundary in the southern part of the Central Iberian Zone, and chronostratigraphic aspects are briefly analyzed and discussed. The sedimentation of the «Criadero Quartzite» took place during Rhuddanian to late Aeronian times; a minor hiatus was developed at the upper limit with the graptolitic black shales. The base of the latter is not older than the palmeus sub-biozone of the early Telychian.

Key Words: Silurian, Ordovician/Silurian boundary, lithostratigraphy, biostratigraphy, correlation, Central Iberian Zone, Spain.

Geogaceta, 20 (1) (1996), 19-22
ISSN: 0213683X

Introducción

La «Cuarcita de(l) Criadero» (Almela *et al.*, 1962) es una de las unidades litoestratigráficas más conocidas de la sucesión paleozoica de la Zona Centroibérica (ZCI), por constituir el encajante de la mineralización de mercurio en la región de Almadén (Ciudad Real), lo que da origen al nombre.

Esta unidad, definida formalmente en la planta 9ª de la mina de Almadén por Gallardo Millán *et al.* (1994), aflora en una gran extensión desde la Sierra de San Pedro (Cáceres) al oeste hasta el Campo de Calatrava (Ciudad Real) al este, así como en la parte central y oriental de Sierra Morena, donde toma otras denominaciones locales como «Cuarcitas de Castellar» (Henke, 1926), «Cuarcitas del Llandoverly» (Richter, 1967), «Cuarcitas Superiores» (Tamain, 1967), etc., de las cuales sólo la primera ha tenido un cierto uso, principalmente en el distrito minero de El Centenillo-La Carolina (Jaén).

Al norte del área considerada, en los sinclinales de Guadarranque, Cañaverál y Herrera del Duque, existe otra unidad de características semejantes a la Cuarcita de Criadero, descrita como «Cuarcita de las Majuelas» (Gil Cid *et al.*, 1976) o «Cuarcita Superior» de la Serie de Navatrasierra (Walter, 1982).

La edad y significado estratigráfico de ambos conjuntos de unidades cuarcíticas dista mucho de haber sido aclarada, debido a la ausencia generalizada de fósiles en estas facies, que son atribuidas por diferentes autores al Ordovícico terminal, al límite Ordovícico-Silúrico, o bien al Silúrico basal.

En el presente trabajo se pasa revista a los aspectos cronoestratigráficos y de correlación de la Cuarcita de Criadero, a la luz de nuevos hallazgos paleontológicos que aportan nuevas precisiones a esta vieja cuestión.

Marco litoestratigráfico general

En Sierra Morena central y oriental, y en el área del Campo de Calatrava, los materiales del Ordovícico terminal están representados por las «Pizarras Chavera» (*Schistes Chavera* de Tamain, 1967), monótona sucesión pelítica con escasas intercalaciones arenosas a techo, de unos 80 a 120 m de potencia (Fig. 1). Esta unidad ha sido correlacionada por Robardet y Doré (1988) con las facies de «pelitas con fragmentos» del Ashgill superior nordgondwaniense, aportando argumentos para explicar la ausencia regional de cantos dispersos de origen glaciomarino (*dropstones*).

La Cuarcita de Criadero yace concordante sobre las Pizarras Chavera y presenta gran

continuidad lateral, además de una expresión geomorfológica destacada en todas las regiones. No obstante, a escala más local se advierten importantes variaciones en su espesor y constitución litológica, que en determinadas estructuras se producen incluso en distancias cortas (Gallardo Millán *et al.*, 1994). La potencia promedio (40-60 m) difiere, por ejemplo, entre los flancos norte (0-30 m) y sur (65-70 m) del sinclinal de Almadén; hay 25-50 m en los valles de Alcudía y Pedroches, 60-20 m en Sierra Morena Oriental y 6-70 m (promedio 10-30 m) en la zona de El Centenillo. En esta última región se reconocen los cambios laterales más fuertes, extensibles también a formaciones previas a la Cuarcita de Criadero (Tamain, 1972; Jacquin y Pineda, 1980; Gutiérrez-Marco y Pineda, 1988). Finalmente, en el área estudiada al noreste de Corral de Calatrava (Ciudad Real), la unidad oscila entre 4 y 10 m. de espesor (Portero *et al.*, 1988; Kappes, 1991).

La Cuarcita de Criadero da paso con un contacto neto, la mayor parte de las veces muy brusco, a las facies de pizarras negras graptolíticas de Telychiense (Fig. 1), reconocidas en todo el ámbito de suroeste de Europa. Sólo en contadas ocasiones puede reconocerse una cierta transición entre las dos unidades, representada por niveles de areniscas micáceas la-

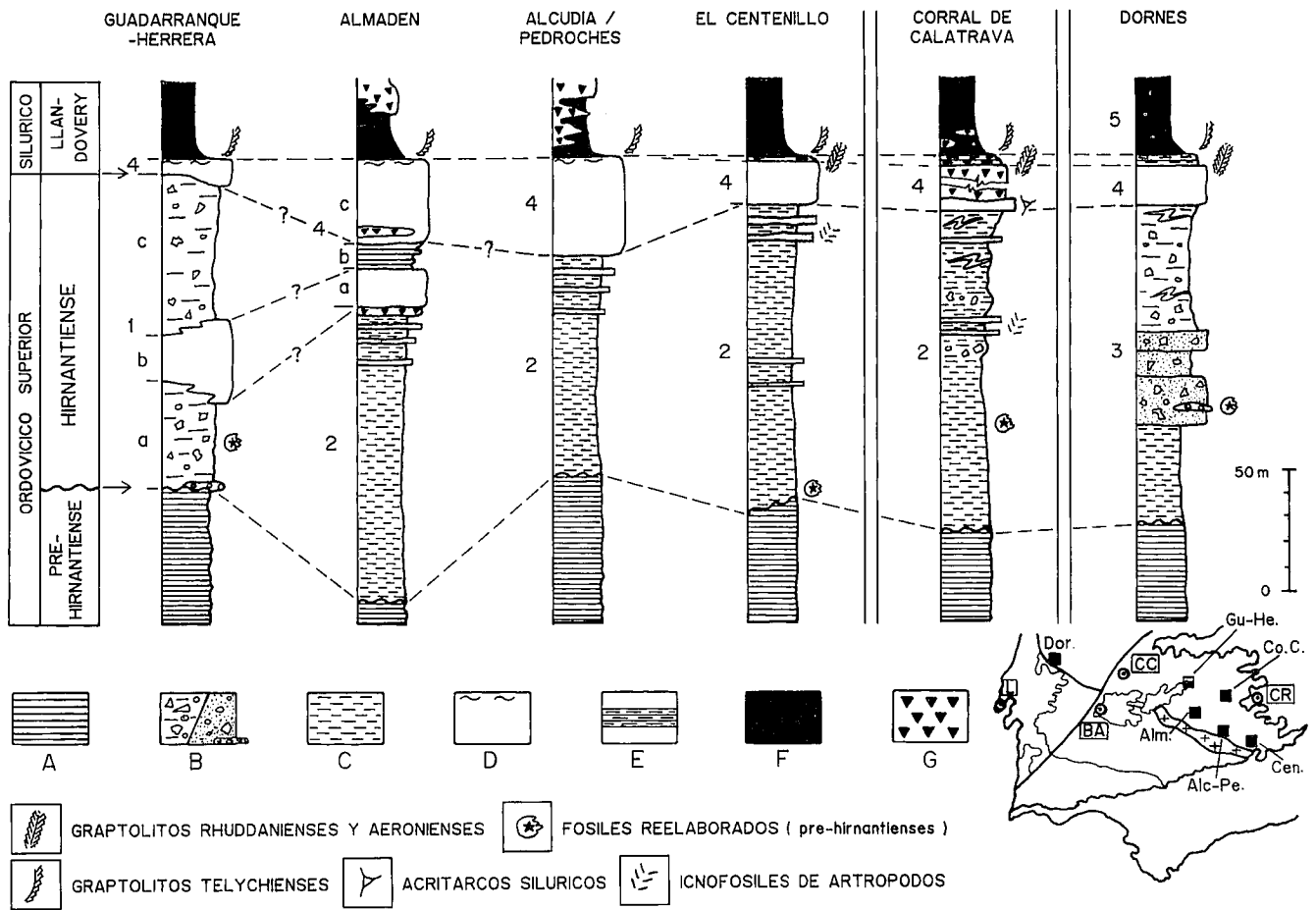


Fig. 1.- Gráfico de correlación entre las diversas unidades del límite Ordovícico-Silúrico en la Zona Centroibérica meridional, y comparación con las secciones de referencia de Corral de Calatrava y Dornes (Portugal): 1, Formación Gualija (a, Miembro Risquillo; b, Cuarcita de Las Majuelas; c, Mb. Navaldestajo); 2, Pizarras Chavera; 3, formaciones Ribeira da Laje y Casal Carvalhal; 4, Cuarcita de Criadero (a, Cuarcita Inferior; b, Pizarras intermedias; c, Cuarcitas Intermedias y Cuarcitas Superiores); 5, Fm. Foz da Serta. Litologías: A, areniscas, cuarcitas, pizarras y calizas de las unidades pre-Hirnantenses; B, areniscas y grauwacas con cantos, y niveles conglomeráticos; C, limolitas finas oscuras; D, cuarcitas en bancos; E, areniscas micáceas lajosas; F, sapropelitas negras («ampelitas graptolíticas»); G, rocas volcanoclásticas/sills subvolcánicos.

Fig. 1.- Proposed correlation between units close to the Ordovician/Silurian boundary in the southern part of the Central Iberian Zone, as a comparison with reference sections in Corral de Calatrava (Spain) and Dornes (Portugal). 1, Gualija Fm. (a, Risquillo Mb.; b, Las Majuelas Quartzite; c, Navaldestajo Mb.); 2, Chavera Shales; 3, Ribeira da Laje and Casal Carvalhal Fms.; 4, «Criadero Quartzite» (a, Lower Quartzite; b, Intermediate Shales; c, Intermediate and Upper Quartzites); 5, Foz da Serta Fm.. Lithologies: A, sandstones, quartzites, shales and limestones from pre-Hirnantian units (not represented in detail); B, mudstones and greywacques with pebbles, and conglomeratic horizon; C, dark fine siltstones; D, thick bedded quartzites; E, platy micaceous sandstones; F, black shales (graptolitic facies); G, volcanoclastic rocks/subvolcanic sills.

josas (negras o beige) en el techo de la Cuarcita de Criadero, que son las que contienen los primeros graptolitos. Este hecho, desconocido hasta hace menos de diez años, contribuye decisivamente a fijar una edad límite para el fin de la sedimentación arenosa; a los datos concretos del área de El Centenillo (Gutiérrez-Marco y Pineda, 1988) y la de Dornes (Brenchley *et al.*, 1991), se suman los resultados obtenidos en el nuevo punto descubierto en el sinclinal de Corral de Calatrava, que describiremos en el apartado siguiente.

La sucesión de los sinclinales de Guadarranque y Herrera del Duque es bastante dife-

rente a la que acabamos de referir en la parte más meridional de la ZCI, ya que la Cuarcita de Las Majuelas (de rasgos litológicos y aspecto muy parecidos a los de Criadero) constituye en este caso una intercalación (Miembro medio) en las facies de «grauwacas con fragmentos» de la Formación Gualija (Rodríguez Núñez, 1989): Fig. 1. Esta última representaría los depósitos diamictíticos glaciomarininos del Ordovícico terminal (Robardet *et al.*, 1980) y por lo tanto sería más antigua que la Cuarcita de Criadero de Sierra Morena centro-oriental, donde los equivalentes a la Formación Gualija quedan restringidos a las Piza-

rras Chavera infrayacentes (Robardet y Doré, 1988). No obstante, la Fm. Gualija está coronada por un segundo horizonte cuarcítico de espesor variable (1-15 m.) que, según San José *et al.* (1992), podría representar el auténtico equivalente de la Cuarcita de Criadero, y por encima del cual se sitúan también las pizarras negras graptolíticas (Fig. 1).

La nueva sección fosilífera

Cerca de la confluencia de los ríos Guadiana y Jabalón, a unos 3.5 km al noreste de Corral de Calatrava (Ciudad Real) puede ob-

servarse un corte representativo del «tránsito» entre la Cuarcita de Criadero y la base de la unidad ampelítica suprayacente (Fig. 1). La primera de estas unidades presenta una potencia muy reducida (5,3 m) y está dividida por una intercalación subvolcánica estratiforme que añade un espesor aparente de 37 m a la unidad cuarcítica. El techo de la Cuarcita de Criadero consiste en 1,8 a 2 m de areniscas negras finamente tableadas y micáceas en capas centimétricas con nódulos piritosos, que pasan hacia arriba a 0,9 m de limolitas arenosas negras en lajas muy finas y micáceas, con horizontes de areniscas subordinados. En los últimos 25 cm se han encontrado abundantes graptolitos, tanto en las limolitas como en las areniscas (niveles paleontológicos 7 y 8 del corte), donde se presentan acumulados y orientados por corrientes (Fig. 2C-2D).

Por encima, sigue un tramo de aproximadamente 1,5 m de potencia, que marca el paso a la unidad ampelítica suprayacente. Consta de lutitas carbonosas muy micáceas y oscuras, de grano grueso, con niveles lenticulares arenosos dispersos hacia su base y que se vuelven progresivamente ampelíticas y menos micáceas cerca del techo. También existen intercalaciones ferruginosas muy delgadas, correspondientes a areniscas de matriz rica en óxidos. Dentro de este tramo se localizan nuevos horizontes con graptolitos determinables, situados respectivamente a 10-30 cm (nivel 9), 30-85 cm (niveles 10-11), 85-115 cm (nivel 12) y 125 cm (nivel 13) por encima de su base.

A partir de estas lutitas micáceas con intercalaciones arenosas, la sucesión prosigue con las pizarras negras graptolíticas (ampelitas típicas). Sus horizontes basales contienen en el perfil estudiado una rica y variada asociación de estos fósiles, junto con raras piezas mandibulares de crustáceos filocáridos (niveles 14-15, entre 30 y 50 cm por encima de la base de las ampelitas).

Desde el punto de vista paleontológico, los horizontes 7 a 9 presentan una asociación monoespecífica constituida por un normalograptido cuyo rhabdosoma presenta una morfología muy similar a la de algunas especies rhuddanienses, y que hemos identificado como *Normalograptus cf. rectangularis* (McCoy): Fig. 2A-2B. Éste se diferencia de la forma nominal únicamente por su menor anchura relativa (1,8 a 2 mm frente a 2,0 a 2,5 mm), y es claramente más robusto que *N. normalis* (Lapworth), que también posee una muesca en la base de la pared supragenicular de la teca ¹, ausente en nuestro material. El aspecto de algunos ejemplares recuerda superficialmente a *Raphidograptus toernquisti* (Elles y Wood), pero el extremo proximal del rhabdosoma es siempre biserial y se prolonga en una virgella simple, sin dobleces helicoidales.

Normalograptus cf. rectangularis (McCoy) es todavía abundante en los horizontes graptolíticos siguientes (10 y 11), pero en estos casos se presenta asociado a *Monograptus lobiferus* (McCoy) y a *Coronograptus?* sp., monograptidos uniseriales que aportan la clave para estimar la asignación cronoestratigráfica de los tres niveles fosilíferos precedentes. En ausencia de otros datos, los horizontes monoespecíficos basales 7 a 9 hubieran sido atribuidos muy probablemente al Rhuddaniense-Aeroniense basal (Llandovery inferior a medio), ya que *N. rectangularis* y otras formas similares del género abundan típicamente en estas edades. Sin embargo, su asociación con *M. lobiferus* indica con claridad una edad Aeroniense para el tercer nivel fosilífero (nº 9), extensible muy probablemente a los niveles previos, dado que el rango temporal alcanzado por esta última especie abarca desde las biozonas Argenteus a Sedgwickii (parte media y superior del Aeroniense, con gran apogeo en la biozona Convolutus: Rickards, 1976). Por otro lado, el registro más moderno de *N. rectangularis* ocurre en Bohemia (Štorch, 1994), donde ha sido citado en la biozona Convolutus y con dudas en la biozona Simulans (aproximadamente equiparable a la biozona Argenteus). Estos datos refuerzan la atribución al Aeroniense de los presentes hallazgos, aunque no es posible expresarla en términos de biozonas concretas de graptolitos.

Los siguientes niveles fosilíferos corresponden ya al Telychiense basal, con lo que el límite Aeroniense-Telychiense estaría situado entre 20 y 30 cm por encima de la base del tramo de transición entre la Cuarcita de Criadero y las ampelitas más típicas (entre los horizontes paleontológicos 11 y 12). Los niveles 12 y 13 contienen aproximadamente la misma asociación, constituida por *Petalograptus elongatus* Bouček y Příbyl, *P. cf. palmeus* (Barrande), *Metaclimacograptus* sp., *Pseudoretiolites cf. dentatus* Bouček y Münch, *Monograptus marri* Perner, *M. cf. becki* (Barrande), *Spirograptus cf. guerichi* Loydell, Štorch y Melchín, *Torquigraptus planus* (Barrande), *T. cf. contortus* (Perner), *T. aff. proteus* (Barrande), *Pristiograptus pristinus* Příbyl, *Pr. cf. variabilis* (Perner), *Rastrites gracilis* Příbyl, *R. cf. schaueri* Štorch y Loydell, y *Diversograptus* sp. La asociación es asignable en su conjunto a la sub-biozona Palmeus de la biozona Linnaei del Telychiense basal. Sin embargo, la sub-biozona Runcinatus-Gemmatus (base del Telychiense), que precede normalmente a la de Palmeus, no ha podido ser caracterizada entre los horizontes 11 y 12, aunque en esta posición existe un nivel ferruginoso que podría representar un hiato sedimentario de duración equivalente.

Por lo que respecta a los graptolitos identificados en la base de la unidad ampelítica

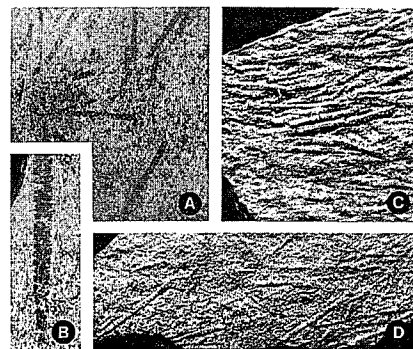


Fig. 2.- Graptolitos de la Cuarcita de Criadero en Corral de Calatrava (Ciudad Real), procedentes de los horizontes 7 (B, D) y 8 (A, C) del corte. A-B, *Normalograptus cf. rectangularis* (McCoy); varios rhabdosomas (A, x 0,5) y detalle de una colonia carente del extremo proximal (B, x 1). C-D, acumulaciones de rhabdosomas ligadas a corrientes (x0,5)

Fig. 2.- Graptolites from the levels 7 (B, D) and 8 (A, C) of the «Criadero Quartzite» in Corral de Calatrava (province of Ciudad Real). A-B, several rhabdosomes of *Normalograptus cf. rectangularis* (McCoy) (A, x 0,5) and detail of a colony lacking proximal end (B, x 1). C-D, rhabdosomes in sandstones, accumulated by currents (both x 0,5)

propriadamente dicha, la asociación registrada en los niveles 14 y 15 corresponde claramente a la biozona Linnaei del Telychiense basal, pero en este caso la ausencia de formas características impide precisar si se trata de la sub-biozona Palmeus o de la superior a ésta (sub-biozona Hispanicus). Las formas presentes en estos niveles son: *S. guerichi*, *Stimulograptus halli* (Barrande), *M. marri*, *T. planus*, *Pr. pristinus*, *Pr. cf. variabilis*, *R. cf. schaueri*, *Glyptograptus incertus* Elles y Wood, y *Metaclimacograptus* sp.

Correlación

En la Fig. 1 se propone una correlación general de las unidades lutíticas, grauváquicas y cuarcíticas registradas en torno al límite Ordovícico-Silúrico en la zona surcentroibérica. Las Pizarras Chavera se atribuyen al Hirnantense por su correlación lateral con las facies de las «pelitas con fragmentos» (Robardet y Doré, 1988), representadas también en niveles discretos de la unidad en la sección de Corral. Aunque las Pizarras Chavera han sido consideradas tradicionalmente como «azolicas», existen dos hallazgos importantes de fósiles que deben ser aclarados, ya que han tenido cierta repercusión en la literatura geológica posterior, donde han sido invocados para

demostrar una edad contradictoria (ordovícica para unos, silúrica para otros) de la unidad. El primero es la mención de diversas especies de graptolitos ordovícicos en El Centenillo (Del Pan *in* Ríos Aragüés, 1978), que en realidad son icnofósiles. El otro se refiere a la rica asociación de acritarcos silúricos citada por Hafnerichter (1980) en la parte más alta de las Pizarras Chavera. La muestra micropaleontológica procede del mismo perfil estudiado por nosotros en Corral de Calatrava y se sitúa realmente en las areniscas de los niveles basales de la Cuarcita de Criadero. Las restantes citas de restos fósiles indeterminables presentes en la unidad pizarrosa, así como en la Fm. Gualija correlacionable, corresponden a elementos reelaborados, heredados de materiales más antiguos.

San José *et al.* (1992) apuntan la posibilidad de que el conjunto formado por los miembros inferior y medio de la Cuarcita de Criadero en Almadén pudieran asociarse al ciclo del Ordovícico terminal, por sus semejanzas con la «tríada» sedimentaria de la Fm. Gualija. Por lo demás, el depósito de la Cuarcita de Criadero típica parece situarse en el Rhuddaniense y Aeroniense (Llandovery inferior y medio). Aparte de la asociación basal de acritarcos y de raros indicios de bivalvos mencionados al sur del valle de Alcuña, la unidad sólo es fosilífera en tres localidades centroibéricas en los niveles próximos al techo. Los datos nuevos aportados en este trabajo se suman así al sondeo «Fabriquilla» de El Centenillo, con graptolitos aeronienses entre 1 y 1,20 m bajo el techo de la Cuarcita de Criadero (Gutiérrez-Marco y Pineda, 1988), y a la zona de Dornes (Portugal), donde Brenchley *et al.* (1991) encuentran asociaciones sucesivas de graptolitos rhuddanienses y aeronienses entre 1 y 4,5 m por debajo de las ampelitas telychienses. Estos datos concuerdan perfectamente con los obtenidos en Corral de Calatrava y son de todo punto de vista comparables a los derivados de otras unidades cuarcíticas correlacionables que han proporcionado también graptolitos. Nos referimos a la «Cuarcita de los Puertos» (= Cuarcita Blanca, Cuarcita Valentiense) de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, que contiene en su parte superior asociaciones sucesivas del Rhuddaniense y Aeroniense (Gutiérrez-Marco y Štorch, 1995). Como ocurre con la Cuarcita de Criadero, también en la parte más elevada de aquella unidad se constatan numerosas superficies de omisión y erosión de material previamente depositado.

Con respecto a la base de la sucesión ampelítica, los numerosos datos obtenidos por los autores en el conjunto de la región surcentroibérica indican que los primeros niveles de ampelitas corresponden como mucho al Telychiense basal (Sub-biozona Palmeus), identificado en los sinclinales de Almadén, Gua-

dalmez y Corral, y en Sierra Morena Oriental. La presencia de *Stimulograptus sedgwickii* (Portlock) y de otras formas aeronienses en las ampelitas centroibéricas había sido señalada por autores precedentes (Haberfelner, 1931; Almela *et al.*, 1962; Saupé, 1971; Tamain, 1972; Gutiérrez-Marco y Pineda, 1988), pero según nuestra revisión reciente de las localidades mencionadas, corresponden en todos los casos a confusiones con formas telychienses (*S. halli* y otros).

Conclusiones

La Cuarcita de Criadero y equivalentes regionales carecen, de momento, de elementos directos de datación.

Considerada como unidad ubicua a escala regional, su base sería moderadamente diacrónica, aunque siempre acotada entre el Hirnantense tardío y la base del Silúrico.

En cuanto a la acotación superior del techo conservado de la citada Cuarcita, hay que considerar las dos formas de contacto con las ampelitas suprayacentes. Así, en el sector central del área estudiada este contacto es neto, ocultando un probable hiato de amplitud desconocida, localmente asociado a costras ferruginosas o a pequeños episodios erosivos. Los niveles ampelíticos que sellan este hiato presentan en su misma base graptolitos del Telychiense basal (Sub-biozona Palmeus de la Biozona Linnaei). En cambio, en sectores periféricos (Corral de Calatrava, Dornes, El Centenillo), por debajo del hiato (¿posiblemente menor?) la Cuarcita termina con hasta 3-4 m de areniscas lajosas progresivamente limosas, cuya edad es Aeroniense en virtud de los graptolitos presentes. Del mismo modo, el hiato es sellado por ampelitas con las asociaciones de la Sub-biozona Palmeus antecitada.

Una consecuencia indirecta de nuestro estudio sería la acotación cronológica superior de la edad de la mineralización de mercurio asociada a la Cuarcita de Criadero en Almadén, que sería muy probablemente de edad aeroniense tardía si se considera el carácter singenético postulado por diversos autores (Saupé, 1973, 1990; Higuera, 1995; Jébrak y Hernández, 1995), siendo en todo caso pre-Telychiense (Biozona Linnaei)

Agradecimientos

Al Dr. M. Robardet (CNRS, Rennes) por comunicarnos amablemente la situación del nuevo perfil fosilífero; al Dr. S. Ríos (ITGE, Zaragoza) por su ayuda en la relocalización de los fósiles de las Pizarras Chavera de El Centenillo, y a Uly Martín por las fotografías. Este trabajo es una contribución a los proyectos AMB92-1037-C02-01 de la CICYT y 351 del PICG (IUGS-UNESCO).

Referencias

- Almela, A., Alvarado, M., Coma, J., Felgueroso, C. y Quintero, I. (1962): *Bol. I.G.M.E.*, 73, 195-328
- Brenchley, P.J., Romano, M., Young, T.P. & Štorch, P. (1991): *Geol. Surv. Canada, Pp.* 90-9, 325-336
- Gallardo Millán, J.L., Higuera, P. y Molina, J.M. (1994): *Bol. Geol. Min.*, 105, 135-145
- Gil Cid, M.D., Gutiérrez Elorza, M., Romariz, C. y Vegas, R. (1976): *Com. Serv. Geol. Portugal*, 60, 17-29
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Pineda, A. (1988): *II Congr. geol. España*, 1, 91-94
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Štorch, P. (1995): *Graptolite News*, 8, 35-36
- Haberfelner, E. (1931): *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges.*, 43, 19-66
- Hafnerichter, M. (1980): *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 160, 138-148
- Henke, W. (1926): *Abh. senckenberg. naturf. Ges.*, 39, 183-216
- Higuera, P. (1995): *Col. Tesis Doctorales, Univ. Castilla-La Mancha*, 33, 368 p. (en microficha)
- Jacquin, J.P. y Pineda, A. (1980): *Studia geologica Salmanticensis*, 16, 59-70
- Jébrak, M. y Hernández, A. (1995): *Mineralium Deposita*, 30, 413-423
- Kappes, A. (1991): *Diplomarbeit Univ. Würzburg*, 144 p. (Inéd.)
- Portero, J.M., Ancochea, E., Gallardo, J. y Pérez-González, A. (1988): *Hoja n° 784, MAGNA 1:50000, 2ª ser.*, 101 p.
- Richter, P. (1967): *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, 3, 1-144
- Rickards, R.B. (1976): *Geol. J.*, 11, 153-188
- Ríos Aragüés, S. (1978): *Bol. Geol. Min.*, 79, 550-561
- Robardet, M. & Doré, F. (1988): *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 66, 19-31
- Robardet, M., Vegas, R. y Paris, F. (1980): *Studia Geologica Salmanticensis*, 16, 103-121
- Rodríguez Núñez, V.M. (1989): *Tesis de Licenciatura, Univ. Complutense*, 199 p. (Inéd.)
- San José, M.A. de, Rábano, I., Herranz, P. y Gutiérrez-Marco, J.C. (1992): *In Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J. y Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América*, Univ. Extremadura, 505-521
- Saupé, F. (1971): *Mém. B.R.G.M.*, 73, 355-365
- Saupé, F. (1973): *Mém. Sci. Terre*, Nancy, 29, 1-342
- Saupé, F. (1990): *Econ. geol.*, 85, 482-510
- Štorch, P. (1994): *Geol. J.*, 29, 137-165
- Tamain, G. (1967): *C.R. Acad. Sc. Paris*, D265, 389-392
- Tamain, G. (1972): *Trav. Lab. géol. structur. appl. Orsay*, 99c, 1-369
- Walter, R. (1982): *Münster. Forsch. Geol. Paläont.*, 56, 1-28