

# Bioestratigrafía (graptolitos) del límite Ordovícico-Silúrico en los Pirineos orientales (curso alto del río Segre, Lleida)

*Graptolite biostratigraphy of the Ordovician-Silurian boundary in the eastern Pyrenees (upper Segre valley, Lleida, NE Spain)*

Josep Roqué Bernal<sup>1</sup>, Petr Štorch<sup>2</sup> y Juan Carlos Gutiérrez-Marco<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Geólogo. Sant Benilde 8, 2<sup>o</sup>-1<sup>a</sup>, 43006 Tarragona (España). josep.roque.bernal@gmail.com

<sup>2</sup> Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic, 165 00 Praha 6 (República Checa). storch@gli.cas.cz

<sup>3</sup> Instituto de Geociencias (CSIC-UCM) y Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid (España). jcgprpto@ucm.es

## ABSTRACT

A unique graptolitic black-shale section ranging across the Ordovician-Silurian boundary interval has been found in the Pyrenees (NW Spain), at Riu de Quer locality, east of the town of Estana (province of Lleida). The Ordovician-Silurian boundary was identified 2.20 m above the top of the Bar Quartzite. Upper Hirnantian graptolites of the *Metabolograptus persculptus* Biozone and subsequent "pre-ascensus graptolite fauna" are common below the lowest occurrence of *Akidograptus ascensus* and associated taxa of the basal Silurian A. *ascensus* Biozone. The section is rather exceptional in Gondwanan Europe, where the post-glacial Hirnantian graptolites are extremely rare. *Rickardsograptus? bifurcus* recorded among the earliest Silurian taxa is an exotic element so far known only from China and the Carnic Alps of Austria.

**Key-words:** Pyrenees, Axial Zone, Graptolites, Ordovician-Silurian boundary, Spain.

## RESUMEN

Se presenta una sección de pizarras negras graptolíticas donde, por vez primera en España, se registra de manera continua el límite Ordovícico-Silúrico. El perfil se localiza al este de Estana (Lleida), en la Zona Axial pirenaica. El límite se localiza 2,20 m por encima del techo de la Cuarcita de Bar, cuya edad ordovícica queda aquí demostrada. Las asociaciones de graptolitos del Hirnantense superior pertenecen a la Biozona de *Metabolograptus persculptus* y a la llamada "fauna pre-ascensus", en tanto que los graptolitos del Silúrico basal corresponden a la Biozona de *Akidograptus ascensus*. El descubrimiento de esta sección es bastante excepcional en las plataformas del sur de Gondwana, donde los graptolitos post-glaciares son extremadamente raros. Entre las formas silúricas, se presenta el tercer hallazgo mundial de la especie *Rickardsograptus? bifurcus*, definida en China y reconocida también en los Alpes Cárnicos de Austria.

**Palabras clave:** Pirineos, Zona Axial, Graptolitos, Límite Ordovícico-Silúrico, España.

*Geogaceta*, 61 (2017), 27-30  
ISSN (versión impresa): 0213-683X  
ISSN (Internet): 2173-6545

Recepción: 11 de julio de 2016  
Revisión: 3 de noviembre de 2016  
Aceptación: 25 de noviembre 2016

## Introducción

La situación del límite Ordovícico-Silúrico, en la sucesión paleozoica de los Pirineos, ha sido objeto de debate por la ausencia de fósiles que pudieran determinar su posición. Los graptolitos más antiguos mencionados en diversas localidades de los Pirineos centrales y orientales se remontan como mucho al Rhudaniense medio-superior o al Aeroniense (Roussel, 1904; Dalloni, 1930; Boissevain, 1934; Dégardin, 1988, 1990), un rango coincidente con el registro de los primeros conodontos silúricos (Sanz López y Sarmiento, 1995). Hasta el momento, los materiales referidos a los ciclos sedimentarios del Hirnantense sin- y post-glacial (Gil-Peña *et al.*,

2000, 2001, 2004) tan sólo contienen fósiles heredados de unidades más antiguas. Es el caso de los braquiópodos señalados por Hartevelt (1970) hacia la base de la Cuarcita de Bar, que en realidad proceden de la denudación parcial de la Caliza de Estana (Kralodvoriense) y de su infrayacente Formación Cava (Berouniense superior), de acuerdo con la revisión taxonómica aportada por Villas (en Gil-Peña *et al.*, 2004).

No obstante, muchos autores han utilizado la Cuarcita de Bar de Hartevelt (1970), como un referente estratigráfico para ubicar tentativamente la posición del límite Ordovícico-Silúrico en los Pirineos centrales y orientales. Se trata de una formación arenosa discontinua (0-18 m) de

carácter transgresivo, que viene precedida por una importante discontinuidad sedimentaria (Gil-Peña *et al.*, 2001, 2004), y a su vez antecede al depósito de las pizarras negras con graptolitos del Llandovery, con las que mantiene un contacto bastante neto. En cuanto al citado límite, Schmidt (1931) y Boissevain (1934) lo situaron tentativamente en la base de la cuarcita; Hartevelt (1970), Dégardin *et al.* (1995) y Casas (2010) lo representan justo a techo de la misma, y a partir de Gil-Peña *et al.* (2001) muchos autores lo marcan aproximadamente dentro de la Cuarcita de Bar (Gil-Peña *et al.*, 2004; Gil-Peña y Barnolas, 2007; Casas y Palacios, 2012), por analogía con las cuarcitas que suceden a las diamic-

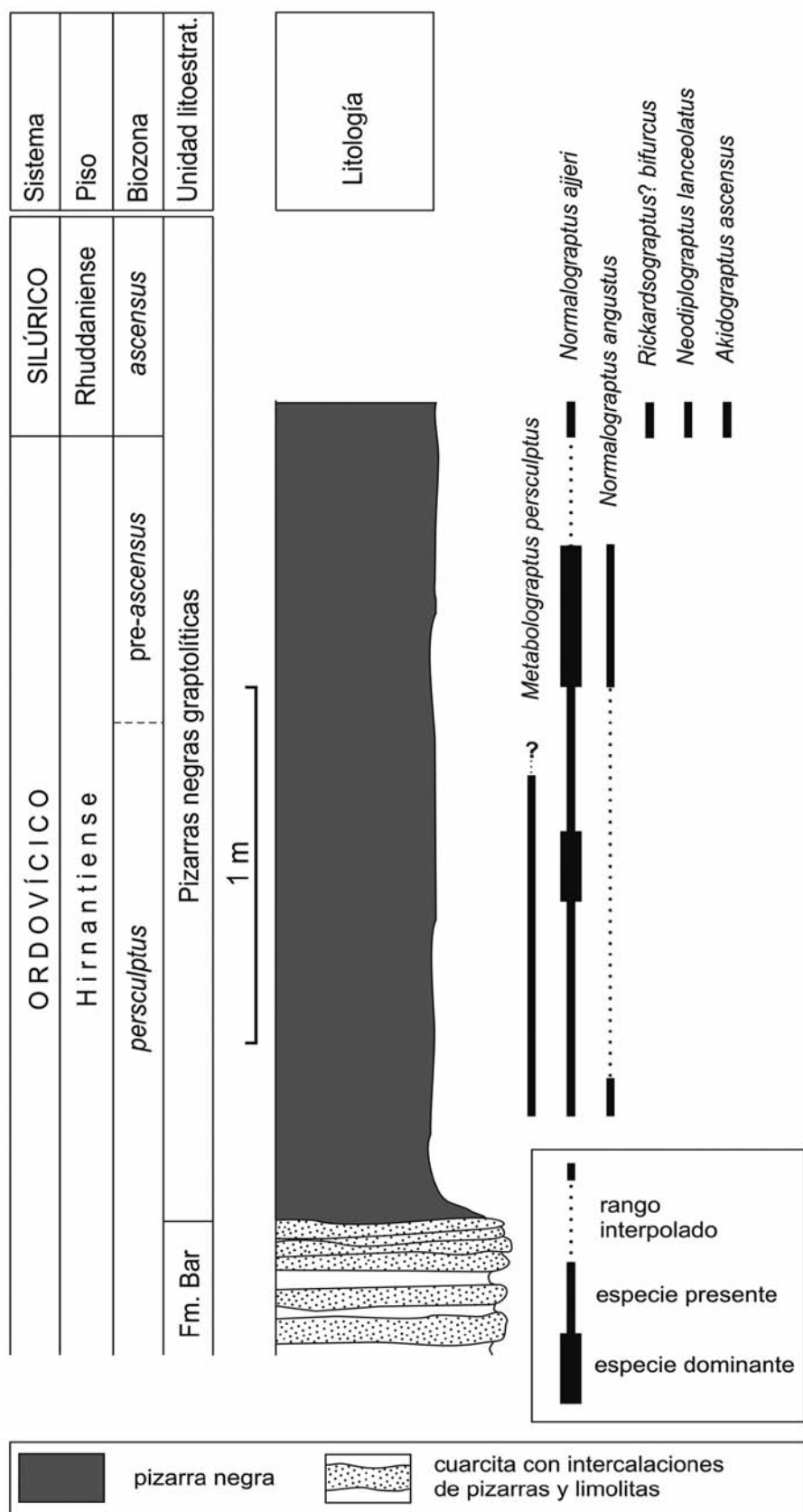


Fig. 1.- Columna estratigráfica esquemática de la sección del límite Ordovícico-Silúrico en Riu del Quer, al este de Estana (Lleida), mostrando la distribución vertical y la abundancia relativa de las distintas especies de graptolitos.

Fig. 1.- Simplified stratigraphic log of the Ordovician-Silurian boundary section at Riu del Quer, to the east of Estana (province of Lleida), showing the vertical distribution and the relative abundance of the main graptolite taxa.

titas hirnantianes en otros ámbitos del Macizo Armoricano, y que contienen tanto fósiles hirnantianes como rhuddanienses.

El presente trabajo aporta el descubrimiento de una importante sección fosilífera que permite fijar por vez primera la posición del límite Ordovícico-Silúrico en los Pirineos, ubicándolo cerca de la base de las pizarras con graptolitos, a corta distancia del techo de la Cuarcita de Bar.

### Marco geológico

La sección estudiada se sitúa en la ladera oriental del Riu del Quer, ubicado en la margen izquierda del río Segre entre las localidades de Querforadat y Estana (Lleida), en plenos antemontes de la Sierra del Cadi. Al borde de un sendero de montaña y en un paraje boscoso, el afloramiento destaca por un pequeño asomo de la Cuarcita de Bar, justo al pie de una ladera sin vegetación formada por detritos de las pizarras con graptolitos (coordenadas geográficas para la base del Silúrico: lat. 42° 18' 51,65" N; long. 1° 39' 2,68" O). De un modo más concreto, la localidad se sitúa 400 m al sur del yacimiento nº 68 de Dégardin (1988, fig. 203), donde este autor mencionó el hallazgo de 19 formas distintas de graptolitos representativas de todo el Aeroniense. Como antecedentes de otros hallazgos de graptolitos silúricos en el entorno de Querforadat y Estana, en un rango Llandovery-Wenlock, citamos los trabajos de Roussel (1904) y Dalloni (1930), aparte de aquellos puntos suplementarios estudiados por el propio Dégardin (1988).

A partir del techo de la Cuarcita de Bar (Fig. 1), la sección comienza con 0,15 m de pizarras negras algo micáceas y sin graptolitos identificables. Le siguen 2,05 m de pizarras negras típicas, con presencia casi continua de graptolitos, previos al registro en la sección de *Akidograptus ascensus* Davies (Fig. 2F). La primera aparición de este graptolito en el corte de Dob's Linn (Escocia) constituye el estratotipo de límite global (GSSP) para el Sistema Silúrico (Subcommission on Silurian Stratigraphy, 2007), por lo que si aplicáramos el mismo criterio el límite Ordovícico-Silúrico se situaría en la sección del Riu del Quer aproximadamente 2,20 m por encima del techo de la Cuarcita de Bar.

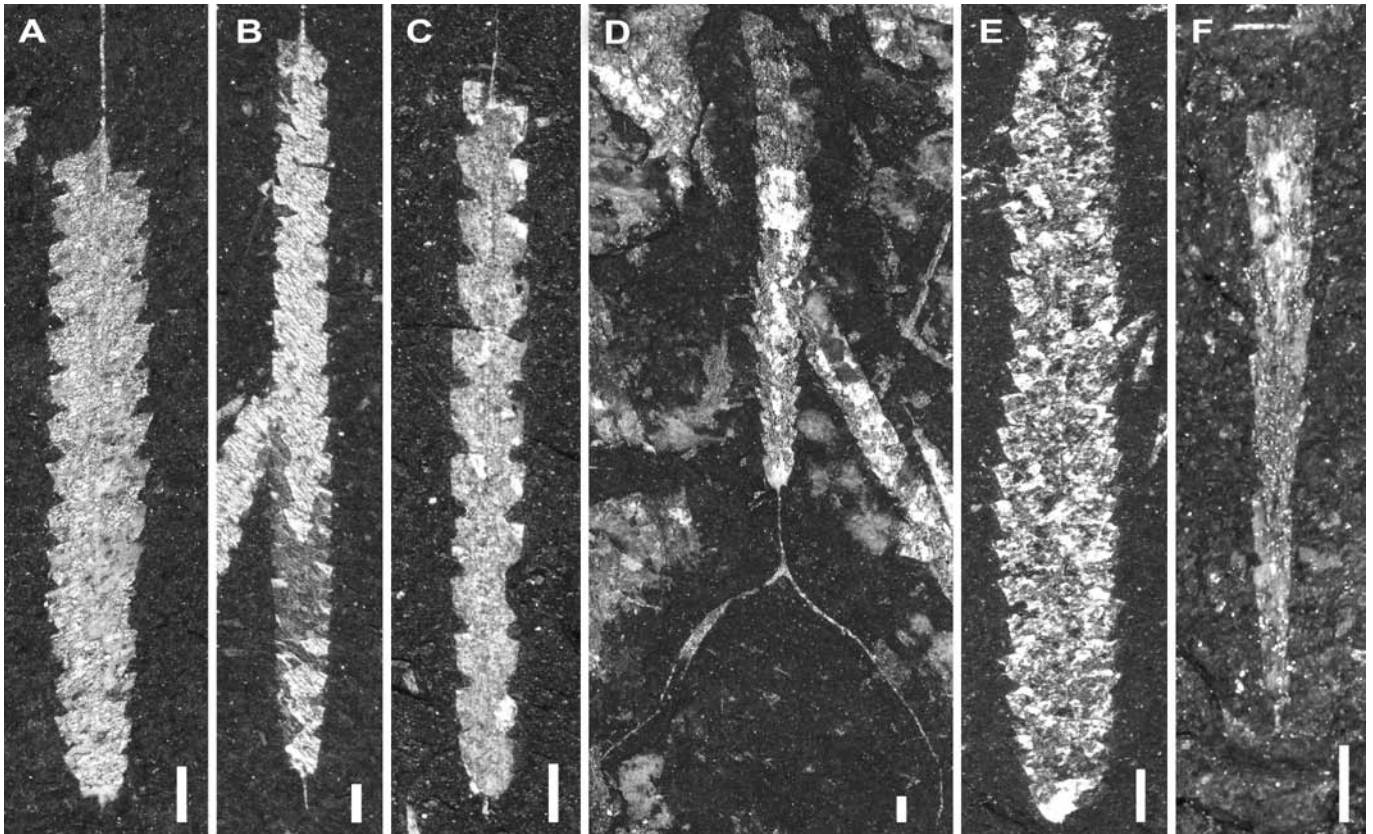


Fig. 2.- Graptolitos del límite Ordovícico-Silúrico en la sección de Riu del Quer (este de Estana, Lleida). A) *Metabolograptus persculptus* (Elles y Wood); B) *Normalograptus ajjeri* (Legrand); C) *Normalograptus angustus* (Perner); D) *Rickardsograptus? bifurcus* (Mu et al.); E) *Neodiplograptus lanceolatus* Štorch y Serpagli; F) *Akidograptus ascensus* Davies. Escalas gráficas, 1 mm.

Fig. 2.- Graptolites from the Ordovician-Silurian boundary beds at the Riu del Quer section (east of Estana, province of Lleida). A) *Metabolograptus persculptus* (Elles and Wood); B) *Normalograptus ajjeri* (Legrand); C) *Normalograptus angustus* (Perner); D) *Rickardsograptus? bifurcus* (Mu et al.); E) *Neodiplograptus lanceolatus* Štorch and Serpagli; F) *Akidograptus ascensus* Davies. Scale bars, 1 mm.

## Resultados bioestratigráficos

En la columna estratigráfica de la figura 1 avanzamos el rango vertical de las especies por el momento identificadas, a las que se unirán en trabajos posteriores otras formas actualmente en estudio. El registro de graptolitos bien conservados se inicia 0,30 m por encima del techo de la Cuarcita de Bar y continúa hasta los 2,30 m sin fallas ni hiatos sedimentarios apreciables. Esta asociación inferior de graptolitos se reparte en dos biozonas. La más antigua se define por la extensión vertical de *Metabolograptus persculptus* (Elles y Wood) (Fig. 2A), una especie cosmopolita que nomina la zona estándar equivalente al Hirnantense tardío, y que se corresponde con las postrimerías del intervalo glacial y parte del post-glacial de la glaciación finiordevónica. La segunda asociación de graptolitos postdata la desaparición de *M. persculptus* en la sección, y precede al primer registro de *A. ascensus*, que define internacionalmente la base del Silúrico. Este "interregnum" bioestratigráfico entre la extinción

global de *M. persculptus* y la primera aparición de *A. ascensus* ha sido constatado en otras áreas mundiales (Ártico canadiense, Sáhara argelino y mauritano, suroeste de Suecia, Uzbekistán, Kazajistán, etc.: Koren *et al.*, 2003, con referencias) y define provisionalmente la llamada "fauna pre-*ascensus*", que representaría el Ordovícico terminal.

Dos de las especies reconocidas en el intervalo post-*persculptus* tienen un rango más amplio que el del propio límite Ordovícico-Silúrico. Es el caso de *Normalograptus ajjeri* (Legrand) (Fig. 2B), una forma común en el Hirnantense medio-superior y Rhuddaniense inferior del norte de África y Oriente Medio, así como del centro, oeste y sur de Europa. La segunda especie es la forma cosmopolita *Normalograptus angustus* (Perner) (Fig. 2C), cuya extensión vertical abarca desde el Katiense superior hasta el Rhuddaniense inferior.

La asociación más antigua del Silúrico se inscribe en la Biozona de *Akidograptus ascensus*, caracterizada por su taxón nominal y donde continúa la representación de *N. ajjeri*. A estos dos graptolitos se suman

aquí las formas *Neodiplograptus lanceolatus* Štorch y Serpagli (Fig. 2E) y *Rickardsograptus? bifurcus* (Mu *et al.*) (Fig. 2D). *N. lanceolatus* abunda en el Silúrico basal de la Europa perigondwánica, concretamente en la Biozona de *A. ascensus* y en la parte media-baja de la Biozona de *Parakidograptus acuminatus* (Rhuddaniense inferior). En cuanto a *R.? bifurcus*, se trata de una especie de rango muy corto, restringido hasta el momento al Silúrico basal de China y Austria (Štorch y Schönlaub, 2012).

En definitiva, las tres biozonas caracterizadas en la parte inferior de las pizarras negras con graptolitos, del valle alto del río Segre, representan una sucesión continua del límite Ordovícico-Silúrico, que se localiza 2,20 m por encima de la Cuarcita de Bar en la sección del Riu del Quer (al este de Estana, Lleida)

## Conclusiones

El hallazgo de graptolitos ordovícicos por encima de la Cuarcita de Bar entre las localidades de Querforadat y Estana, con-

firma la edad enteramente ordovícica de dicha unidad en este sector de la parte meridional de los Pirineos orientales. El descubrimiento de la especie *Metabolograptus persculptus*, característica del Hirnantense superior, representa su primera cita en el suroeste europeo y se une a otros raros hallazgos de la misma en Mauritania, Argelia, Jordania, Bohemia (República Checa), Sajonia (Alemania), Bulgaria y los Alpes Cárnicos austriacos, pertenecientes a latitudes gondwánicas elevadas.

La caracterización de una biozona de graptolitos post-*M. persculptus* y pre-*A. ascensus* constituye un hecho singular, comparable con los escasos registros de graptolitos posteriores a la glaciación conocidos, dentro del ámbito gondwánico, únicamente en Mauritania (Underwood *et al.*, 1998).

Entre los graptolitos de la Biozona de *A. ascensus*, *Rickardsograptus? bifurcus* se cita por segunda vez fuera de China, y en un horizonte ligeramente más antiguo que su hallazgo en los Alpes Cárnicos, donde fue detectado en la parte baja de la Biozona de *P. acuminatus* (Štorch y Schönlaub, 2012).

Por último, los datos bioestratigráficos aquí obtenidos descartan la posible correlación, apuntada por Gil-Peña *et al.* (2001, p. 60), de la Cuarcita de Bar con el tramo de cuarcitas, pizarras y areniscas representado en el valle del río Freser (Girona), donde Sanz López y Sarmiento (1995) encontraron algunos conodontos del Rhud-

daniense-Aeroniense en un contexto estructural complejo, con multitud de fallas e imbricaciones tectónicas.

### Agradecimientos

A Carlos Alonso (Universidad Complutense de Madrid) por las fotografías; y a los revisores científicos Dres. J.M. Casas (Universidad de Barcelona) y J.I. Valenzuela-Ríos (Universidad de Valencia), por sus acertados comentarios y sugerencias. Este artículo es una contribución a los proyectos CGL2012-39471 (MINECO) y PICG 653 (IUGS-UNESCO).

### Referencias

- Boissevain, H. (1934). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse* 66, 33-170.
- Casas, J.M. (2010). *Geological Magazine* 147, 674-689.
- Casas, J.M. y Palacios, T. (2012). *Comptes Rendus Geoscience* 344, 50-56.
- Dalloni, M. (1930). *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille* 26, 1-373.
- Dégardin, J.-M. (1988). *Société Géologique du Nord*, Publication 15, 506 p.
- Dégardin, J.M. (1990). *Journal of the Geological Society* 147, 687-692.
- Dégardin, J.M. (Coord.) y 22 autores (1995). En: *Synthèse géologique et géophysique des Pyrénées* 1 (A. Barnolas y J.C. Chiron, Eds.). BRGM-ITGE, 211-233.

Gil-Peña, I. y Barnolas, A. (2007). En: *IGCP Project 503. Regional Meeting and Fieldtrip*. Publicaciones Universidad de Zaragoza, 11-12.

Gil-Peña, I., Sanz-López, J., Barnolas, A. y Clariana, P. (2000). *Geotemas* 1, 187-190.

Gil-Peña, I., Barnolas, A., Sanz-López, J., García-Sansegundo, J. y Palau, J. (2001). *Geogaceta* 29, 57-60.

Gil-Peña, I., Barnolas, A., Villas, E. y Sanz-López, J. (2004). En: *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.). SGE-IGME, Madrid, 247-249.

Hartevelt, J.J.A. (1970). *Leidse Geologische Mededelingen* 45, 167-236.

Koren, T.N., Ahlberg, P. y Nielsen, A.T. (2003). *INSUGEO, Serie Correlación Geológica* 18, 133-138.

Roussel, J., 1904. *Bulletin des Services de la Carte Géologique de la France*, 52, 279-302.

Sanz López, J. y Sarmiento, G.N. (1995). En: *XI Jornadas de Paleontología*, Tremp, 157-160.

Schmidt, H. (1931). *Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematik-Physik Klasse 3 [H 5]* 8, 981-1065.

Štorch, P. y Schönlaub, H.-P. (2012). *Bulletin of Geosciences* 87, 755-766.

Subcommission on Silurian Stratigraphy (2007). *Silurian Times* 14, 10-1

Underwood, C.J., Deynoux, M. y Ghienne, J.-F. (1998). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 142, 91-105.