

El Pintado (Geoparque Mundial de la UNESCO Sierra Morena de Sevilla), séptimo Estratotipo Global de Límite ubicado en España y primero de Andalucía (GSSP Telychiense, Llandovery: Sistema Silúrico)

El Pintado (base Telychian GSSP, Llandovery: Silurian System), seventh Global Boundary Stratotype Section and Point located in Spain and first in Andalusia (Sierra Morena de Sevilla UNESCO Global Geopark)

Juan Carlos Gutiérrez-Marco^{1*}, David K. Loydell², Petr Štorch³ y Jiří Frýda⁴

¹Instituto de Geociencias (CSIC, UCM) y Área de Paleontología, Dpto. GEODESPAL, Facultad CC. Geológicas, José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid. jcgrapto@ucm.es.
ORCID 0000-0003-4213-6144

²School of the Environment, Geography and Geosciences, University of Portsmouth, Burnaby Road, Portsmouth PO1 3QL, Gran Bretaña. david.loydell@port.ac.uk.
ORCID 0000-0003-3967-0047

³Institute of Geology CSA, Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, República Checa. storch@gli.cas.cz.
ORCID 0000-0001-9653-8734

⁴Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, and Czech Geological Survey, Klárov 3, 118 21 Praha 1, República Checa. bellerophon@seznam.cz.
ORCID 0000-0003-2410-3293
*corresponding author

ABSTRACT

In January 2024, the IUGS ratified the proposal of the ICS to designate in southern Spain a replacement GSSP for the base of the Telychian Stage (Silurian System). The previous GSSP for the same stage was established in 1985 in the historical type Llandovery area of southern Wales (UK), but the significant level of imprecision in its definition for the purposes of high-resolution biostratigraphical correlation and the discovery of a sedimentary mélange demonstrated that it was not a continuous and adequate section. In 2014, a working group was formed to find a new GSSP. After evaluating sections in Sweden, China, and Spain, the section in Spain was chosen as the sole candidate in 2019. It was officially approved by the ISSS and ICS in 2023. The new replacement GSSP is situated on the northern shore of El Pintado Reservoir, west of Cazalla de la Sierra (Seville province). It is located in a continuous succession of graptolitic black shales, with the FAD of the cosmopolitan graptolite *Spirograptus guerichi* chosen as the defining criterion for the base of the Telychian Stage. The potential for biostratigraphical and chemostratigraphical correlation with other world sections was clearly demonstrated in a detailed study published in 2015.

Key-words: Chronostratigraphical classification, GSSP, Telychian Stage, UNESCO Global Geoparks, Spain.

RESUMEN

En enero de 2024, la IUGS ratificaba la propuesta de la Comisión Internacional de Estratigrafía para designar un nuevo Estratotipo Global de Límite (GSSP) para la base del piso Telychiense (Sistema Silúrico). Éste reemplaza al GSSP establecido en 1985 en el área tipo de la Serie Llandovery al sur de Gales (Gran Bretaña), dados los problemas bioestratigráficos y de correlación detectados con posterioridad, entre ellos una *mélange* sedimentaria y discontinuidades en la sección. El grupo de trabajo creado en 2014 para estudiar un GSSP sustituto, consideró tres secciones candidatas situadas en Suecia, China y España, pero en 2019 la española quedó como candidata única y fue aprobada finalmente, en 2023, por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Silúrico (ISSS) y la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS). La base del piso Telychiense viene definida por la primera aparición del graptolito cosmopolita *Spirograptus guerichi* dentro de una sucesión de pizarras negras graptolíticas, continua y sin hiatos, en un nuevo GSSP situado en la orilla norte del embalse de El Pintado, al oeste de Cazalla de la Sierra (Sevilla). El potencial de correlación bioestratigráfica y quimioestratigráfica con otras secciones mundiales fue debidamente acreditado y consta en una publicación detallada del año 2015.

Palabras clave: Clasificación cronoestratigráfica, GSSP, Piso Telychiense, Geoparques UNESCO, España.

Geogaceta, 76 (2024), 3-6
<https://doi.org/10.55407/geogaceta104708>
ISSN (versión impresa): 0213-683X
ISSN (Internet): 2173-6545

Fecha de recepción: 16/02/2024
Fecha de revisión: 19/04/2024
Fecha de aceptación: 07/06/2024

Introducción

El Sistema Silúrico comprende cuatro series y siete pisos globales, todos ellos formalizados entre 1980 y 1984 con arreglo a los requerimientos de la Guía y la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Holland, 1989; Melchin *et al.*, 2020), si bien la Serie Prídoli aún resta por ser subdivida en pisos (Manda *et al.*, 2023; Slavík

et al., 2023). Los tres pisos/edades que integran la Serie/Época Llandovery, que en orden ascendente son el Rhuddaniense, Aeroniense y Telychiense, toman su nombre de distintas secciones enclavadas en el área tipo del Llandovery al sur del País de Gales (Reino Unido), y en su proceso de selección compitieron en su día con otras secciones candidatas ubicadas en Canadá (isla de Anticosti) o Noruega (región

de Oslo). La designación de esta Serie y pisos formales por parte de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS) y de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), deslegitimó otros nombres como *Froniense*, *Idwianense*, *Valentiense* y *Gala-Tarannon*, que habían sido parcialmente utilizados en la Península Ibérica, y que a partir de ese momento quedaron descartados y en desuso.

El proceso de selección y formalización de las unidades cronoestratigráficas (y geocronológicas) globales se rige por el capítulo 10 de la Guía Estratigráfica Internacional (<https://stratigraphy.org/guide/>), que establece su definición mediante los llamados *Global Boundary Stratotype Sections and Points* (GSSP). En la versión española de la citada Guía (Reguant y Ortiz, 2001), un GSSP viene traducido como Sección y Punto de un Estratotipo Global de Límite (o estratotipo de límite inferior de unidad cronoestratigráfica), que abreviadamente podemos referir como Estratotipo Global de Límite, manteniendo su sigla internacional.

El GSSP para la base del tercer piso (el superior) de la Serie Llandovery, denominado Piso Telychiense por situarse cerca de la granja Pen-lan-Telych, fue aprobado por la ICS en agosto de 1984 por 17 votos a favor, 4 en contra y 4 abstenciones, y ratificado por la IUGS en febrero de 1985. La sección elegida para este cronoestratotipo global era una pequeña cantera ubicada junto a la carretera en la sección de Cefn-Cerig (o Fron), y el punto estaba marcado por un cambio distintivo en las líneas evolutivas de ciertos braquiópodos, que a su vez se correlacionaba (indirectamente) con la base de una biozona de graptolitos (*Spirograptus turriculatus*) registrada fuera de la sección (Cocks, 1989; Siveter *et al.*, 1989; Melchin *et al.*, 2020, fig. 21.6). Más tarde se vio que la designación de los braquiópodos implicaba taxones excesivamente locales o de difícil correlación (Doyle *et al.*, 1991), que la especie del graptolito sobre la que se interpretaba la correlación del GSSP correspondía en realidad (Loydell *et al.*, 1993) a una forma más antigua (*Spirograptus guerichi*) y, sobre todo, a que la propia sección de Cefn-Cerig presentaba evidencias claras de formar parte de un complejo de deslizamientos sinsedimentarios intra-Wenlock, que involucraba a gran parte de la sucesión telychiense en una típica *mélange*, con mezcla de materiales de distinta edad y composición (Ray, 2011). Entre los *slumps* observados y en términos de biozonas de graptolitos, el propio GSSP podría situarse dentro del Aeroniense superior (Biozona de *Stimulograptus sedgwickii*). Lógicamente, la conjunción de todos estos factores colocó al GSSP británico en posición de ser reemplazado por un nuevo Estratotipo Global de Límite para la base del Piso Telychiense, que finalmente ha sido ubicada en España.

La selección de un nuevo GSSP (2014-2024)

El proceso de sustitución del primer GSSP comenzó en 2014 con la creación de un grupo de trabajo (*Base of Telychian GSSP Restudy Working Group*) en el seno de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Silúrico (ISSS), a cargo de Michael J. Melchin. El horizonte convenido para la base del Telychiense se centró en la primera aparición del graptolito cosmopolita *Spirograptus guerichi* Loydell, Štorch y Melchin, 1993, que posee una morfología distintiva y de fácil reconocimiento (Fig. 1), y que es el que mejores posibilidades ofrecía para la correlación internacional. Casi desde el principio, dos secciones pugnar por materializar este límite: la de Shennongjia/Bajiaomia, ubicada en China, y la del Embalse de El Pintado, en España. La primera tenía imperfecciones en cuanto al registro de graptolitos por debajo del nivel propuesto como GSSP, que permitían dudar en que la caracterización estratigráficamente más baja de *S. guerichi* correspondiera en realidad a la primera aparición cronológica de la especie. En cambio, la sección de El Pintado fue estudiada en detalle por Loydell *et al.* (2015) y pudo demostrarse que la aparición de *S. guerichi* ocurría en una sucesión continua en facies graptolíticas, donde las circunstancias paleoambientales no experimentaban variación alguna a través del límite Aeroniense/Telychiense.

Los estudios en la sección china continuaron hasta 2017, pero ese mismo año fue descartada y El Pintado quedó como única sección candidata. El dossier de la candidatura fue presentado ante la Sub-

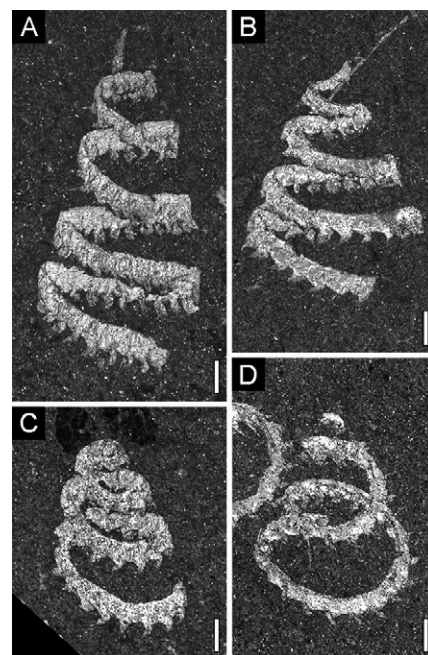


Fig. 1.- A-D, Diversos ejemplares del graptolito *Spirograptus guerichi* Loydell, Štorch y Melchin, cuya primera aparición define la base del Piso/Edad Telychiense en la sección El Pintado 1. Escalas gráficas, 1 mm.

*Fig. 1.- Various specimens of the graptolite *Spirograptus guerichi* Loydell, Štorch and Melchin, the first appearance of which defines the base of the Telychian Stage/Age in the El Pintado 1 section. Scale bars, 1 mm.*

comisión Internacional de Estratigrafía del Silúrico en septiembre de 2023, aprobándose el 2 de noviembre por 12 votos a favor (86%) y 2 abstenciones (14%). Tras ello, la ISSS elevó la propuesta del nuevo GSSP ante la Comisión Internacional de Estratigrafía, resultando aprobada, el 5 de enero de 2024, con 16 votos a favor (94%) y 1 abstención (6%). Es de destacar que en la ICS votan, además de su comité ejecutivo, los presidentes de todas las subcomisiones (desde la del Pre-Criogénico

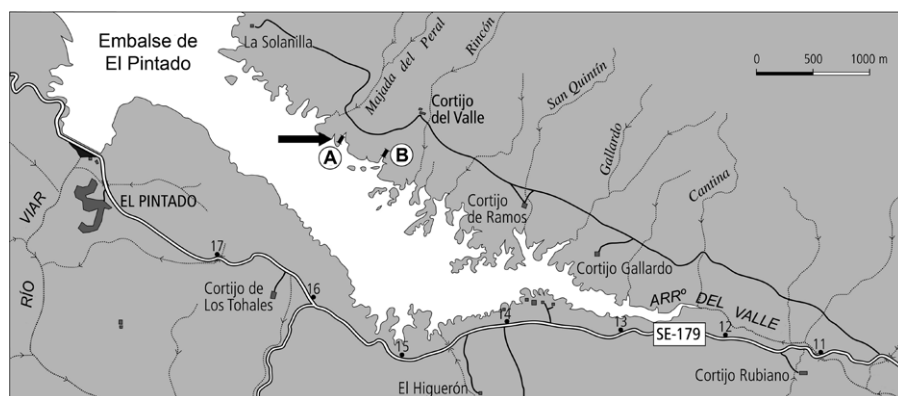


Fig. 2.- Situación del Estratotipo Global para la base del Telychiense (flecha) en la orilla norte del embalse de El Pintado, al oeste de Cazalla de la Sierra (Sevilla). A, sección principal con el *clavo dorado* (El Pintado 1); B, sección auxiliar El Pintado 2.

Fig. 2.- Location of the Telychian GSSP (arrowed) on the northern shore of El Pintado Reservoir, west of Cazalla de la Sierra (province of Seville, Andalusia, southern Spain). A is the El Pintado 1 section with the golden spike, and B the auxiliary El Pintado 2 section.

al Cuaternario, más las de Clasificación Estratigráfica y Calibración de la Escala Temporal). Finalmente, la ICS presentó ante la IUGS su resolución para reemplazar el GSSP británico por el nuevo GSSP español del Telychiense, siendo ratificada por el Comité Ejecutivo de dicho organismo, de manera unánime, el 24 de enero de 2024. Con ello, el estratotipo de El Pintado figura consignado de manera oficial en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, quedando pendiente de celebración la ceremonia de implantación del “clavo dorado”, con la que han de materializarse los Estratotipos Globales de Límite sobre el terreno (Gradstein y Ogg, 2020).

Situación y características del GSSP Telychiense

El estratotipo global para la base del Telychiense se sitúa en la orilla norte del Embalse de El Pintado, sobre el río Viar y el arroyo del Valle, unos 16 km al oeste de Cazalla de la Sierra (Fig. 2, punto A). Allí aflora una sucesión bastante continua del Sistema Silúrico y la Serie Devónico Inferior en su conjunto, desarrollada esencialmente en facies de pizarras negras graptolíticas. Éstas intercalan dos niveles delgados de calizas pelágicas del Ludfordiense y Pridoli, respectivamente, así como tramos esporádicos de lilitas negras que únicamente alcanzan un desarrollo apreciable en el Homeriense superior-Gorstiense. La sección más representativa se sitúa unos 720 m al oeste-suroeste del Cortijo del Valle (=Solanas del Valle), y fue estudiada por Jaeger y Robardet (1979, columna 1, fig. 4) y Robardet *et al.* (1998, p. 306-309). Por su excepcional continuidad y registro fosilífero a lo largo de unos 48 millones de años, esta localidad (El Pintado 1) constituye un Lugar de Interés Geológico recogido en el listado patrimonial español (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2021), siendo gestionada territorialmente por el Parque Natural Sierra Morena de Sevilla y Geoparque Mundial de la UNESCO Sierra Morena de Sevilla.

Loydell *et al.* (2015) estudiaron unos 18 m de sucesión en torno al límite Aeroniense/Telychiense en dos secciones muy próximas (El Pintado 1 y 2: puntos A y B de la Fig. 2, respectivamente), analizándolas con alta resolución bioestratigráfica (graptolitos), y el apoyo de la curva isotópica del carbono orgánico. El estudio demostró la continuidad estratigrá-

fica del tránsito entre ambos pisos en la sección El Pintado 1, apreciada en la distribución vertical de más de 90 especies de graptolitos, que fueron identificadas en los niveles que engloban el límite entre las biozonas de *Stimulograptus halli* (Barrande) y *Spirograptus guerichi*, y de las que 18 especies resultaron ser nuevas.

El criterio seleccionado por la ICS-IUGS para localizar el Estratotipo Global para la base del Telychiense en la sección El Pintado 1 se fundamenta en la primera aparición del graptolito *Spirograptus guerichi* Loydell, Storch y Melchin, 1993 y, en general, de cualquier fragmento

de tubario en espiral helicoidal perteneciente a dicho género. Este nivel se sitúa a unos 52 m por encima de la base de la unidad de pizarras graptolíticas atribuida al Silúrico, y más concretamente en pizarras negras ubicadas entre una capa oxidada (por meteorización) de 25 cm de espesor, y 60 cm por encima de un nivel con nódulos. Como marcadores secundarios del GSSP entre los graptolitos tenemos el inicio de la diversificación del género *Streptograptus* Yin, con la primera aparición de la especie *S. picarra* Loydell, Frýda y Gutiérrez-Marco, además de la primera aparición de *Paradiversograptus*

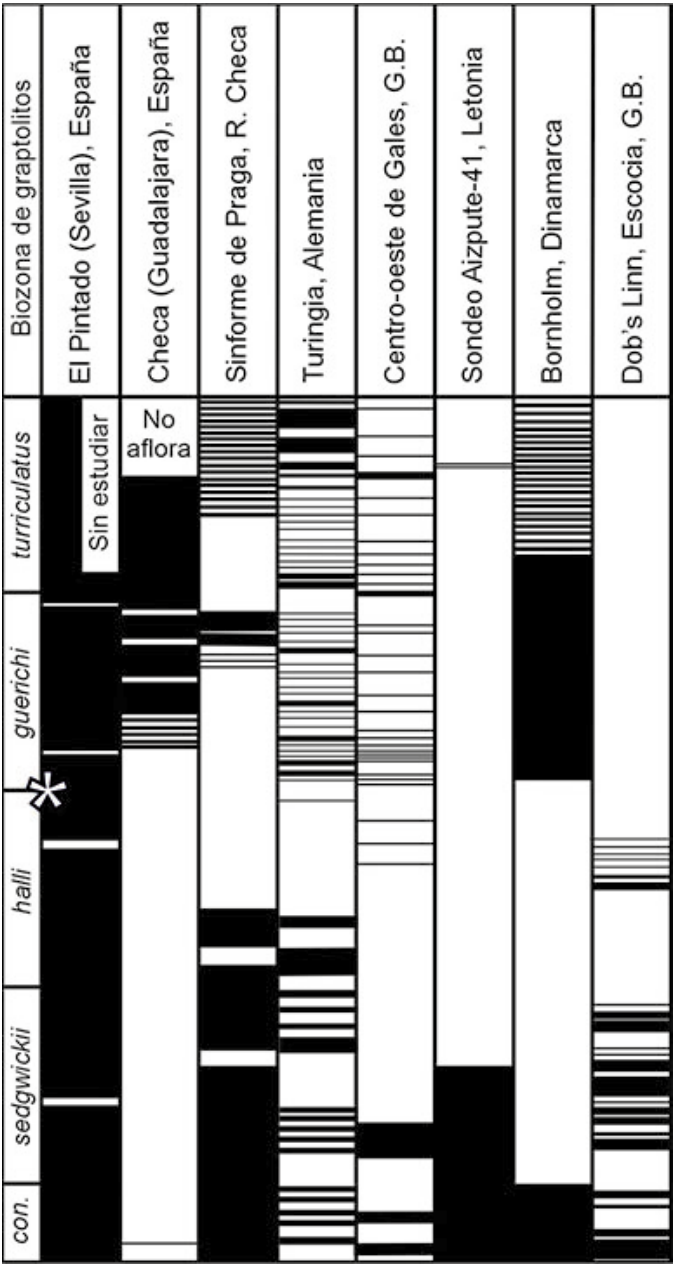


Fig. 3.- Comparación entre las sucesiones en torno al límite Aeroniense/Telychiense en las secciones europeas más importantes. En negro, pizarras graptolíticas (modificado de Loydell *et al.*, 2015). La posición del nuevo GSSP está indicada por el asterisco en blanco.
Fig. 3.- Graptolitic strata (in black) through the upper Aeronian-lower Telychian of sections in Europe. Slightly modified from Loydell *et al.* (2015). The position of the new GSSP is indicated by the white asterisk.

runcinatus (Lapworth) y de *Monograptus bjerreskovae* Loydell.

Desde el punto de vista quimioestratigráfico, la curva de $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ en torno al límite Aeroniense-Telychiense de la sección sevillana presenta notables similitudes con la obtenida en la del Cabo Manning (Isla de Cornwallis, Ártico canadiense: Loydell *et al.*, 2015, fig. 15). En realidad, el tránsito entre ambos pisos se inscribe en la excursión negativa denominada “Rumba low” (por la Formación Rumba del Silúrico de Estonia), cuyo máximo se registra hacia la base del Telychiense, y que en la sección El Pintado 1 concluye entre 1,4 y 1,6 m por encima del GSSP.

Comparando con otras secciones del Llandovery profusamente estudiadas en innumerables trabajos, el registro de pizarras negras graptolíticas localizado en las secciones silúricas del sinclinal del Valle se confirma como el más completo a nivel europeo (Fig. 3) y también mundial.

Consideraciones finales y conclusiones

El nuevo Estratotipo Global de Límite para la base del Telychiense, reemplaza al establecido en 1984 en el área tipo de la Serie Llandovery (Dyfed, Gales), donde los problemas estratigráficos detectados tras su selección, limitaban su operatividad y hacían inviable la correlación internacional. El GSSP propuesto por la ICS y ratificado por la IUGS se sitúa en una sucesión continua y sin hiatos localizada en el norte de la provincia de Sevilla, cuya idoneidad para la correlación bioestratigráfica y quimioestratigráfica con otras secciones mundiales fue acreditada por Loydell *et al.* (2015) y en el dossier inédito de la candidatura GSSP, a cargo de los presentes autores.

España se une así al elenco de seis países que, a nivel mundial, lideran el ranking de albergar más de cinco GSSP de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional: Italia (15), China (10), Francia (8), Reino Unido (9, pero con varios en revisión), Estados Unidos (7) y España (7, contando el recién aprobado en Andalucía). En el mismo contexto cabe resaltar que la mayoría de los 22 países que cuentan con GSSP fanerozoicos son europeos, seguidos de países asiáticos (China, Rusia, Kazajistán, Uzbekistán, Japón), y por tan sólo tres africanos (Marruecos, Túnez, Egipto), dos americanos (EEUU, Canadá) y uno australiano

(éste, del Neoproterozoico).

La sección de El Pintado incluye el primer GSSP ubicado en Andalucía, y sigue cronológicamente a otros estratotipos globales de límite establecidos en España para las bases del Aalenense (Fuentelsaz, Guadalajara, ratificado en el año 2000), Thanetiense y Selandiense (Zumaia, Guipúzcoa, *idem.* 2008), Luteciense (Gorrondatxe, Vizcaya, *idem.* 2011), Santoniense (Olazagutía, Navarra, *idem.* 2013) y Barremiense (Caravaca, Murcia, *idem.* 2023). Otra excepcionalidad del GSSP andaluz radica en el hecho de ubicarse en el Geoparque Mundial de la UNESCO Sierra Morena de Sevilla, poco frecuente en la red mundial de geoparques pero que en España suma un cuarto caso entre los 16 geoparques españoles, dado que también los geoparques mundiales de la UNESCO de Molina-Alto Tajo (GSSP Jurásico de Fuentelsaz) y Costa Vasca (GSSP del Paleoceno en Zumaia) gestionan otros Estratotipos Globales de Límite, con sus correspondientes “clavos dorados” marcadores.

Finalmente, el GSSP sevillano constituye el cronoestratotipo más antiguo de los localizados en la Península Ibérica, de edad estimada en 438,5 millones de años según la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (www.stratigraphy.org), lo que lo hace ser entre 2,5 a 9 veces más antiguo que los restantes GSSP establecidos en España.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto PDI2021-125585NB-I00 del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIN). Los autores agradecen a las autoridades del Geoparque Sierra Morena de Sevilla y muy especialmente a su director Vicente Castaño Torres, así como a la familia Portero Durán (Cazalla de la Sierra), por brindar acceso a la sección. Los revisores científicos Artur A. Sá (UTAD, Portugal), Carlo Corradini (Univ. Trieste, Italia), Stan C. Finney (CSULB, USA) y Luis Carcavilla (IGME, Madrid) aportaron valiosos comentarios y opiniones sobre el texto de este artículo.

Referencias

Cocks, L.R.M. (1989). In: *A Global Standard for The Silurian System* (C.H. Holland y M.G. Bassett, M.G., Eds.). National

Museum of Wales, Geological Series 9, 36-50.

Doyle, E.N., Hoey, A.N. y Harper, D.A.T. (1991). *Palaeontology* 34, 439-454.

Gradstein, F.M. y Ogg, J.G. (2020). In: *Geologic Time Scale 2020* (F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz y G.M. Ogg, Eds.), Elsevier, 21-32.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00002-4>

Holland, C.H. (1989). In: *A Global Standard for The Silurian System* (C.H. Holland y M.G. Bassett, M.G., Eds.). National Museum of Wales, Geological Series 9, 7-26.

Gutiérrez-Marco, J.C., Loydell, D.K. y Štorch, P. (2021). *Geoconservation Research* 4, 131-135.

<https://doi.org/10.30486/gcr.2020.1908691.1032>

Jaeger, H. y Robardet, M. (1979). *Geobios* 12, 687-714.

Loydell, D.K., Štorch, P. y Melchin, M.J. (1993). *Palaeontology* 36, 909-926.

Loydell, D.K., Frýda, J. y Gutiérrez-Marco, J.C. (2015). *Bulletin of Geosciences* 90, 743-794.

<https://doi.org/10.3140/bull.geosci.1564>

Manda, Š., Slavík, L., Štorch, P., Tasáryová, Z. y Čáp, P. (2023). *Newsletters on Stratigraphy* 56, 89-123.

<https://doi.org/10.1127/nos/2022/0695>

Melchin, M.J., Sadler, P.M. y Cramer, B.D. (2020). In: *Geologic Time Scale 2020* (F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz y G.M. Ogg, Eds.), Elsevier, 695-732.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00021-8>

Ray, D.C. (Ed.) (2011). *Siluria Revisited: A Field Guide*. International Subcommittee on Silurian Stratigraphy: Field Meeting 2011, 166 p.

Reguant, S. y Ortiz, R. (2001). *Revista de la Sociedad Geológica de España* 14, 270-293.

Robardet, M., Piçarra, J.M., Štorch, P., Gutiérrez-Marco, J.C. y Sarmiento, G.N. (1998). *Temas Geológico-Mineros ITGE* 23, 289-318.

Siveter, D.J., Owens, R.M. y Thomas, A.T. (1989). In: *Silurian Field Excursions. A geotraverse across Wales and the Welsh Borderland* (M.G. Bassett, Ed.). National Museum of Wales, Geological Series 10, 133 p.

Slavík, L., Štorch, P., Manda, Š., Tasáryová, Z. y Čáp, P. (2023). In: *4th International Congress on Stratigraphy STRATI2023*, Lille.

<https://strati2023.sciencesconf.org/456240>