

## FÓSILES DEL SILÚRICO ESPAÑOL

Juan Carlos GUTIÉRREZ-MARCO<sup>1</sup>, Isabel RÁBANO<sup>2</sup>,  
Graciela N. SARMIENTO<sup>1</sup> y Michel ROBARDET<sup>3</sup>

*Resumen.* Las rocas y fósiles del Silúrico de España se conocen con poco detalle, en relación con los restantes periodos de la historia geológica documentados en la Península Ibérica. En esta nota se presenta una breve síntesis estratigráfica, en la que se reconocen tres tipos básicos de sucesión, cada uno de ellos correspondiente a ambientes sedimentarios y paleoecológicos distintos. También se aporta una relación de los principales trabajos paleontológicos publicados sobre graptolitos, trilobites, moluscos, braquiópodos, equinodermos, poríferos, conodontos, microfósiles de pared orgánica, radiolarios e icnofósiles, descritos o ilustrados hasta el momento en España.

*Palabras clave.* Silúrico, España, estratigrafía, invertebrados, microfósiles, Macizo Hespérico, Pirineos, Cadenas Costeras Catalanas.

*Abstract.* Spanish Silurian rocks and fossils are incompletely known by comparison to other periods of the geological history recorded in the Iberian Peninsula. A brief stratigraphical synthesis of Silurian successions in the Iberian Peninsula is presented herein, which shows three basic types related with different sedimentary and palaeoecological environments. A list of the main palaeontological studies is given, concerning graptolites, trilobites, molluscs, brachiopods, echinoderms, poriferans, conodonts, organic-walled microfossils, radiolarians and ichnofossils, which have been described or illustrated until now in Spain.

*Key words.* Silurian, Spain, stratigraphy, invertebrates, microfossils, Hesperian Massif, Pyrenees, Catalonian Coastal Ranges.

---

<sup>1</sup> Depto. de Bioestratigrafía y Biocronología. Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM). Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense. E-28040 Madrid. España.

<sup>2</sup> Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23. E-28003 Madrid. España.

<sup>3</sup> Géosciences-Rennes. UMR 6118 CNRS. Université de Rennes 1. Campus de Beaulieu. F-35042 Rennes Cedex. Francia.

## **INTRODUCCIÓN**

El Sistema Silúrico continúa siendo, aún a principios del siglo XXI, el periodo peor conocido en la historia geológica de la Península Ibérica, debido principalmente a la escasez de fósiles determinativos y a la aparente uniformidad de facies sedimentarias, lo cual ha condicionado un nivel simplista de conocimientos y el mantenimiento de ideas erróneas de tipo cronoestratigráfico, sedimentológico y paleobiogeográfico.

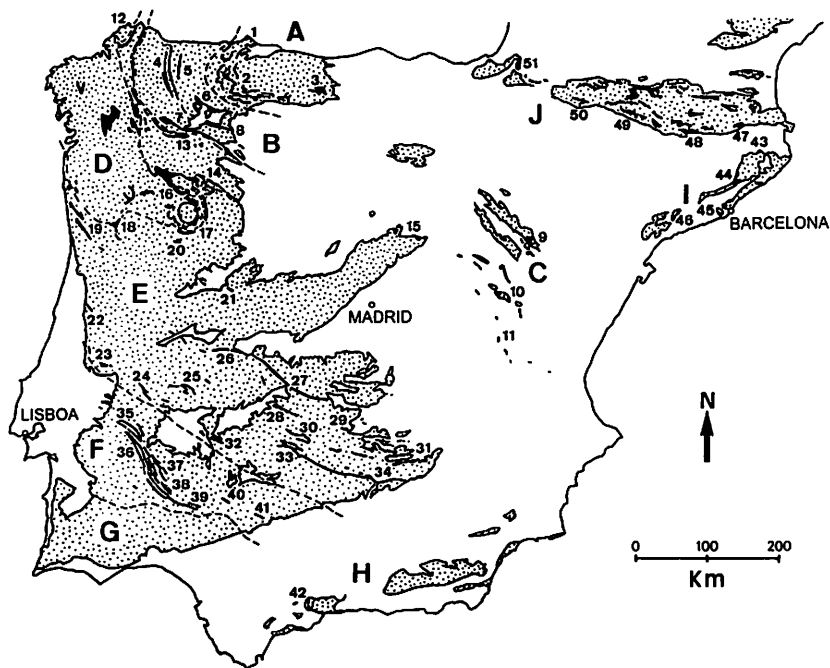
El objeto de esta nota es presentar algunos de los avances paleontológicos conseguidos en los últimos años, que han logrado modernizar la datación y correlación de algunas de las sucesiones silúricas españolas más importantes, hasta el punto de integrarlas en los modernos esquemas de correlación internacional.

## **RASGOS ESTRATIGRÁFICOS GENERALES**

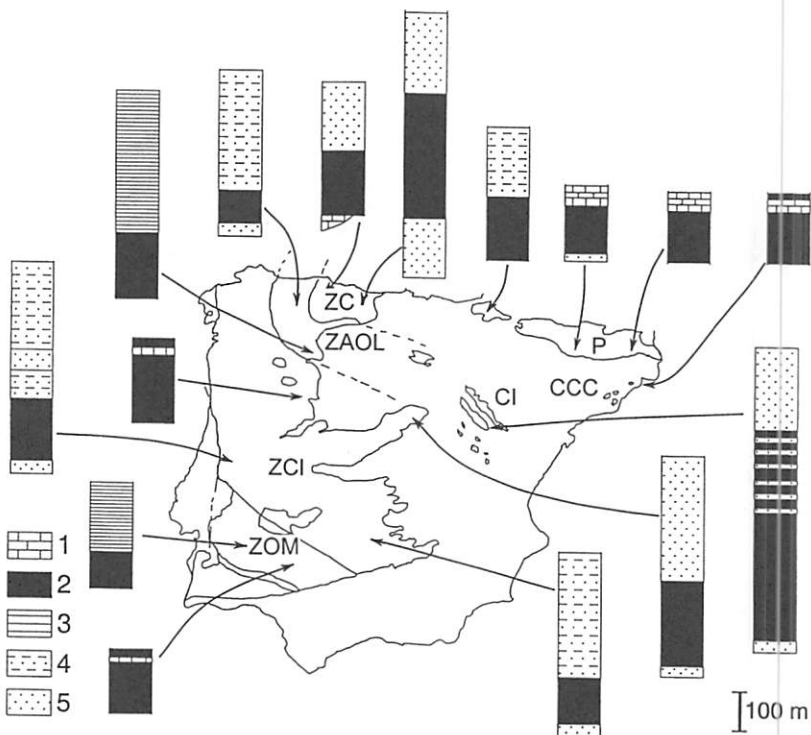
Los materiales silúricos españoles constituyen afloramientos de extensión relativamente reducida en el núcleo de las estructuras paleozoicas más notorias de las distintas áreas del Macizo Hespérico, como son la Zona Cantábrica, la Zona Asturoccidental-Leonesa (incluyendo su prolongación oriental en la Cordillera Ibérica), la Zona Galaico-Trasmontana y la Zona de Ossa-Morena (Fig. 1). En la Zona Sudportuguesa no se ha probado hasta la fecha la existencia de rocas silúricas. Aparte del ámbito del Macizo Hespérico, los materiales silúricos están representados también en el núcleo paleozoico pre-alpino de los Pirineos, de las Cadenas Costeras Catalanas y de las Cordilleras Béticas (Complejo Maláguide).

Desde el punto de vista estratigráfico, el Silúrico de España lo integran, a grandes rasgos, tres tipos de sucesiones distintas (Fig. 2):

- En primer lugar, la sucesión que podríamos denominar «iberotípica», que comprende en líneas generales una cuarcita basal de espesor métrico, donde se determina el tránsito Ordovícico-Silúrico; a continuación hay una unidad muy ubicua de pizarras negras graptolíticas (10-150 m); y por último una sucesión arenosa superior, en la que normalmente alternan cuarcitas y pizarras (200-400 m), y la cual suele documentar el tránsito Silúrico-Devónico. En este tipo de sucesión las rocas calcáreas están reducidas normalmente a intercalaciones esporádicas presentes en la unidad arenosa superior, con una única excepción para el Silúrico inferior en la Zona Cantábrica (Calizas de Viodo).



**Figura 1.** Afloramientos silúricos de la Península Ibérica (en negro), destacados sobre el basamento Precámbrico y Paleozoico (punteado). A-G, Macizo Hespérico (A, Zona Cantábrica; B, Zona Asturoccidental-Leonesa; C, Cordillera Ibérica; D, Zona Galaico-Trasmontana; E, Zona Centroibérica; F, Zona de Ossa-Morena; G, Zona Sudportuguesa). H, Cordilleras Béticas; I, Cadenas Costeras Catalanas; J, Pirineos. Los números indican las principales áreas con afloramientos fosilíferos, de las que las siguientes son españolas: 1, Cabo Peñas; 2, Afloramientos de la Región de Pliegues y Mantos; 3, Afloramientos de la Región Palentina; 4, Sinclinales de Rececende y Villaodrid (Manto de Mondoñedo); 5, Los Oscos; 6, Sinclinorio de Vega de Espinareda; 7, Sinclinal Caurel-Peñalba; 8, Sinclinal del Castrillo; 9, Cadenas Ibéricas Orientales (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica); 10, Anticlinorio de Albarracín; 11, Anticlinorio de la Serranía de Cuenca (10 y 11, Rama Castellana de la Cordillera Ibérica); 12, Área de Cabo Ortegal; 13, Sinclinales del Sil y Truchas; 14, Sinclinorio de Alcañices; 15, Áreas de Riaza y Atienza (Sierra de Guadarrama, Sistema Central); 16, Región de Verín-Bragança; 21, Sinclinal de Tamames; 25, Sierra de San Pedro y Sinclinal de Cáceres; 26, Sinclinal Cañaverál-Monfragüe; 27, Sinclinal de Guadarranque; 28, Sinclinal de Herrera del Duque; 29, Corral de Calatrava; 30, Sinclinal de Almadén; 31, Torre de Juan Abad; 32, Alange; 33, Cabeza del Buey-San Benito; 34, El Centenillo-Guadalmena; 36, Sinclinal de Terena; 37, Villanueva del Fresno; 39, Ribera de Hinojales; 40, Sinclinal del Valle; 41, Sinclinal del Cerrón del Hornillo; 42, Región Maláguide; 43, Les Guillerries; 44, Montseny; 45, Barcelona; 46, Serra de Miramar; 47, Camprodón; 48, Bar-Toloriù; 49, Sierra Negra; 50, Sallent de Gállego; 51, Cinco Villas. Reproducido de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (1998).



**Figura 2.** Esquema de los principales tipos de sucesiones silúricas ibéricas (según GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 1998). Las litofacies dominantes son: 1, calizas; 2, pizarras negras graptolíticas; 3, pizarras y limolitas; 4, alternancias de areniscas, limolitas y pizarras; 5, areniscas y cuarcitas. Abreviaturas: ZC, Zona Cantábrica; ZAOL, Zona Asturoccidental-Leonesa; CI, Cordillera Ibérica; ZCI, Zona Centroibérica; ZOM, Zona de Ossa-Morena; CCC, Cadenas Costeras Catalanas; P, Pirineos.

- El segundo tipo de sucesión silúrica española (de tipo «mediterráneo» u «ossa-morénico») se caracteriza por presentar un espesor reducido para todo el Sistema (100-250 m), dominando notablemente las facies de pizarras negras graptolíticas, combinadas con una unidad distintiva de calizas en el Silúrico superior, que a veces confiere a la sucesión un carácter «tripartito» (comparable con la llamada «tríada turingica»).
- El tercer tipo de sucesión se caracteriza por una mayor heterogeneidad litológica y corresponde a potentes unidades metasedimentarias (4.000-8.000 m), entre las cuales no ha sido posible diferenciar por el momento formaciones con unos mínimos requisitos lito y cronoestratigráficos.

Las sucesiones silúricas más difundidas a escala peninsular son aquellas «iberotípicas», que se extienden por las Zonas Cantábrica, Asturoccidental-Leonesa (más la Cordillera Ibérica) y Centroibérica. El predominio de depósitos terrígenos, potentes y variados, las relaciona con ambientes marinos someros de la plataforma perigondwánica.

El segundo tipo de sucesión (pizarras negras y calizas, de espesor comparativamente reducido) representa ambientes mucho más distales y periféricos a los anteriores, ubicados en la plataforma externa. Sus afloramientos más distintivos se sitúan en la Zona de Ossa-Morena, en el borde septentrional centroibérico, en las Cadenas Costeras Catalanas y en el Bético Maláguide. En la Zona de Ossa-Morena, la intercalación calcárea principal recibe el nombre de «Caliza de *Scyphocrinites*» (Pridoli), por debajo de la cual se sitúa una capa centimétrica de caliza negra («Caliza de *Orthoceras*») del Ludlow superior, la cual se conoce también en el borde septentrional centroibérico. En las Cadenas Costeras Catalanas ambas calizas se unen en la Formación La Creu, y en los Pirineos las lutitas del Silúrico superior poseen numerosas intercalaciones calcáreas a partir del Wenlock. Finalmente, el tercer tipo de sucesión silúrica ibérica aparece restringido a la Zona de Galicia-Trás-os-Montes (o Galaico-Trasmontana), la cual yace sobreimpuesta a la Zona Centroibérica, y de la que apenas existen informaciones paleontológicas o sedimentológicas.

Las características estratigráficas de las diferentes sucesiones silúricas, en sus distintos afloramientos españoles, pueden consultarse con mayor detalle en la síntesis de TRUYOLS y JULIVERT (1983) o en las más recientes de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (1998) y ROBARDET y GUTIÉRREZ-MARCO (en prensa).

## PALEOGEOGRAFÍA Y PALEOBIOGEOGRAFÍA

La Península Ibérica figura en la mayor parte de las reconstrucciones paleogeográficas modernas como parte integrante de la plataforma perigondwánica. En relación con ella, las áreas con sucesiones «iberotípicas» representarían ambientes someros y próximos a las áreas emergidas, en tanto que las sucesiones de tipo «mediterráneo» u «ossa-morénico» (condensadas y con unidades calcáreas intercaladas) se ubicarían mar adentro, en zonas distales o de altos fondos. De momento no existen datos para aproximar el área de depósito original de las potentes sucesiones galaico-trasmontanas.

Los datos paleontológicos confirman las deducciones sedimentológicas y paleogeográficas antes apuntadas, en el sentido de que las asociaciones

encontradas en las sucesiones de tipo «mediterráneo» están dominadas por «faunas bohémicas», en tanto que las asociaciones presentes en unidades «iberotípicas» presentan un mayor índice de endemismo y una menor diversidad taxonómica.

Desde el punto de vista de la dinámica litosférica, la plataforma perigondwánica, de la que formaban parte los actuales territorios integrados en la Península Ibérica, experimentó una deriva durante el Silúrico (solidariamente con todo el continente de Gondwana) que la hizo migrar de latitudes polares, a comienzos del periodo, a otras más bajas e inmediatas al trópico meridional, a finales del Silúrico. Ello explica que los sedimentos calcáreos y las faunas de aguas más templadas vayan predominando gradualmente hacia finales del Silúrico, en aquellas áreas pelágicas libres del influjo de los aportes detríticos y de los ambientes energéticos de las regiones someras.

Pese a todas las evidencias sedimentológicas y paleobiogeográficas, un grupo de autores, guiados principalmente por los datos del paleomagnetismo (que en las regiones consideradas suelen estar contaminados por remagnetizaciones hercínicas difícilmente cuantificables), siguen sosteniendo que el suroeste de Europa se desgajó de la plataforma perigondwánica a comienzos del Silúrico y derivó independientemente hacia el Norte, separándose de Gondwana al abrirse el llamado «Océano Rheico» durante el Silúrico superior-Devónico (ver COCKS, 2001, con referencias previas). Sin embargo, la continuidad biogeográfica y sedimentaria general entre el suroeste de Europa y el norte de África desmiente rotundamente esta interpretación (PARIS, 1998, con referencias) considerando, por ejemplo, la presencia de especies y subespecies bentónicas idénticas en el Silúrico superior y Devónico ibero-armoricano y magrebí, cuyas características les hubieran impedido superar una barrera geográfica tan importante como el falso océano entre Europa y África.

Por último y en relación con las provincias faunísticas, cabe destacar que, entre las asociaciones cosmopolitas de graptolitos silúricos, determinados elementos ibéricos comunes con las regiones bohémica y magrebí permiten considerar la diferenciación de una «provincia mediterránea» (ŠTORCH, 1998a), que no tiene nada que ver con las llamadas «faunas sárdicas», muy populares en la literatura regional ibérica (ROMARIZ, 1969; ROMARIZ *et al.*, 1971; DÉGARDIN, 1980) pero en realidad inexistentes (PICARRA y GUTIÉRREZ-MARCO, 2001, con referencias).

Los elementos bentónicos más comunes en las sucesiones ibéricas (bivalvos, trilobites, ostrácodos) son plenamente afines a los representados en otras sucesiones de tipo mediterráneo, incluyendo a los raros elementos reconocidos en las sucesiones «iberotípicas». Las contadas excepciones las constituyen algunos braquiópodos, euriptéridos y trilobites del Silúrico inferior, que representan claros endemismos ibéricos.

**PALEONTOLOGÍA DEL SILÚRICO ESPAÑOL**

Al igual que sucedía con los aspectos geológicos relativos al conocimiento del Silúrico en España, la paleontología de los materiales de este Sistema está también poco desarrollada en nuestro país. Los primeros fósiles silúricos fueron descubiertos en 1855 por Casiano de Prado en una localidad próxima a Astorga (León; ver GUTIÉRREZ-MARCO y ŠTORCH [1997] para detalles acerca de sus circunstancias históricas y estratigráficas), en tanto que la primera ilustración de un fósil español fue publicada por ALMERA (1891), y debido a su interés y general desconocimiento optamos por reproducirla aquí en la figura 3.

Los fósiles mencionados desde estos primeros trabajos hasta nuestros días corresponden principalmente a graptolitos, en su mayoría del Llandovery, que abundan en la parte inferior de casi todas las sucesiones, dentro de una facies especial de pizarras negras (en origen sapropelitas) denominadas vulgarmente como «ampelitas» (del griego *ampelos*, vid), porque se



**Figura 3.** *Monograptus priodon* (BRONN, 1835), del Llandovery de S. Vicens dels Horts (Barcelona). Ilustración original de ALMERA (1891: fig. 5), que constituye el primer fósil figurado del Silúrico español. El dibujo es obra del paleontólogo inglés CHARLES LAPWORTH y el fragmento representado mide 10,6 mm de longitud.

	Pridoli	<i>boucekii-transgrediens</i> <i>branikensis-lochkovensis</i> <i>parulitimus-ultimus</i>
Ludlow	Ludfordian	<i>formosus</i> <i>bohemicus tenuis-kozlowskii</i> <i>leiniwardinensis</i>
	Gorstian	<i>scanicus</i> <i>nilssoni</i>
Wenlock	Homerian	<i>ludensis</i> <i>praedeubeli-deubeli</i> <i>parvus-nassa</i> <i>lundgreni</i>
	Sheinwoodian	<i>rigidus-pemori</i> <i>riccartonensis-belophorus</i> <i>centrifugus-murchisoni</i>
Llandovery	Telychian	<i>lapworthi-insectus</i> <i>spiralis interval</i> <i>griestoniensis-crenulata</i> <i>turriculatus-crispus</i> <i>guerichi</i>
	Aeronian	<i>sedgwickii</i> <i>convolutus</i> <i>argentus</i> <i>triangulatus-pectinatus</i>
	Rhuddanian	<i>cyphus</i> <i>vesiculosus</i>
		<i>acuminatus</i>

**Figura 4.** Series y Pisos internacionales del Sistema Silúrico, y su correspondencia con el esquema patrón de biozonas de graptolitos (según KOREN *et al.*, 1996).

utilizaban profusamente en agricultura para abonar los viñedos (aportando, entre otros, silicatos aluminicos). Los graptolitos son precisamente los que brindan las mayores precisiones a las correlaciones bioestratigráficas del Silúrico ibérico, dado que el reconocimiento de todas las unidades cro- noestratigráficas (series y pisos) está basada internacionalmente en los lími- tes entre biozonas y biocronozonas concretas de graptolitos (Fig. 4). En los últimos años, otros grupos de microfósiles se han sumado al esquema bio- cronológico general, como por ejemplo los conodontos y los quitinozoos.

### Graptolitos

Son los fósiles silúricos más populares en España, y aparecen representa- dos en todas las áreas peninsulares (excepto en las Cordilleras Béticas), citándose con profusión en numerosos trabajos de los siglos XIX (a cargo de Verneuil, Vilanova y Piera, Barrois, Almera, etc.) y XX. Estos últimos reúnen por lo general identificaciones taxonómicas realizadas por distintos especialistas con ocasión de hallazgos locales, para artículos y tesis de geolo- gía regional, a cargo de investigadores nacionales y extranjeros. Entre ellos predominan notablemente las listas de especies aportadas por autores ale- manes y franceses (Bischoff, Butenweg, Jahnke, Lotze, Matte, Nollau, Puschmann, Sacher, Saupé, Schneider, Simon, Walter, etc.). Sin embargo, tales menciones de graptolitos rara vez fueron acompañadas por descripcio- nes e ilustraciones del material, con lo cual las identificaciones por sí mis- mas no contribuyeron en modo alguno al conocimiento paleontológico de las asociaciones españolas de graptolitos. Un caso paradigmático ocurre en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, donde se han citado graptolitos en un total de seis trabajos del siglo XIX y veintidós del siglo XX, pese a lo cual tan sólo dos de ellos aportaron ilustraciones muy mediocres del mate- rial, hasta la publicación de los estudios de GUTIÉRREZ-MARCO y ŠTORCH (1998, con relación de publicaciones previas) y de ŠTORCH (1998b).

**Lámina I.** Algunos graptolitos telychienses, frecuentes en las sucesiones «iberotípicas» del Llandovery de la Zona Centroibérica meridional y la Cordillera Ibérica. 1, *Metaclimacograptus asejadi* (LEGRAND, 1993). 2, *Metaclimacograptus flamandi* (LEGRAND, 1993). 3, *Parapetalolithus hispanicus* (HABERFELNER, 1931). 4, *Parapetalolithus meridionalis* (LEGRAND, 1998). 5, *Rastrites lin- naei* BARRANDE, 1850. 6, *Stimulograptus becki* (BARRANDE, 1850). 7, *Cochlograptus veles* (RICHTER, 1871). 8, *Streptograptus plumosus* (BAILY, 1871). 9, *Monograptus marri* PERNER, 1897. 10, *Pristio- graptus pristinus* (PŘIBYL, 1940). 11, *Streptograptus exiguus* (LAPWORTH, 1876). 12, *Torquigraptus tullbergi* (BOUČEK, 1931). 13, *Torquigraptus planus* (BARRANDE, 1850). 14, *Oktavites spiralis* (GEI- NITZ, 1842). 15, *Spirograptus turriculatus* (BARRANDE, 1850). 16, *Monograptus juancarlosi* ŠTORCH, 1998. 17, *Stimulograptus halli* (BARRANDE, 1850). 18, *Monoclimacis crenulata* (ELLES y WOOD, 1911). 1, x 5,4; 4, x 5,3; 12-14, x 2,3; resto de las ilustraciones x 3,4. Reproducidas de GUTIÉRREZ-MARCO y ŠTORCH (1998).



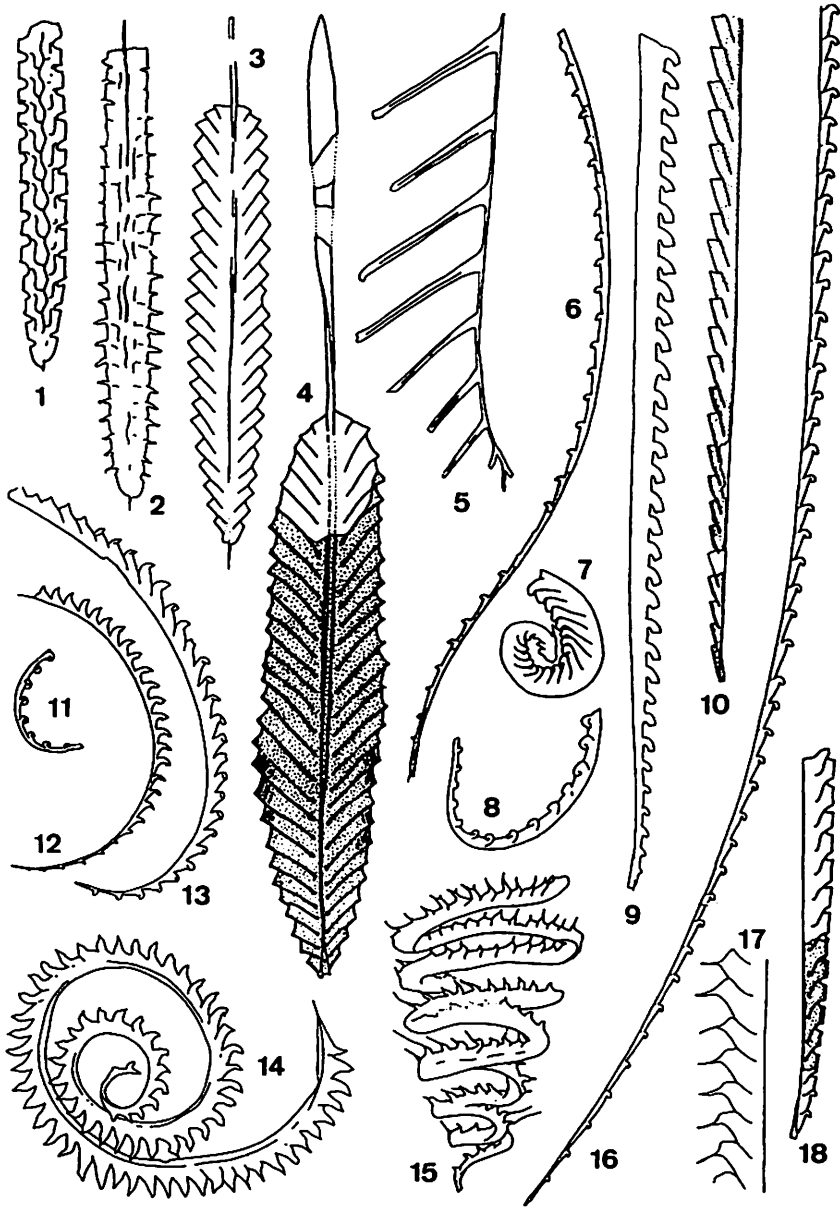


Lámina I.

Esta gran heterogeneidad de las investigaciones previas sobre graptolitos ibéricos, y la falta de descripciones e ilustraciones auténticamente paleontológicas, han provocado que la mayor parte del trabajo aún esté por hacer, incluso en aquellas secciones «tradicionales» como las de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (anticlinorios de la Sierra de Albarracín y de la Serranía de Cuenca). Otro ejemplo de ello son los problemas que todavía subsisten, no ya los relacionados con las «faunas sárdicas» (en realidad graptolitos deformados y taxonómicamente indeterminables), sino también con las presuntas «anomalías» biocronológicas (de índole territorial) que un estudio pormenorizado ha revelado como absolutamente ficticias. Nos referimos por ejemplo a la pretendida «mezcla», en asociaciones ibero-armóricas, de graptolitos pertenecientes a distintas biozonas internacionales. Este punto de vista fue acuñado en el decenio de 1950 por Philippot e introducido explícitamente en España a partir del trabajo de PHILIPPOT y RIBA (1952), con notable repercusión entre los autores ibéricos en los treinta años siguientes, y que hoy en día se explica por la identificación errónea de muchas especies de graptolitos.

Resultaría excesivamente prolijo enumerar aquí todos los taxones de graptolitos citados o de presencia confirmada en la Península Ibérica. De las 27 biozonas patrón que abarcan todo el Sistema, la mayoría han sido reconocidas en España, especialmente en las sucesiones completas de tipo «mediterráneo» de la Zona de Ossa-Morena y las Cadenas Costeras Catalanas. Dentro de los perfiles «iberotípicos», las sucesiones de pizarras negras graptolíticas del Campo de Calatrava, Sierra Morena y Anticlinorio de la Sierra de Albarracín han proporcionado un notable detalle bioestratigráfico de los materiales comprendidos entre el Aeroniense superior y el Sheinwoodiense. Todas estas sucesiones graptolíticas ibéricas posibilitan una correlación de amplia resolución biocronológica (incluso a nivel de subzona) con respecto a otras secciones patrón internacionales en Europa (Bohemia, Turingia, Gales, Cerdeña), Asia y Norteamérica (Fig. 5), e incluso la comparación de los eventos de extinción registrados a nivel mundial entre las faunas graptolíticas del Llandovery y Wenlock.

Finalmente, entre los yacimientos de graptolitos silúricos españoles existe alguno excepcional, como la capa con sinrabdosomas del Homeriense de Salas de la Ribera (León; Lám. II), que ha posibilitado la interpretación paleobiológica de unas estructuras que, de estimarse generales

**Lámina II.** Concentraciones excepcionales de sinrabdosomas (agregados radiales de colonias) del graptolito *Colonograptus deubeli* (JAEGER, 1959), del Homeriense superior de Salas de la Ribera (León). Las acumulaciones se producen por corrientes, al quedar varados los sinrabdosomas alrededor de restos de euriptéridos (señalados con flechas). 1, x 0,36; 2, x 0,31; 3, 0,39; 4, x 1. Reproducido de GUTIÉRREZ-MARCO y LENZ (1998).

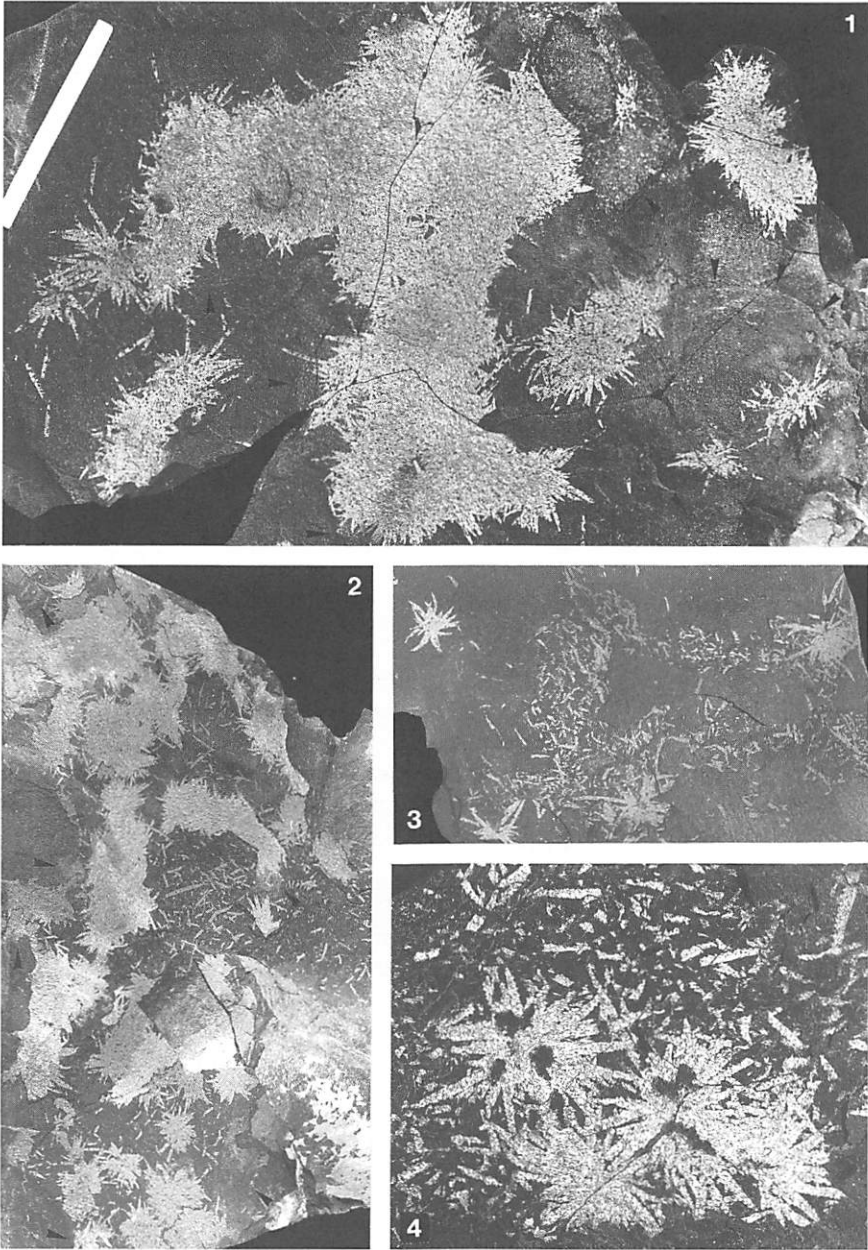


Lámina II.

	Spain Western Iberian Cordillera	Spain Central Iberian Zone	Spain Ossa Morena Zone	Czech Republic Barrandian area	Germany Thuringia	Italy Sardinia
Wenlock	unknown	unknown	ludensis	ludensis-gerhardi	ludensis-gerhardi	gerhardi
		"lundgreni"	deubeli-praedeubeli	deubeli-praedeubeli	deubeli-praedeubeli	deubeli-praedeubeli
			parvus-nassa	parvus-nassa	parvus-nassa	dubius-nassa
			parvus	parvus	parvus	parvus
		ellesae	?	ellesae-ramosus	?	?
		?	? rigidus	rigidus	?	rigidus
		belophorus	belophorus	belophorus	belophorus	belophorus
		dubius	?	dubius	?	
		?	riccartonensis	riccartonensis	riccartonensis	
		"murchisoni"	?	murchisoni	murchisoni	unknown
		?		centrifugus	centrifugus	
		? insectus		insectus	?	
		?	? grandis	grandis		
		spiralis	spiralis	spiralis	lapworthi spiralis	spiralis
tullbergi	tullbergi	?tullbergi	tullbergi	crenulata		
griestoniensis	griestoniensis	?	griestoniensis	griestoniensis	griestoniensis	
arcuatus	arcuatus	?	crispus	crispus	?crispus	
turriculatus	turriculatus	turriculatus	turriculatus	turriculatus	turriculatus	
linnaei	linnaei	linnaei	linnaei	linnaei	linnaei	
convolutus		sedgwickii	sedgwickii	sedgwickii	unknown convolutus	
triangulatus		?	convolutus	convolutus		
normalograptids	normalograptids	?cyphus	cyphus	cyphus	?cyphus	
		vesiculosus	vesiculosus	vesiculosus	vesiculosus	
		-acuminatus	-acuminatus	-acuminatus	acuminatus	
		ascensus	ascensus	ascensus		

Figura 5. Correlación bioestratigráfica entre las sucesiones graptolíticas del Llandovery y Wenlock de (columnas verticales, de izquierda a derecha) la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, Zona Centroibérica (Corral de Calatrava), Zona de Ossa-Morena (Sinclinal del Valle), Bohemia (República Checa), Turingia (Alemania) y Cerdeña (Italia). Las unidades sin graptolitos se indican por rayado oblicuo, y los posibles hiatos con un rayado vertical. El cuadro está reproducido de ŠTORCH (1998a). El posible hiato del Aeroniense de Ossa-Morena no existe, pues con posterioridad han logrado caracterizarse los intervalos de las biozonas de *D. triangulatus* a *L. convolutus*, que faltan en el presente esquema (GUTIÉRREZ-MARCO y ŠTORCH, datos inéditos).

para todos los graptolitos, pasaron a suponerse simples artefactos de preservación (GUTIÉRREZ-MARCO y LENZ, 1998). Tampoco son raros los graptolitos conservados tridimensionalmente en calizas, especialmente en los Pirineos y la Zona de Ossa-Morena, si bien el metamorfismo hercínico alteró y fragmentó su peridermo hasta impedir la preparación química para estudios ultraestructurales.

Las referencias fundamentales sobre graptolitos silúricos españoles (trabajos con descripciones o figuras relevantes) son las de ALMERA (1891), HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1926, 1960), HABERFELNER (1931), SUÑER COMA (1957), QUINTERO (1962), ROMARIZ (1963, 1969), JAEGER y ROBARDET (1979), WEHNER (1984), JULIVERT *et al.* (1985), DÉGARDIN (1984, 1988), RODRÍGUEZ NÚÑEZ *et al.* (1989), PIEREN PIDAL y GUTIÉRREZ-MARCO (1990), GUTIÉRREZ-MARCO y ROBARDET (1991), GARCÍA PALACIOS *et al.* (1996), GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (1996, 1997, 1999), GUTIÉRREZ-MARCO y ŠTORCH (1997, 1998), ROQUÉ BERNAL (1997, 1999), GUTIÉRREZ-MARCO y LENZ (1998), PIČARRA *et al.* (1998), ŠTORCH *et al.* (1998), ŠTORCH (1998b) y GUTIÉRREZ-MARCO (1999). *Dictyonema* sp. es el único graptolito bentónico ilustrado en el Silúrico español (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2001).

Algunos de los graptolitos más comunes en la Cordillera Ibérica se reproducen aquí en la lámina I.

## Artrópodos

Los trilobites son escasos y presentan una escasa diversidad en el Silúrico español, sobre todo con referencia al registro ibérico del grupo en otros periodos mucho más prolíficos como el Cámbrico y el Ordovícico, o incluso al Devónico y Carbonífero español, donde siguen siendo bastante comunes. Los únicos estudios o menciones de trilobites silúricos españoles son los de KEGEL (1929), VON GAERTNER (1930), HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1944), GANDL (1972), DÉGARDIN y PILLET (1983), OCZLON (1989), RÁBANO *et al.* (1993), GARCÍA PALACIOS y RÁBANO (1996), ROBARDET *et al.* (2000) y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2001). La relación de especies determinadas hasta el momento en España reúne diversos cheirúridos, harpétidos, facópidos y odontopléuridos, entre ellos *Mimocryphaeus allecostatus* GANDL, 1972; *Chimerastella chimera* GANDL, 1972; *Preodontochile batalleri* (HERNÁNDEZ SAMPELAYO, 1944); *Cerauroides articulatus* (MÜNSTER, 1927); *Crotalocephalus moravecii* VOKAK y DOUBRAVA, 1990; *C. transiens* (BOUČEK, 1935); *Cromus* aff. *bohemicus* BARRANDE, 1852; *C. cf. krolmusi* CHLUPÁČ, 1971; *C. aff. leirion* ŠNAJDR, 1983; *C. rialpensis* VON GAERTNER, 1930; *Struszia?* cf. *concomitans* (PŘIBYL y VANĚK, 1962); *Leonaspis leridae* DÉGARDIN y PILLET, 1983; *Leonaspis* cf. *leonhardi* (BARRANDE, 1846); *Bohemoharpes* (*Unguloharpes*) sp., *Lioharpes* (*Fritchaspis*) sp., *Aulacopleura* sp., *Planiscutellum* sp., *Denckmannites* sp., y otros harpéti-

dos, escutelluidos, facópidos, homalonótidos y calimenáceos por el momento indeterminados.

Los restos de artrópodos distintos de los trilobites son también frecuentes en las facies de pizarras negras graptolíticas, especialmente los fragmentos de euriptéridos y los restos de filocáridos, que por el momento no han sido objeto de ningún estudio monográfico. Únicamente RÁBANO *et al.* (1989) mencionan brevemente la presencia de posibles megalograptidos en el Llandovery «iberotípico», distintos de aquellas formas más marinas, del grupo de los pterigótidos, que predominan en las sucesiones de tipo «mediterráneo».

Por último, se han identificado algunos ostrácodos silúricos en los Pirineos (DÉGARDIN y LÉTHIERS, 1982) y en la Zona de Ossa-Morena (ROBARDET *et al.*, 2000), si bien existen numerosos hallazgos en otras regiones aún por estudiar.

### Braquiópodos

Los braquiópodos abundan en muchas sucesiones silúricas ibéricas, en especial los rinconélidos epiplanctónicos presentes en las facies de pizarras graptolíticas del Telychiense y Sheinwoodiense, que eran citados por los autores antiguos como «*Rhynchonella ampelitudampelitudis* TROMELIN y LEBESCONTE, 1876» (un taxón nunca revisado y que probablemente reúne varias especies y géneros distintos). Otros estudios con descripción pormenorizada de especies españolas son los de KEGEL (1929), CARLS (1974), GOURVENEC (1990) o VILLAS y COCKS (1996), todos ellos relativos a la Zona Cantábrica y a la Cordillera Ibérica. CARLS (1977) y RÁBANO *et al.* (1993) citan también otros braquiópodos identificables en el borde septentrional centroibérico del Sistema Central y límite galaico-leonés, respectivamente. RACHEBOEUF y ROBARDET (1986) aportan algunas citas adicionales en la Zona de Ossa-Morena.

**Lámina III.** Algunos trilobites y euriptéridos del Silúrico español. 1-2, *Preodontochile batalleri* (HERNÁNDEZ SAMPELAYO, 1944), cefalón (1, x 3,2) y pigidio (2, x 2,5). 3, *Crotalocephalus transiens* (BOUČEK, 1935), cráneo (x 1,5). 4, *Struszia?* cf. *concomitans* (PRIBYL y VANĚK, 1962), x 2,3. 5-6, Euriptéridos indet., gnatobase de pata natatoria (5, x 2,5) y pliegues cuticulares de un terguito (6, x 2,2). Los ejemplares 1, 2 y 6 son vaciados en látex de moldes externos. Edades y localidades: 1-2, Llandovery de Corral de Calatrava (Ciudad Real; reproducido de GARCÍA PALACIOS y RÁBANO, 1996); 3-4, Pridoli de Rubiá (Ourense; reproducido de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2001); 5, Ludlow de Alange (Badajoz; reproducido de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 1997); 6, Llandovery de El Pobo de Dueñas (Guadalajara).

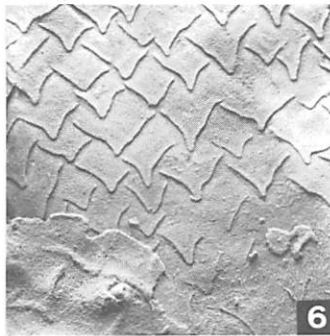
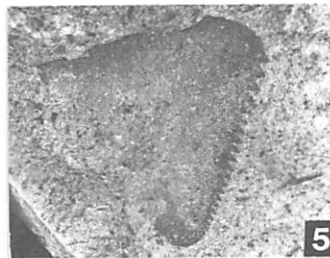
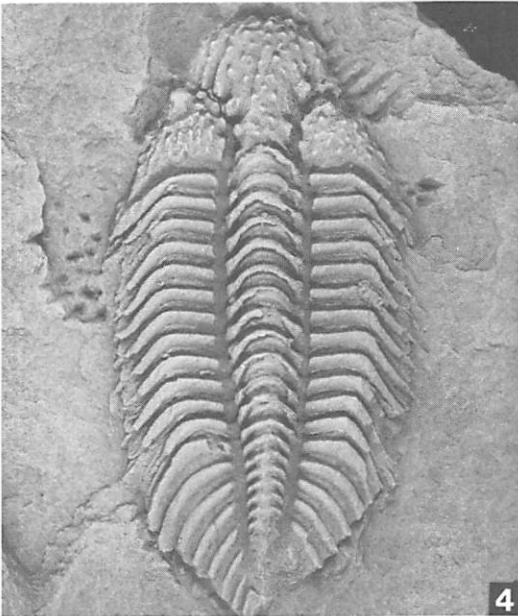
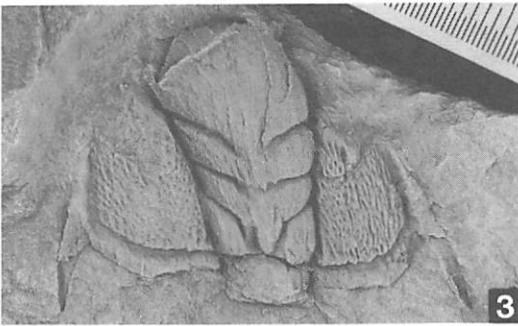


Lámina III.

Los braquiópodos de concha quitinofosfática están bastante difundidos en muchas sucesiones, pero hasta el momento permanecen sin estudiar.

## Moluscos

Entre los moluscos del Silúrico español dominan notoriamente los nautiloideos ortoconos (cefalópodos), representados en todo tipo de litologías (aplastados en pizarras, en relieve en areniscas y calizas), e incluso por piezas operculares (los antiguos «peltocáridos»). Los bivalvos son también fósiles frecuentes, tanto en los nódulos y pizarras graptolíticas del Telychiense-Sheinwoodiense «iberotípico», como en las facies calcáreas del Silúrico superior «mediterráneo». En estas últimas se identifican distintas especies de cuño bohémico y cosmopolita, pertenecientes a los géneros *Praecardium*, *Joachimia*, *Snoopya*, *Patrocardia*, *Dualina*, *Mytilarca*, *Actinopteria*, *Cheiopteria*, *Grammysia*, *Cardiola* y *Cardiolinka* (Ludlow-Prídoli de la Zona de Ossa-Morena y el borde septentrional centroibérico; KŘÍŽ in ROBARDET *et al.* [2000] y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* [2001]).

Los principales estudios o ilustraciones de cefalópodos y bivalvos silúricos españoles son los de KEGEL (1929), VIDAL (1914), CANO ALONSO *et al.* (1958), BOGOLEPOVA *et al.* (1998) y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2001). Otros grupos de moluscos, como rostroconchas y gasterópodos, permanecen sin estudiar hasta la fecha, pese a haberse citado en distintas áreas.

## Equinodermos

Los equinodermos más abundantes en el Silúrico español son los escifocrinóideos, descritos e ilustrados por PARGA PONDAL y GÓMEZ DE LLARENA (1963), OCZLON (1989), HAUDE (1992) y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2001). Sus restos, casi siempre desarticulados, corresponden a placas columnares, cálices y lobolitos de *Scyphocrinites* cf. *elegans* ZENKER, 1833, *Scyphocrinites* spp., *Carolicrinus barrandei* (WAAGEN y JAHN, 1899), *Camarocrinus* spp. y *Marhoumacrinus?* sp.

**Lámina IV.** Conodontos del Llandovery del Cabo Peñas, Asturias (1, 7, 9, 10: reproducidos de SARMIENTO *et al.*, 1994) y Ludlow de La Barosa, León (8, 11, 12: reproducidos de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2001). 1, 3, 4. *Walliserodus sancticlairi* COOPER, 1976; elemento acodiforme (1, 3, x 100) y elemento indeterminado (4, x 90). 5. *Walliserodus blackstonensis?* MCCracken, 1991, elemento costate (x 90). 6. *Panderodus feulneri* (GLENISTER, 1957), elemento falciforme (x 110). 7. *Distomodus?* sp., elemento indeterminado (x 100). 8. *Ozarkodina excavata excavata* (BRANSON y MEHL, 1933), elemento Sa (x 210). 9. *Ozarkodina excavata* (BRANSON y MEHL, 1933), elemento Pb en vista lateral externa (x 120). 10. *Ozarkodina* sp., elemento Pb en vista lateral interna (x 90). 11, 12. *Oulodus siluricus* (BRANSON y MEHL, 1933), elemento Pb (11, x 150) y elemento Sa-Sb (12, x 200).



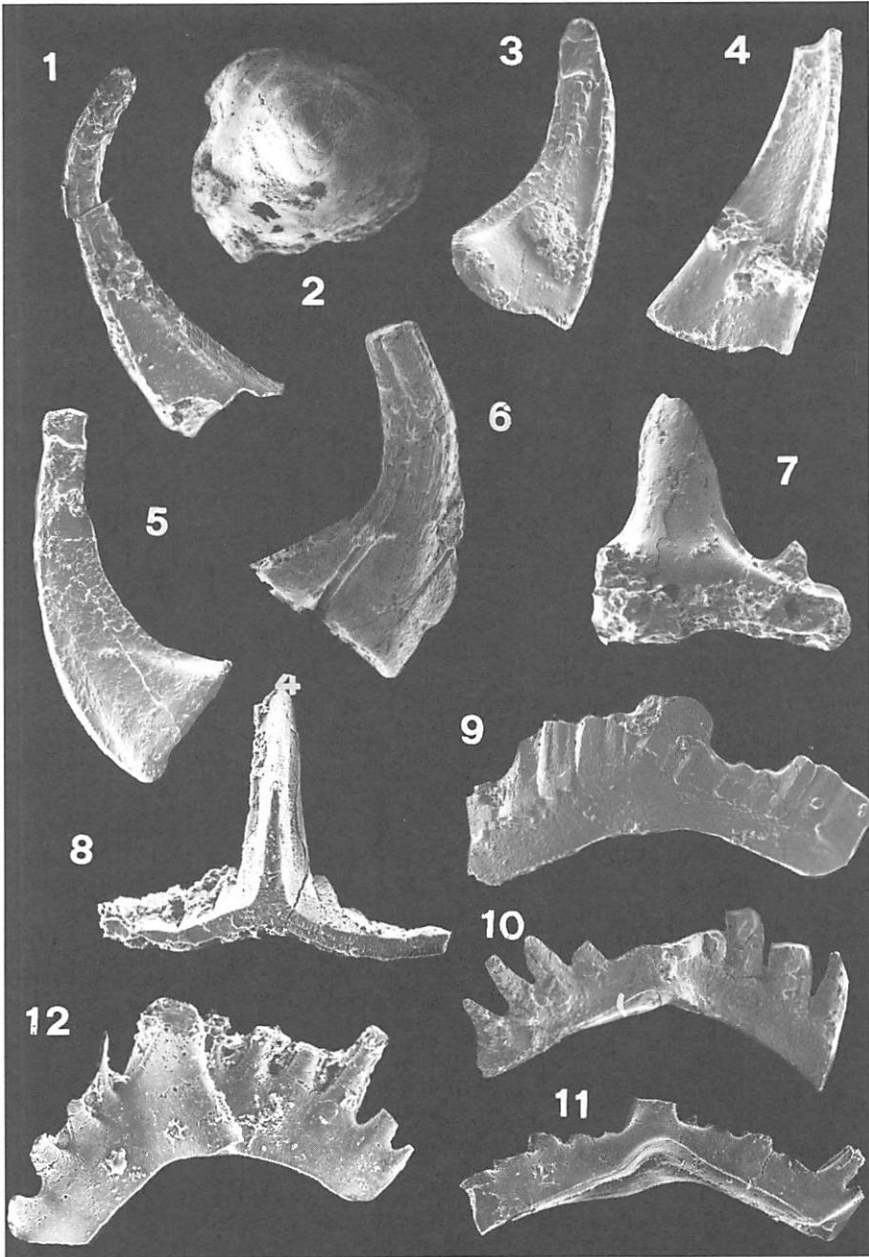


Lámina IV.

## Conodontos

El estudio de los conodontos del Silúrico español se ha desarrollado notablemente en los dos últimos decenios, en los que aparecieron modernos trabajos de taxonomía multielemental. La investigación del grupo excede propiamente a las facies normales de preservación de estos microfósiles fosfáticos (calizas), y en estos momentos se centra también en las pizarras negras graptolíticas, cuyas superficies conservan numerosos moldes de microelementos. El análisis de los conodontos ibéricos reviste el interés añadido de afectar a un área perigondwánica de paleolatitudes altas a intermedias en el transcurso del Silúrico, con gran inflación de datos paleobiogeográficos y biocronológicos a nivel mundial.

Las principales investigaciones modernas de conodontos silúricos españoles son las de BULTYNCK (1971), DÉGARDIN (1988), RODRÍGUEZ CAÑERO (1993), SARMIENTO y RODRÍGUEZ NÚÑEZ (1991), SARMIENTO *et al.* (1994, 1997, 1998), SANZ LÓPEZ (1995), SANZ LÓPEZ y SARMIENTO (1995), SARMIENTO y GARCÍA-PALACIOS (1996), VALENZUELA-RÍOS (1996), RODRÍGUEZ CAÑERO *et al.* (1997), SANZ-LÓPEZ *et al.* (1998, 1999), SANZ-LÓPEZ y PALAU RAMÍREZ (2000) y GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2001). La lista de taxones multielementales reconocidos hasta ahora en el conjunto del Silúrico español, exceptuando aquellas formas identificadas o descritas en nomenclatura abierta, es la siguiente (por orden alfabético): *Ancoradella ploeckensis* WALLISER, 1964; *Aspelundia stuegeli* (WALLISER, 1964); *A. expansa* (NICOLL y REXROAD, 1969); *Aulacognathus kuehni* MOSTLER, 1967; *Belodella silurica* BARRICK, 1977; *Carniodus carnulus* WALLISER, 1964; *Dapsilodus obliquicostatus* (BRANSON y MEHL, 1933); *Decoriconus fragilis* (BRANSON y MEHL, 1933); *Distomodus kentuckyensis* BRANSON y BRANSON, 1947; *D. staurognothoides* (WALLISER, 1964); *Kockelella absidata* BARRICK y KLAPPER, 1976; *K. patula* WALLISER, 1964; *K. ranuliformis* (WALLISER, 1964); *K. staurus* BARRICK y KLAPPER, 1976; *K. variabilis* WALLISER, 1957; *K. walliseri* (HELFRICH, 1975); *Oulodus elegans elegans* (WALLISER, 1964); *O. e. detorta* (WALLISER, 1964); *O. siluricus* (BRANSON y MEHL, 1933); *Ozarkodina bohémica* (WALLISER, 1964); *Oz. confluens* (BRANSON y MEHL, 1933); *Oz. crassa* WALLISER, 1964; *Oz. crispa* (WALLISER, 1964); *Oz. eladioi* VALENZUELA-RÍOS, 1994; *Oz. eosteinhornensis* (WALLISER, 1964); *Oz.*

**Lámina V.** Conodontos (1-7) y muellerisféridos (mazueloides: 8, 9) del Pridoli del Sinclinal del Valle (Sevilla) y Adamuz (Córdoba), respectivamente. 1-6. *Oulodus elegans* (WALLISER, 1964), elementos Sc (1, x 200), Pa (2, x 100), M (3, x 140), Sb (4, x 160), Sa (5, x 120) e indeterminado (6, x 140). 7. *Ozarkodina remscheidensis* (ZIEGLER, 1960), elemento Pa (x 170). 8, 9. *Muellerisphaerida* indet. (ambos x 400).

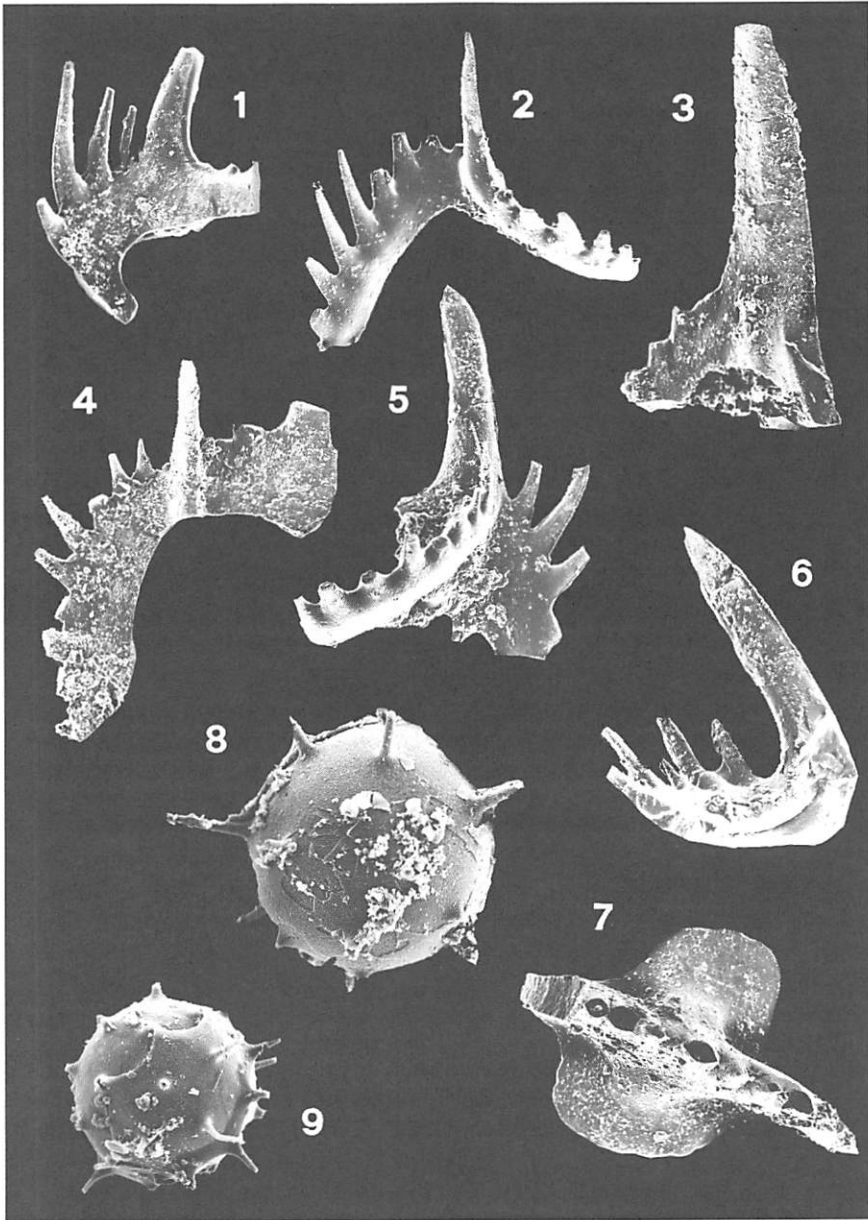


Lámina V.

*excavata excavata* (BRANSON y MEHL, 1933); *Oz. ex. emanciata* (WALLISER, 1964); *Oz. ex. inflata* (WALLISER, 1964); *Oz. remscheidensis remscheidensis* (ZIEGLER, 1960); *Oz. sagitta sagitta* (WALLISER, 1964); *Oz. s. rhenana* (WALLISER, 1964); *Oz. snajdri* (WALLISER, 1964); *Oz. broenlundii?* ALDRIDGE, 1979; *Panderodus feulneri* (GLENISTER, 1957); *P. langkawiensis* (IGO y KOIKE, 1967); *P. panderi* (STAUFFER, 1940); *P. recurvatus* (RHODES, 1953); *P. unicostatus* (BRANSON y MEHL, 1933); *Pedavis latialata* (WALLISER, 1964); *Pelekysnagthus index* KLAPPER y MURPHY, 1975; *Polygnathoides emarginatus* (BRANSON y MEHL, 1933); *Po. siluricus* BRANSON y MEHL, 1933; *Pseudooneotodus beckmanni* (BISCHOFF y SANNEMANN, 1958); *Ps. bicornis* DRYGANT, 1974; *Ps. tricornis* DRYGANT, 1974; *Pterospathodus amorphognathoides* WALLISER, 1964; *Pt. celloni* (WALLISER, 1964); *Walliserodus amplissimus* s.l. (SERPAGLI, 1967); *W. blackstonensis* MCCracken, 1991; *W. curvatus* (BRANSON y BRANSON, 1947) y *W. santclairi* COOPER, 1976.

## Palinomorfos

La investigación palinológica del Silúrico español (acritarcos, quitinozoos y esporomorfos continentales —miosporas y criptosporas— registrados en materiales marinos) se ha centrado hasta ahora principalmente en la Zona Cantábrica, donde han sido descritos e ilustrados en una treintena de trabajos, entre ellos CRAMER y DÍEZ (1978) y RODRÍGUEZ GONZÁLEZ (1983), ambos con referencias previas, así como SCHWEINEBERG (1987), PRIEWALDER (1997) y RICHARDSON *et al.* (2000a, b). Los últimos estudios citados permiten reconsiderar la posición del límite Silúrico-Devónico en el seno de la Formación Furada/San Pedro, que hasta ahora había sido aproximado tan sólo mediante los macrofósiles, así como caracterizar el desarrollo de diversos acontecimientos paleoflorísticos mundiales.

La investigación palinológica del Silúrico de otras áreas apenas ha sido iniciada en los Pirineos (DÉGARDIN y PARIS, 1978) y en la Zona de Ossa-Morena (METTE, 1989).

## Otros grupos fósiles

Entre los restantes grupos de macrofósiles representados en el Silúrico español, caben destacarse los estudios relativos a raros tentaculitoideos (JAEGER, 1986) y poríferos (RIGBY *et al.*, 1997). De los briozoos solamente se citaron los géneros *Monotrypa* y *Ptilodyctia* (TAYLOR *in* VILLAS y COCKS, 1996). Restan por estudiar grupos completos como cnidarios (corales, conuláridos), algas calcáreas, *problematica* diversos (cornulítidos, «*Sphenothallus*», machaerídios) y posibles peces, todos los cuales han comenzado a

citarse en distintas secciones aunque sin aportar identificaciones taxonómicas.

Los microfósiles reúnen grupos como por ejemplo los radiolarios, cuyo estudio aún se halla en estado incipiente en los Pirineos (DÉGARDIN y DE WEVER, 1985) y el noroeste del Macizo Hespérico (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.*, 2001), en tanto que se han localizado ya los primeros muellerisféridos del Silúrico español, que por el momento permanecen inéditos (Lám. V, figs. 8, 9).

La paleoicnología silúrica tan sólo se ha abordado con cierto detalle en España para las areniscas de la Formación Furada/San Pedro (Silúrico superior a Devónico basal) de la Zona Cantábrica, donde SUÁREZ DE CENTI *et al.* (1989) describieron variadas asociaciones paleoicnológicas involucrando 31 icnogéneros distintos.

## CONCLUSIONES

El estudio paleontológico moderno del Silúrico español se halla aún en sus inicios y, pese al gran número de especies citadas en los estudios previos, éstas se refieren en su mayoría tan sólo a graptoloideos planctónicos cuyos taxones y localidades requieren una drástica e importante revisión. La investigación de otros grupos de invertebrados es todavía precaria, incluyendo a moluscos, braquiópodos, equinodermos, briozoos, poríferos, cnidarios, algunos artrópodos (euriptéridos) y también fósiles problemáticos de diversa índole (cornulítidos, machaeridios, «*Sphenothallus*», etc). Todos ellos han sido detectados en las distintas sucesiones silúricas españolas, pero su estudio tan sólo está esbozado o ni siquiera se ha iniciado todavía.

Entre los microfósiles, las investigaciones solamente se hallan a un nivel mínimamente aceptable en conodontos post-Sheinwoodienses, así como en acritarcos y esporomorfos de la Zona Cantábrica.

De cara a un futuro inmediato, los estudios paleontológicos deben orientarse principalmente a investigar graptolitos, trilobites y microfósiles, con el fin de detallar la correlación bioestratigráfica y los aspectos paleobiogeográficos de las sucesiones silúricas españolas en el contexto internacional. A la singularidad paleogeográfica de la Península Ibérica como «puente» entre las sucesiones perigondwánicas de África y Europa central, se añade el interés intrínseco de las sucesiones «iberotípicas», representativas de ambientes someros y energéticos, previamente desconocidos o desconsiderados en la correlación del Silúrico europeo, y donde se prevé caracterizar gran número de especies endémicas.

## AGRADECIMIENTOS

Este artículo es una contribución a los proyectos BTE2000-1310 (Ministerio de Ciencia y Tecnología) y 421 del P.I.C.G. (IUGS-UNESCO). G. N. Sarmiento interviene en el marco de una beca postdoctoral de la Comunidad de Madrid.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALMERA, J. 1891. Importancia del descubrimiento del «*Monograptus priodon*» cerca S. Vicens dels Horts. *Crónica Científica*, **14** (321), pp. 116-118.
- BOGOLEPOVA, O. K., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. and ROBARDET, M. 1998. A brief account on the Upper Silurian cephalopods from the Valle syncline, province of Seville (Ossa Morena Zone, southern Spain). In: *Proceedings of the Sixth International Graptolite Conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia Field Meeting 1998 of the International Subcommittee on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS)*. (Eds. J. C. GUTIÉRREZ-MARCO and I. RABANO.) *Temas Geológico-Mineros*, **23**, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 63-66.
- BULTYNCK, P. 1971. Le Silurien Supérieur et le Dévonien Inférieur de la Sierra de Guadarrama (Espagne centrale). Deuxième partie: Assemblages de conodontes à *Spathognathodus*. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*, **47** (3), pp. 1-43.
- CANO ALONSO, R., PASCUAL GARCÍA, J. y PÉREZ SILVA, F. 1958. Localización del Gothlandense en la Hoja de Sallent (Huesca). *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **49**, pp. 53-63.
- CARLS, P. 1974. Die Proschizoporiinae (Brachiopoda, Silurium-Devon) der Östlichen Iberischen Ketten (Spanien). *Senckenbergiana lethaea*, **55**, pp. 153-227.
- CARLS, P. 1977. The Silurian-Devonian boundary in northeastern and central Spain. In: *The Silurian-Devonian boundary. International Union of Geological Sciences, Series A*, **5**, pp. 143-158.
- COCKS, L. R. M. 2001. Ordovician and Silurian global geography. *Journal of the Geological Society*, London, **158**, pp. 197-210.
- CRAMER, F. and DíEZ, M. C. 1978. Iberian Chitinozoans.-1. Introduction and summary of pre-Devonian data. *Palinología*, n.º **extraordinario 1**, pp. 149-201.
- DÉGARDIN, J. M. 1980. La faune à Graptolites de type sarde: son extension stratigraphique et sa répartition paléogéographique. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **100**, pp. 119-129.
- DÉGARDIN, J. M. 1984. Graptolites du Silurien de la région de Camprodon, Province de Gérone, Pyrénées orientales espagnoles. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **103**, pp. 57-74.

- DÉGARDIN, J. M. 1988. Le Silurien des Pyrénées, biostratigraphie, paléogéographie. *Publications de la Société Géologique du Nord*, **15**, pp. 1-525.
- DÉGARDIN, J. M. et DE WEVER, P. 1985. Radiolaires siluriens dans les Pyrénées centrales espagnoles. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **104**, pp. 121-125.
- DÉGARDIN, J. M. et LETHIERS, F. 1982. Une microfaune (Conodonta, Ostracoda) dans le Silurien terminal des Pyrénées centrales espagnoles. *Revista Española de Micropaleontología*, **14**, pp. 335-358.
- DÉGARDIN, J. M. et PARIS, F. 1978. Présence de chitinozoaires dans les calcaires siluro-dévonien de la Sierra Negra (Pyrénées centrales espagnoles). *Geobios*, **11**, pp. 769-777.
- DÉGARDIN, J. M. et PILLET, J. 1983. Nouveaux Trilobites du Silurien des Pyrénées centrales espagnoles. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **103**, pp. 83-92.
- GANDL, J. 1972. Die Acastavinae und Asteropyginae (Trilobita) Keltiberiens (NE-Spanien). *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **530**, pp. 1-184.
- GARCÍA PALACIOS, A., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. y HERRANZ ARAÚJO, P. 1996. Edad y correlación de la «Cuarcita de Criadero» y otras unidades cuarcíticas del límite Ordovícico-Silúrico en la Zona Centroeibérica meridional (España y Portugal). *Geogaceta*, **20**, pp. 19-22.
- GARCÍA PALACIOS, A. y RÁBANO, I. 1996. Hallazgo de trilobites en pizarras negras graptolíticas del Silúrico inferior (Telychiense, Llandovery) de la Zona Centroeibérica (España). *Geogaceta*, **20**, pp. 239-241.
- GOURVENNEC, R. 1990. Un genre nouveau de Cyrtiacea (Brachiopoda) du Silurien supérieur d'Espagne. *Geobios*, **23**, pp. 141-147.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. 1999. Algunos ejemplos inusuales de nematulario en graptolitos silúricos del noreste de España. In: *Actas de las XV Jornadas de Paleontología*. (Ed. I RABANO.) Temas Geológico-Mineros, **26**, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 239-243.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. and LENZ, A. C. 1998. Graptolite synrhabdosomes: biological or taphonomic entities? *Paleobiology*, **24**, pp. 37-48.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., LENZ, A. C., ROBARDET, M. and PICARRA, J. M. 1996. Wenlock-Ludlow graptolite biostratigraphy and extinction: a reassessment from the southwestern Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Canadian Journal of Earth Sciences*, **33**, pp. 656-663.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., PORRO MAYO, T., HERRANZ ARAÚJO, P. y GARCÍA PALACIOS, A. 1997. Dos nuevos yacimientos con graptolitos silúricos en la región de Alange (Badajoz). *Geogaceta*, **21**, pp. 131-133.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. et ROBARDET, M. 1991. Découverte de la zone à *Parakidograptus acuminatus* (base du Llandovery) dans le Silurien du synclinorium de Truchas (Zone asturo-léonaise, NO de l'Espagne): conséquences stratigraphiques.

ques et paléogéographiques au passage Ordovicien-Silurien. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, (série 2), **312**, pp. 729-734.

- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., ROBARDET, M. and PIÇARRA, J. M. 1998. Silurian stratigraphy and paleogeography of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *In: Proceedings of the Sixth International Graptolite Conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia Field Meeting 1998 of the International Subcommittee on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS)*. (Eds. J. C. GUTIÉRREZ-MARCO and I. RABANO.) *Temas Geológico-Mineros*, **23**, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 13-44.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., ROQUÉ BERNAL, J., ROBARDET, M. e IBÁÑEZ SOTILLOS, R. 1999. Graptolitos de la Biozona de *Coronograptus cyphus* (Rhuddaniense: Silúrico inferior) en el área del Montseny (Cadenas Costeras Catalanas, noreste de España). *In: Actas de las XV Jornadas de Paleontología*. (Ed. I. RÁBANO.) *Temas Geológico-Mineros*, **26** (2), Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 618-622.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., SARMIENTO, G. N., ROBARDET, M., RÁBANO, I. and VANĚK, J. 2001. Upper Silurian fossils of Bohemian type from NW Spain and their palaeogeographical significance. *Journal of the Czech Geological Society*, **46** (3-4), pp. 161-172.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. y ŠTORCH, P. 1997. Graptolitos silúricos del sinclinal de Castriño (Zona Asturoccidental-Leonesa, NO de España): revisión del yacimiento descubierto por Casiano de Prado en 1855. *Geogaceta*, **22**, pp. 89-92.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. and ŠTORCH, P. 1998. Graptolite biostratigraphy of the Lower Silurian (Llandovery) shelf deposits of the Western Iberian Cordillera, Spain. *Geological Magazine*, **135**, pp. 71-92.
- HABERFELNER, E. 1931. Eine revision der Graptolithen der Sierra Morena (Spanien). *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, **43**, pp. 19-66.
- HAUDE, R. 1992. Scyphocrinoiden, die Bojen-Seelilien im hohem Silur-tiefen Devon. *Palaeontographica*, Abteilung A, **222**, pp. 141-187.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. 1926. Yacimientos de graptolítidos en la zona de Almadén. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, **26**, pp. 335-338.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. 1944. De la fauna Gotlandiense. *Dalmanites batalleri* SAMP.—corrección de *Phacops longicaudatus* MURCH.—*Dalmanites longicaudatus*, enmienda de FONT y SAGÚE. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **13**, pp. 4-8.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. 1960. Graptolítidos españoles. Recopilados por Rafael Fernández-Rubio. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **57** (1), pp. 3-77.
- JAEGER, H. 1986. Graptolithen als Tentakulitenfalle. *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **14**, pp. 669-671.
- JAEGER, H. et ROBARDET, M. 1979. Le Silurien et le Dévonien basal dans le Nord de la Province de Séville (Espagne). *Geobios*, **12**, pp. 687-714.



- JULIVERT, M., DURÁN, H., RICKARDS, R. B. and CHAPMAN, A. J. 1985. Siluro-Devonian graptolite stratigraphy of the Catalonian Coastal Ranges. *Acta Geológica Hispánica*, **20**, pp. 199-207.
- KEGEL, W. 1929. Das Gotlandium in den Kantabrischen Ketten Nordspaniens. *Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft*, **81**, pp. 35-62.
- KOREN, T. N., LENZ, A. C., LOYDELL, D. K., MELCHIN, M. J., ŠTORCH, P. and TELLER, L. 1996. Generalized graptolite zonal sequence defining Silurian time intervals for global paleogeographic studies. *Lethaia*, **29**, pp. 59-60.
- METTE, W. 1989. Acritarchs from Lower Paleozoic rocks of western Sierra Morena, SW-Spain and biostratigraphic results. *Geologica et Palaeontologica*, **23**, pp. 1-19.
- OCZLON, M. 1989. *Fazies und Fauna im Silur und Devon des «Valle» (Provinz Sevilla, SW-Spanien)*. Diplomarbeit, Universität Heidelberg. 86 pp. [Inédito.]
- PARGA-PONDAL, I. y GÓMEZ DE LLARENA, J. 1963. Yacimientos fosilíferos en las pizarras metamórficas de Guntín (Lugo, Galicia). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, **61**, pp. 83-88.
- PARIS, F. 1998. Early Palaeozoic palaeogeography of northern Gondwana regions. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, **42**, pp. 473-483.
- PHILLIPOT, A. et RIBA, O. 1952. Sur la faune graptolitique de la Sierra d'Albarracín (Chaîne Ibérique). *Comptes Rendus Sommaires des Séances de la Société géologique de France*, **5**, pp. 74-75.
- PIÇARRA, J. M. e GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. 2001. Revisão preliminar dos graptólitos silúricos portugueses de tipo «sardo». *XVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, Albarracín, del 18 al 20 de octubre de 2001. Libro de Resúmenes*. (Eds. G. MELÉNDEZ, Z. HERRERA, G. DELVENE y B. AZANZA.) Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza (SEPAZ), **5**, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, pp. 434-440.
- PIÇARRA, J. M., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., LENZ, A. C. and ROBARDET, M. 1998. Pridoli graptolites from the Iberian Peninsula: a review of previous data and new records. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **35**, pp. 65-75.
- PIEREN-PIDAL, A. y GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. 1990. Datos bioestratigráficos de los materiales silúricos del sinclinal de Herrera del Duque (Badajoz). *Geogaceta*, **8**, pp. 58-61.
- PRIEWALDER, H. 1997. SEM-revision of a chitinozoan assemblage from the uppermost San Pedro Formation (Pridoli), Cantabrian Mountains (Spain). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt*, **140**, pp. 73-93.
- QUINTERO, I. 1962. Graptolites en la provincia de Lugo. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, **65**, pp. 61-82.
- RABANO, I., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. and ROBARDET, M. 1993. Upper Silurian Trilobites of Bohemian affinities from the West Asturian-Leonese Zone (NW Spain). *Geobios*, **26**, pp. 361-376.

- RÁBANO, I., PARIS, F., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., ROBARDET, M. y RODRÍGUEZ NÚÑEZ, V. M. 1989. Restos de grandes euyptéridos (Arthropoda, Chelicerata) en las facies ampelíticas del Silúrico ibero-armoricano (SO de Europa). *Resúmenes V Jornadas de Paleontología, Valencia*, pp. 121-123.
- RACHEBOEUF, P. et ROBARDET, M. 1986. Le Pridoli et le Dévonien inférieur de la Zone d'Ossa-Morena (Sud-Ouest de la Péninsule Ibérique). Étude des brachiopodes. *Geologica et Palaeontologica*, **20**, pp. 11-37.
- RICHARDSON, J. B., RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, R. M. and SUTHERLAND, S. J. E. 2000a. Palynology and recognition of the Silurian/Devonian boundary in some British terrestrial sediments by correlation with Cantabrian and other European marine sequences – a progress report. *Courier Forschungs-Institut Senckenberg*, **220**, pp. 1-7.
- RICHARDSON, J. B., RODRÍGUEZ, R. M. and SUTHERLAND, S. J. E. 2000b. Palynological zonation of mid-Palaeozoic sequences from the Cantabrian Mountains, NW Spain: Implications for inter-regional & interfacies correlation of the Ludford/Pridoli and Silurian/Devonian boundaries and plant dispersal patterns. *In: I Congreso Ibérico de Paleontología. XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. VIII International Meeting of IGCP 421. Livro de Resumos.* (Eds. J. B. Díez e A. C. BALBINO.) Universidade de Évora, Évora, 269.
- RIGBY, J. K., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., ROBARDET, M. and PIÇARRA, J. M. 1997. First articulated Silurian sponges from the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Journal of Paleontology*, **71** (4), pp. 554-563.
- ROBARDET, M. and GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. (In press.) Silurian. *In: The Geology of Spain.* (Eds. T. MORENO and W. GIBBONS.) *Geological Society, London, Special Publication.*
- ROBARDET, M., RÁBANO, I., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., SARMIENTO, G. N. y VANĚK, J. 2000. La «Caliza de *Scyphocrinites*» (Silúrico superior) del Norte de Sevilla: avance de resultados paleontológicos y bioestratigráficos. *In: I Congreso Ibérico de Paleontología. XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. VIII International Meeting of IGCP 421. Livro de Resumos.* (Eds. J. B. Díez e A. C. BALBINO.) Universidade de Évora, Évora, pp. 270-272.
- RODRÍGUEZ CAÑERO, R. 1993. *Contribución al estudio de los conodontos del Paleozoico del Complejo Maláguide (Cordillera Bética).* Tesis Doctoral, Universidad de Málaga. 474 pp. [Inédito.]
- RODRÍGUEZ CAÑERO, R., GARCÍA LÓPEZ, S. y SARMIENTO, G. 1997. Conodontos siluro-devónicos de la Peña de Ardales (Complejo Maláguide, Cordillera Bética). *In: XIII Jornadas de Paleontología «Fósiles de Galicia». V Reunión Internacional Proyecto 351 PICG «Paleozoico Inferior del Noroeste de Gondwana». A Coruña. 16-18 de Octubre 1997. Libro de Resúmenes y Excursiones.* (Eds. A. GRANDAL D'ANGLADE, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO y L. SANTOS FIDALGO.) Sociedad Española de Paleontología, Madrid, pp. 92-94.
- RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, R. M. 1983. *Palinología de las formaciones del Silúrico superior-Devónico inferior de la Cordillera Cantábrica, Noroeste de España.* Institución Fray

*Fósiles del Silúrico español*

- Bernardino de Sahagún-Servicio de Publicaciones de la Universidad de León, León. 231 pp.
- RODRÍGUEZ NÚÑEZ, V. M., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. y SARMIENTO, G. 1989. Rasgos bioestratigráficos de la sucesión silúrica del Sinclinal del Guadarranque (provincias de Cáceres, Badajoz y Ciudad Real). *Coloquios de Paleontología*, **42**, pp. 83-106.
- ROMARIZ, C. 1963. Graptolitos da colecção de Nery Delgado provenientes de jacidas espanholas. *Boletim do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Faculdade de Ciências*, Lisboa, **9**, pp. 131-134.
- ROMARIZ, C. 1969. Graptolitos silúricos do Noroeste Peninsular. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **53**, pp. 107-155.
- ROMARIZ, C., ARCHE, A., BARBA, A., GUTIÉRREZ ELORZA, M. AND VEGAS, R. 1971. The mediterranean graptolitic fauna of the Wenlockian of Iberia. *Boletim da Sociedade Geológica de Portugal*, **18**, pp. 57-61.
- ROQUÉ BERNAL, J. 1997. Graptolitos rhuddanienses en la Sierra de Miramar (Cadenas Costeras Catalanas). In: *XIII Jornadas de Paleontología «Fósiles de Galicia». V Reunión Internacional Proyecto 351 PICG «Paleozoico Inferior del Noroeste de Gondwana». A Coruña. 16-18 de Octubre 1997. Libro de Resúmenes y Excursiones*. (Eds. A. GRANDAL D'ANGLADE, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO y L. SANTOS FIDALGO.) Sociedad Española de Paleontología, Madrid, pp. 95-97.
- ROQUÉ, J. 1999. La Biozona *ascensus-acuminatus* en el Silúrico de las Cadenas Costeras Catalanas (NE de España). In: *Actas de las XV Jornadas de Paleontología*. (Ed. I. RABANO.) Temas Geológico-Mineros, **26** (2), Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 632-637.
- SANZ LÓPEZ, J. 1995. *Estratigrafía y bioestratigrafía (Conodontos) del Silúrico superior-Carbonífero inferior del Pirineo oriental y central*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona. 594 pp.
- SANZ-LÓPEZ, J., BARNOLAS, A. et GARCÍA-SANSEGUNDO, J. 1998. Le Silurien supérieur et le Dévonien inférieur à faciès carbonatés du massif des Gavarres (chaînes côtières catalanes, Nord-Est de l'Espagne): stratigraphie et relation structurale avec les séries sous-jacentes. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris*, **326**, pp. 893-900.
- SANZ-LÓPEZ, J. y PALAU RAMÍREZ, J. 2000. Conodontos del Wenlock del Macizo del Marimanya, Pirineo Central. In: *I Congreso Ibérico de Paleontología. XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. VIII International Meeting of IGCP 421. Libro de Resúmenes*. (Eds. J. B. DÍEZ y A. C. BALBINO.) Universidade de Évora, Évora, pp. 278-279.
- SANZ LÓPEZ, J. y SARMIENTO, G. N. 1995. Asociaciones de conodontos del Ashgill y del Llandovery en horizontes carbonatados del valle del Freser (Girona). In: *XI Jornadas de Paleontología, Trempt, Libro de Resúmenes*. (Eds. G. LOPEZ, A. OBRADOR y E. VICENS), pp. 157-160.
- SANZ-LÓPEZ, J., VALENZUELA-RÍOS, J. I., GARCÍA-LÓPEZ, S., GIL PEÑA, I. y ROBADOR, A. 1999. Nota preliminar sobre la estratigrafía y el contenido en conodontos del

- Pridolí-Lochkoviense inferior en la unidad de els Castells (Pirineo central). *In: Actas de las XV Jornadas de Paleontología*. (Ed. I. RÁBANO.) Temas Geológico-Mineros, 26 (2), Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 638-642.
- SARMIENTO, G. N., CALVO, A. A. y GONZÁLEZ-CLAVIJO, E. 1997. Conodontos paleozoicos (Ashgill - Emsiense) del Sinforme de Alcañices (oeste de Zamora, España). *In: XIII Jornadas de Paleontología «Fósiles de Galicia». V Reunión Internacional Proyecto 351 PICG «Paleozoico Inferior del Noroeste de Gondwana». A Coruña. 16-18 de Octubre 1997. Libro de Resúmenes y Excursiones*. (Eds. A. GRANDAL D'ANGLADE, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO y L. SANTOS FIDALGO.) Sociedad Española de Paleontología, Madrid, pp. 108-111.
- SARMIENTO, G. N. y GARCÍA-PALACIOS, A. 1996. Conodontos silúricos (Telychiense-Sheinwoodiense) en las facies sapropelíticas negras de Corral de Calatrava (Ciudad Real), España. *In: Comunicaciones XII Jornadas de Paleontología: Badajoz, 30 de octubre-2 de noviembre de 1996*. (Eds. T. PALACIOS y R. GOZALO.) Universidad de Extremadura, Servicio de Publicaciones, Cáceres, pp. 109-111.
- SARMIENTO, G. N. y RODRÍGUEZ NÚÑEZ, V. M. 1991. Conodontos telychienses (Silúrico Inferior) del Sinclinal del Guadarranque (Zona Centroibérica, Macizo Hespérico). *In: El Estudio de la Forma Orgánica y sus consecuencias en Paleontología Sistemática, Paleoecología y Paleontología Evolutiva*. (Eds. M. DE RENZI, A. MÁRQUEZ-ALIAGA y J. USERA.) *Revista Española de Paleontología*, n° Extraordinario, pp. 151-156.
- SARMIENTO, G. N., SANZ-LÓPEZ, J. and GARCÍA-LÓPEZ, S. 1998. Silurian conodonts from the Iberian Peninsula – an update. *In: Proceedings of the Sixth International Graptolite Conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia Field Meeting 1998 of the International Subcommission on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS)*. (Eds. J. C. GUTIÉRREZ-MARCO and I. RÁBANO.) Temas Geológico-Mineros, 23, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 119-124.
- SARMIENTO, G., MÉNDEZ-BEDIA, I., ARAMBURU, C., ARBIZU, M. and TRUYOLS, J. 1994. Early Silurian Conodonts from the Cantabrian Zone, NW Spain. *Geobios*, 27, pp. 507-522.
- SCHWEINEBERG, J. 1987. Silurische Chitinozoen aus der Provinz Palencia (Kantabrisches Gebirge, N-Spanien). *Göttinger Arbeiten für Geologie und Paläontologie*, 33, pp. 1-94.
- ŠTORCH, P. 1998a. Biostratigraphy, palaeobiogeographical links and environmental interpretation of the Llandovery and Wenlock graptolite faunas of peri-Gondwanan Europe. *In: Proceedings of the Sixth International Graptolite Conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia Field Meeting 1998 of the International Subcommission on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS)*. (Eds. J. C. GUTIÉRREZ-MARCO and I. RÁBANO.) Temas Geológico-Mineros, 23, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 126-129.
- ŠTORCH, P. 1998b. New data on Telychian (Upper Llandovery, Silurian) graptolites from Spain. *Journal of the Czech Geological Society*, 43, pp. 113-141.

*Fósiles del Silúrico español*

- ŠTORCH, P., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., SARMIENTO, G. N. and RÁBANO, I. 1998. Mid-Conference Field Trip. Upper Ordovician and Lower Silurian of Corral de Calatrava, southern part of the Central Iberian Zone. In: *Proceedings of the Sixth International Graptolite Conference of the GWG (IPA) and the SW Iberia Field Meeting 1998 of the International Subcommission on Silurian Stratigraphy (ICS-IUGS)*. (Eds. J. C. GUTIÉRREZ-MARCO and I. RÁBANO.) *Temas Geológico-Mineros*, 23, Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, pp. 319-325.
- SUÁREZ DE CENTI, C., GARCÍA-RAMOS, J. C. y VALENZUELA, M. 1989. Icnofósiles del Silúrico de la Zona Cantábrica (NO de España). *Boletín Geológico y Minero*, 100, pp. 339-394.
- SUÑER COMA, E. 1957. Los Graptolítidos del Silúrico superior de la Cordillera Costera Catalana. I, Santa Creu d'Olorda (Can Farrés). *Estudios geológicos*, 33, pp. 45-84.
- TRUYOLS, J. y JULIVERT, M. 1983. El Silúrico en el Macizo Ibérico. In: *Libro Jubilar J.M. Ríos. Tomo I. Geología de España*. (Coord. J. A. COMBA.) Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, pp. 246-265.
- VALENZUELA-RÍOS, J. I. 1996. Conodontos del Wenlock y Ludlow (Silúrico) del Valle de Tena (Pirineos Aragoneses). *Geogaceta*, 19, pp. 91-93.
- VIDAL, L. M. 1914. Nota paleontológica sobre el Silúrico superior del Pirineo catalán. *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 11 (19), pp. 307-313.
- VILLAS, E. and COCKS, L. R. M. 1996. The first Early Silurian brachiopod fauna from the Iberian Peninsula. *Journal of Paleontology*, 70 (4), pp. 571-588.
- VON GAERTNER, H. R. 1930. Obersilurische Faunen aus des spanischen Pyrenäen. *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse*, 4, pp. 179-188.
- WEHNER, G. 1984. *Graptolithen aus der Bâdenas-Formation, NE-Spaniens*. Diplomarbeit, Universität Würzburg. 52 pp. [Inédito.]