

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/305699822>

# CRONOESTRATIGRAFÍA GLOBAL VS. ESCALAS REGIONALES EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA: UN EJEMPLO PARA EL ORDOVÍCICO DEL ÁREA POLAR PERIGONDWÁNICA

Conference Paper · July 2016

CITATIONS

0

READS

1,390

4 authors:



**Juan Carlos Gutiérrez-Marco**  
Spanish National Research Council

263 PUBLICATIONS 2,322 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Artur A. Sá**  
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

142 PUBLICATIONS 384 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Enrique Bernárdez**  
Universidad de Atacama

108 PUBLICATIONS 452 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**G.N. Sarmiento**  
Complutense University of Madrid

105 PUBLICATIONS 667 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Calymenina Trilobites from the Devonian of Portugal - a Review [View project](#)



revision of the Neoproterozoic-lower Cambrian metasedimentary sequences in Portugal [View project](#)



Organització  
de les Nacions Unides  
per a l'Educació,  
la Ciència i la Cultura



Catalunya Central  
Geoparc  
mundial de  
la UNESCO



## XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología Geoparc Mundial UNESCO de la Catalunya Central



Manresa, del 11 al 16 de julio de 2016

**GeoParc**  
Mundial UNESCO  
de la Catalunya Central



Escola Politécnica Superior  
d'Enginyeria de Manresa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

COL·LEGI OFICIAL DE DOCTORS  
I LLICENCIATS EN FILOSOFIA I LLETRES  
I EN CIÈNCIES DE CATALUNYA  
*Collegi dels docents  
i dels professionals de la cultura*

**ICGC**  
Institut  
Cartogràfic i Geològic  
de Catalunya



Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori  
i Sostenibilitat

# **XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología**

**Manresa, del 11 al 16 de julio de 2016**

# **XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología**

## **Manresa 2016**

### **Maquetación:**

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

### **Impresión:**

Fotoletra

### **El Parque Geológico y Minero de la Cataluña Central**

[www.geoparc.cat](http://www.geoparc.cat)

### **Asociación Española para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra**

[www.aepect.org](http://www.aepect.org)

### **Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya**

[www.cdl.cat](http://www.cdl.cat)

### **Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa**

[www.epsem.upc.edu](http://www.epsem.upc.edu)

### **Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya**

[www.icgc.cat](http://www.icgc.cat)

Dipòsit Legal: B. 16 015-2016

# XIX Simposio sobre Enseñanza de la Geología

## Comité organizador

### Coordinación:

Ferran Climent Costa. Director Científico del Geoparc de la Catalunya Central.

Cristina Rubio Segura. Gerente del Geoparc de la Catalunya Central.

### Componentes:

David Parcerisa Duocastella. Ingeniería i Mines, de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), de Manresa.  
Montserrat Vehí Casellas. Red Territorial AEPECT Cataluña.

Xavier Juan Pons. Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya.

Oriol Oms Llobet. Unitat d'Estratigrafia del Departament de la Universitat Autònoma de Catalunya.

Llorens Ruiz Soria. Seminari Permanent de Ciències Naturals (Associació de Professors Llicenciats en Biologia, Geologia i Ciències Mediambientals).

### Secretaría técnica:

Benjamí Fortuny Cuesta. Geoparc de la Catalunya Central.

Gemma Jiménez Cortés. Geoparc de la Catalunya Central.

### Secretària Acadèmica de la Organització:

Agnès Creus Izquierdo. Col·legi Oficial de Doctors i Llicenciats en Filosofia i Lletres i en Ciències de Catalunya.

## Comité científico

### Coordinador General y Presidente:

Josep M. Mata-Perelló. Presidente del Comité Científico del Geoparc de la Catalunya Central.

### Vicepresidenta:

Irene Borda Llorés. IES Pont de Suert, Lleida.

### Componentes:

Carlos Aguilar Solà. Entorn d'Aprenentatge de Tremp, Lleida.

Pedro Alfaro García. Universidad de Alicante.

Alvaro Arasa Tuliesa. IES. Cristòfol Despuig de Tortosa.

Joan Bach i Plaza. Universitat Autònoma de Barcelona.

Ànchel Belmonte Ribas. IES Hermanos Argensola de Barbastro.

Jose Manuel Brandão. Universidade de Évora.

David Brusi Belmonte. Universitat de Girona.

Pedro Miguel Callapez. Universidade do Miño.

Jose Vicente Cardona Gavalda. IES Vinaròs, Castellón.

Ferran Colombo Piñol. Universitat de Barcelona.

Alicia Eritja Llorente. Profesora Jubilada de Secundaria.

Inés Fuertes Gutiérrez. IES Ribera de Castilla, Valladolid.

Ana Gallego- Preciados Algora. Colegio Jesús Nazareno, Almadén.

Ramon Grau Girona. IES Miquel Biada, Mataró, Barcelona.

Francisco Guilén Mondejar. Universidad de Murcia.

Luis Mansilla Plaza. Universidad de Castilla-La Mancha.

Xavier Martí Ausejo. IES Bigues, Barcelona

Josep Molina Sanz. Col·legi Jesús Maria Claudina Thévenet, Barcelona.

Juan Gabriel Morcillo Ortega. Universidad Complutense de Madrid.

Emilio Pedrinaci Rodríguez. IES El Majuelo, Gines, Sevilla. († 2016)

Andreu Pocovi Juan. Universidad de Zaragoza.

Octavio Puche Riart. Universidad Politécnica de Madrid.

David Rabadà Ribes. Institut Olorda, de Sant Feliu de Llobregat, Barcelona.

Mari Carmen Reboreda Jimenez. IES Miquel Biada, Mataró, Barcelona.

## Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

### Coordinación general:

Xavier Berastegui

Coordinación i revisió científica i editorial

Marta González Díaz

# CRONOESTRATIGRAFÍA GLOBAL VS. ESCALAS REGIONALES EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA: UN EJEMPLO PARA EL ORDOVÍCICO DEL ÁREA POLAR PERIGONDWÁNICA

## GLOBAL CHRONOSTRATIGRAPHY VS. REGIONAL SCALES IN GEOLOGICAL TEACHING: AN EXAMPLE FROM THE ORDOVICIAN OF THE POLAR PERI-GONDWANAN AREA

J.C. GUTIÉRREZ-MARCO<sup>1</sup>, A.A. SÁ<sup>2</sup>, E. BERNÁRDEZ<sup>3</sup> Y G.N. SARMIENTO<sup>4</sup>

1, INSTITUTO DE GEOCIENCIAS (CSIC, UCM), MADRID, jcgrapto@ucm.es

2, DEPTO. GEOLOGÍA, U. TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO, VILA REAL, PORTUGAL, asa@utad.pt

3, DEPTO. GEOLOGÍA, U. ATACAMA, COPIAPÓ (CHILE), enrique.bernardez@uda.cl

4, DEPTO. PALEONTOLOGÍA, U. COMPLUTENSE MADRID, gsarmien@ucm.es

### RESUMEN:

La Escala Cronoestratigráfica Internacional, jalonada por los estratotipos de límite global o GSSP, ha venido a clarificar y reemplazar el uso de muchos nombres estratigráficos obsoletos, pero tiene el inconveniente de que carece de conexiones directas con el registro estratigráfico no marino, o con muchas escalas cronoestratigráficas regionales (marinas o continentales). Muchas de ellas pueden utilizarse, a efectos operativos, para precisar la correlación dentro de cuencas sedimentarias concretas, o en dominios paleo(bio)geográficos bien definidos. A modo de ejemplo se presentan los avatares registrados por la escala cronoestratigráfica del sistema Ordovícico, nacida de unos estratotipos británicos históricos, que no pudieron consolidarse para construir la escala cronoestratigráfica global, sustancialmente distinta. La propia evolución conceptual de la escala británica desaconseja su uso más allá del ámbito regional británico-avalónico. Las dificultades de correlación del Ordovícico ibérico y de las altas paleolatitudes perigondwánicas con la escala global, también justifica la adopción de una escala regional propia, fundada en la cronoestratigrafía bohemo-ibérica.

**PALABRAS CLAVE:** Cronoestratigrafía global, correlación, escalas regionales, Ordovícico, Gondwana, España.

### ABSTRACT:

The International Chronostratigraphic Chart, defined by Global Stage sections and points (GSSPs), allows clarification and replacement of many obsolete stratigraphic names, but has the inconvenience that don't offers a direct connection with the non-marine stratigraphic record, or with the multiple regional timescales, either marine or continental, that successfully work for certain sedimentary basins or within well-defined paleo(bio)geographic domains. The Ordovician chronostratigraphy is a good example of these difficulties. This system was originally derived from historical British stratotypes, none of which were retained in the redefinition of the global Ordovician scale. The conceptual evolution recorded by the British scale avoids its use outside of the British-Avalonian paleogeographic realm. The same difficulties of correlation of the global scale with the Iberian Ordovician and all the peri-Gondwanan high palaeolatitudinal areas justifies the adoption of a Bohemo-Iberian regional scale in order to provide more exact correlations.

**KEY WORDS:** Global chronostratigraphy, correlation, regional scales, Ordovician, Gondwana, Spain.

# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas mayores para enseñar a comprender el tiempo geológico, viene de la mano de los frecuentes cambios de terminología o rango que, hasta hace pocos años, registraban las unidades integrantes de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, editada por la Comisión Internacional de Estratigrafía de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (ICS-IUGS): Cohen et al. (2013). La Tabla reúne la escala global de términos cronoestratigráficos (unidades materiales tiempo-roca: eonotema, eratema, sistema, serie, piso) y sus correspondientes equivalentes geocronológicos (los intervalos temporales “memorizados” por las primeras: eón, era, periodo, época, edad). Asimismo, ambos tipos de unidades estratigráficas se hallan acompañadas por una serie de edades numéricas aproximadas, normalmente obtenidas en proximidad a los estratotipos de límite global (GSSP), que definen la base de todas las unidades cronoestratigráficas. Mientras que las primeras aportan estabilidad, las dataciones son mucho más susceptibles de experimentar cambios de cara a las futuras ediciones de la Tabla, dado que los métodos geocronométricos instrumentales van haciéndose más sofisticados con el tiempo, cada vez se aplican a un mayor rango de materiales, y permitirán obtener una mayor precisión para fechar los niveles de referencia u otros aún por conocer. Pero conviene tener claro que las edades absolutas en sí mismas son accesorias y no delimitan unidades estratigráficas, salvo transitoriamente para una parte del Precámbrico y la pretendida base del “Antropoceno” (Finney y Edwards, 2016), si bien a excepción del último caso citado, se suman a la Tabla Cronoestratigráfica a fin de brindar una idea de la duración de las distintas unidades geocronológicas.

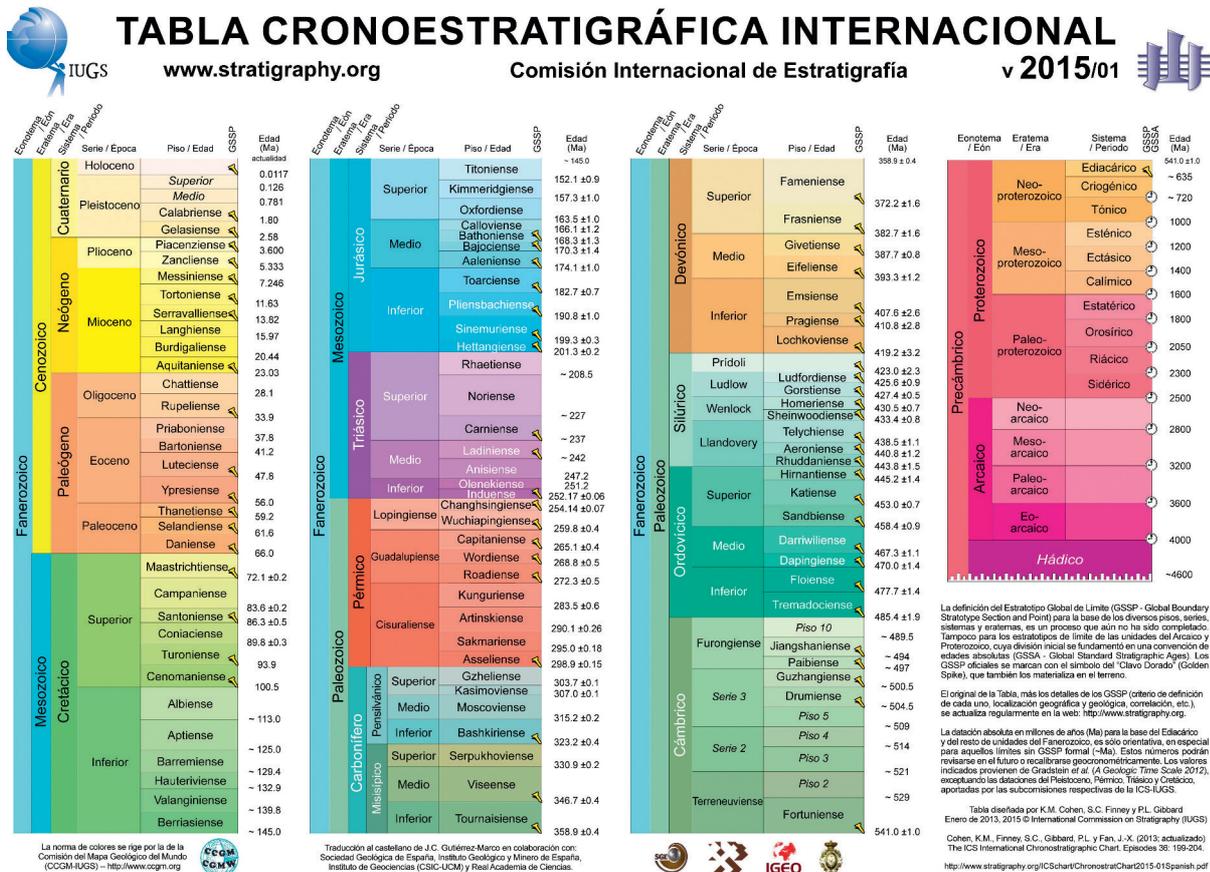


Figura 1. Traducción española de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (versión 2015), coordinada por J.C. Gutiérrez-Marco y publicada por la Comisión Internacional de Estratigrafía (IUGS). Disponible en [www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2015-01Spanish.jpg](http://www.stratigraphy.org/ICSChart/ChronostratChart2015-01Spanish.jpg)

Desde el año 2013, la Tabla se halla traducida al castellano (el español de América mantiene otras peculiaridades lingüísticas), catalán y euskara, en la página web de la Comisión Internacional de Estratigrafía ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)), desde donde puede descargarse gratuitamente, registrando las actualizaciones periódicas que van siendo adoptadas por la ICS-IUGS (Gutiérrez-Marco, 2015).

No obstante, hasta alcanzarse el amplio consenso formal representado por la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Figura 1), ha sido necesario transitar por un largo camino de estudios y decisiones científicas, en el transcurso del cual unidades cronoestratigráficas populares y utilizadas en la Geología del siglo XX, se han visto paulatinamente reemplazadas por otras nuevas que satisficieran mejor los requerimientos de la *Guía Estratigráfica Internacional* (ver Reguant y Ortiz, 2001, para un compendio-resumen en español).

Como ejemplo de las unidades forzosamente relegadas al lenguaje coloquial, tenemos a las antiguas “eras” *Primaria*, *Secundaria* y *Terciaria*, reemplazadas respectivamente por los eratemas/eras Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, el último de los cuales incluye a la antigua “era Cuaternaria” como un sistema/periodo independiente (Figura 1). A la desaparición del “Terciario” (equivalente a los actuales sistemas Paleógeno y Neógeno), se unen también las antiguas series jurásicas Lias, Dogger y Malm, y la pérdida del influjo europeo del “trías germánico” (*Buntsandstein*, *Muschelkalk* y *Keuper*), que en realidad son facies heterócronas, la primera de las cuales suele iniciarse en el Pérmico.

A nivel de las combinaciones series-pisos, los cambios no son menores, observándose un amplio reemplazamiento terminológico en el Cámbrico, Ordovícico, Devónico y Carbonífero, con la desaparición de nombres tan utilizados en el pasado como, entre otros, Tommotiense, Acadiense, Llanvirn, Caradoc, Gedinense, Siegeniense, Struniense o Dinantiense; un fenómeno compartido con diversos términos del Mesozoico (Neocomiense, Senoniense, Garumniense, Portlandiense, Wealdiense, etc.) e incluso cenozoicos (por ejemplo el Ilerdiense marino).

El aprendizaje (en su día) o la comprensión (actual) de todos los términos ya en desuso, plantea serios problemas para la lectura de los antiguos mapas y trabajos geológicos, en parte mitigado por iniciativas como la de Pieren Pidal (1999). Sin embargo, la tarea de la enseñanza de la Geología tiene que ser plenamente consciente de estos cambios para, partiendo de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional, no seguir formando en aquellos términos obsoletos a las futuras generaciones.

## 2. ESCALAS CONTINENTALES Y REGIONALES

Las unidades del eonotema Fanerozoico, formalizadas en la Tabla Cronoestratigráfica Internacional (Figura 1), se hallan materializadas en su totalidad por el registro estratigráfico marino, en donde culminarán por ubicarse todos los estratotipos de límite global (*Global Standard Stratotype Section and Point*, abreviadamente GSSP). Pero aparte de estos términos o aquellos en desuso a los que reemplazan, existen otras escalas (continentales o marinas) utilizadas para la clasificación y subdivisión del tiempo geológico. Las primeras tienen su reflejo en las conocidas divisiones, por ejemplo, del Carbonífero continental oeste-europeo (las series Westfaliense y Estefaniense, con pisos como el Cantabriense o el Barrueliense: Wagner y Winkler Prins, 1997); y, las segundas, en las distintas escalas regionales del Ordovícico, de las que hablaremos más adelante.

Hay tantos tipos de escalas continentales, que algunos incluso exceden del campo de la Geología para sustentarse, por ejemplo, en *tecnofósiles* como los que definen las industrias achelense, musteriense, magdalenense, calcolítica, almorávide, etc., citadas indistintamente como pisos, edades, épocas, periodos, etc. por los arqueólogos. Otras divisiones bien asentadas en la cronoestratigrafía geológica, aparte del Carbonífero, son los numerosos pisos o edades de mamíferos en los que se subdivide el Cenozoico continental, diferentes para cada ámbito paleobiogeográfico. De este modo, y en contraste con las 24 edades de mamíferos sudamericanas o las 22 norteamericanas (consultar Wikipedia), la escala correspondiente al suroeste europeo se restringe prácticamente al Neógeno. En el caso español, las unidades consideradas como edades de mamíferos terrestres (unidades biocronológicas MN: *Mammal Neogene ages*) son más numerosas que los pisos continentales

(Daams y Freudenthal, 1981), entre los que se cuentan los conocidos Ramblense, Aragonense, Vallesense, Turolense, Rusciniense y Villafranquense, varios de ellos definidos en España.

Las escalas regionales (sean éstas continentales o marinas) nacen de la dificultad o imposibilidad de correlación, en amplios sectores, de variadas sucesiones con la escala cronoestratigráfica global, debido a la falta de elementos comunes para ello, generalmente por causa de una neta diferenciación paleobiogeográfica o ecoestratigráfica vinculada, tanto con el provincialismo faunístico, como con ambientes sedimentarios hostiles a los organismos que marcan las pautas internacionales.

El sistema Ordovícico constituye un buen ejemplo de cómo las escalas marinas regionales pueden convivir en armonía con la escala cronoestratigráfica global, y también ofrece el interés del desarrollo histórico que fundamenta los cambios adoptados para el suroeste de Europa, en general, y la Península Ibérica, en particular.

### 3. CRONOESTRATIGRAFÍA HISTÓRICA DEL ORDOVÍCICO BRITÁNICO

El Sistema Ordovícico fue definido en 1879 en la región de Snowdonia al norte de Gales, y toma su nombre de la tribu céltica de los Ordovices, que se había resistido a la dominación romana. Fue propuesto por Charles Lapworth como modo de resolver la agria polémica nacida entre Adam Sedgwick y Roderick Impey Murchison sobre la inclusión en el Cámbrico o en el Silúrico, respectivamente, de determinados terrenos intermedios (Secord, 1986). Un cuarto de siglo antes de ello, el paleontólogo francés Joachim Barrande ya había discriminado los materiales ordovícicos en su “Étage D” de Bohemia (en la actual República Checa), incorporándolos al sistema Silúrico de Murchison.

En España, las formaciones ordovícicas fueron asignadas en un primer momento al “Terreno de Transición” (o “de la Grauvaca”), del que más tarde emergería el sistema Siluriano, que a su vez se subdividió en el Siluriano *inferior* (u “Ordoviciense”) y en Siluriano *superior* (o “Gothlandense”). Estas divisiones del Siluriano perduraron hasta mediados del siglo XX entre el Cuerpo de Minas, en tanto que los naturalistas y geólogos habían optado desde 1872 por la terminación *-ico* frente a *-ano* para los periodos geológicos (Gozalo Gutiérrez, 1998), y el Ordovícico no fue ajeno a estos cambios.

La subdivisión temprana del Ordovícico se completó hacia 1905, considerando únicamente aquellas formaciones británicas que habían dado nombre a estas divisiones. Pero no fue hasta avanzado el siglo XX (Williams et al., 1972) cuando se produjo la primera estandarización cronoestratigráfica, que convirtió a los estratotipos tradicionales del Ordovícico en una virtual “lengua franca” de carácter internacional (Webby, 1998).

En realidad, tal “autorregulación” nunca pasó de ser una simple convención sin fundamento, pues la terminología británica se adaptó en cada país con rangos distintos a los originales británicos, llegando a introducirse subdivisiones mayores (*inferior*, *medio*, *superior*) desconocidas en Gran Bretaña y cuya amplitud variaba también en las diferentes áreas mundiales (Webby, 1998).

La creación de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS-IUGS) y la publicación de la *Guía Estratigráfica Internacional* supusieron un cambio fundamental en la escala cronoestratigráfica, pues todas las unidades consignadas hasta entonces como de “carácter global”, debían de unificar sus criterios de definición y correlación, con carácter previo a que cualquier serie o piso lograra alcanzar finalmente el estatuto de referencia mundial. Fue así como se inició la revisión de toda la escala, con la “depuración” consiguiente de los ejemplos mencionados en la introducción, y de muchas más candidaturas nuevas que nunca llegaron a nacer, por haber sido desestimadas en la fase de trabajo a cargo de las subcomisiones de la ICS-IUGS.

La revisión del Ordovícico británico fue prioritaria para la subcomisión correspondiente a este sistema, pero pronto se detectó que los estratotipos históricos de las series y pisos tradicionales comportaban lagunas estratigráficas, se solapaban parcialmente entre sí, o no contenían fósiles susceptibles de brindar buenas posibilidades de correlación a nivel global. Al tiempo que se buscaban fuera de Gran Bretaña posibles candidaturas alternativas para la formalización cronoestratigráfica del Ordovícico, los autores ingleses comenzaron a introducir revisiones drásticas en sus propios estratotipos, generando una evolución terminológica calificada por Finney (2005) como más conceptual

CRONOESTRATIGRAFÍA BRITÁNICA HISTÓRICA (Fortey <i>et al.</i> , 1995, modificado)		Elles (1925)	Bancroft (1933, 1945) Williams <i>et al.</i> (1972) Hurst (1979)	Ross <i>et al.</i> (1982) Harland <i>et al.</i> (1982)	Whittington <i>et al.</i> (1984)	Fortey & Owens (1987) Fortey (1988) Fortey <i>et al.</i> (1991)	Harland <i>et al.</i> (1990)	CRONOESTRATIGRAFÍA BRITÁNICA REVISADA (Fortey <i>et al.</i> , 1995, 2000; Cocks <i>et al.</i> , 2010)		
BALA (Lapworth, 1879)	Marr (1905) ASHGILL	Ashgillian	Hirnantian	Hirnantian	ASHGILL	ASHGILL	ASHGILL	Hirnantian	Hirnantian	
	Rawtheyan		Rawtheyan	Rawtheyan				Rawtheyan		
	Cautleyan		Cautleyan	Cautleyan				Cautleyan		
	Pusgillian		Pusgillian	Pusgillian				Pusgillian		
	Murchison (1839) CARADOC	Onnian	Caradocian	Onnian	Onnian	CARADOC	CARADOC	CARADOC	Onnian	Onnian
		Actonian		Actonian	Actonian				Actonian	
		Marshbrookian		Marshbrookian	Marshbrookian				Marshbrookian	
		Woolstonian		Woolstonian	Woolstonian				Woolstonian	
		Longvillian		Longvillian	Longvillian				Longvillian	
		Soudleyan		Soudleyan	Soudleyan				Soudleyan	
Harnagian		Harnagian		Harnagian	Harnagian					
Costonian		Costonian		Costonian	Costonian					
Upper		Upper		Upper	Upper					
Middle		Middle		Middle	Middle					
Lower	Lower	Lower	Lower							
Lapworth (1879) ARENIG	Upper	Llanvirnian	Upper	Upper	LLANVIRN	LLANVIRN	LLANVIRN	Upper	Llandeiliian	
	Lower		Lower	Lower				Lower		
	Upper		Upper	Upper				Upper		
	Lower		Lower	Lower				Lower		
Lapworth (1879) ARENIG	Upper	Arenigian	Upper	Upper	ARENIG	ARENIG	ARENIG	Upper	Arenigian	
	Lower		Lower	Lower				Lower		
	Upper		Upper	Upper				Upper		
	Lower		Lower	Lower				Lower		
Marr (1905) TREMADOC	Upper	Tremadocian	Upper	Upper	TREMADOC	TREMADOC	TREMADOC	Upper	Tremadocian	
	Lower		Lower	Lower				Lower		

Figura 2. Redefiniciones sucesivas, por autores británicos, de la escala cronoestratigráfica tradicional del sistema Ordovícico, en su terminología original de Gran Bretaña. Cuadro de correlación adaptado de Gutiérrez-Marco *et al.* (2015), donde se detallan las referencias citadas en los encabezamientos.

que real. A consecuencia de estos cambios, en poco más de 10 años las divisiones más tradicionales del Ordovícico (Williams *et al.*, 1972) fueron reemplazando su significado “clásico” para experimentar cambios sorprendentes (Figura 2). Entre ellos cabe citar cómo el Llandeilo pasó, de ser una serie independiente, a incluir al Llanvirniense como piso inferior de la misma, para terminar siendo un piso (Llandeiliense) incorporado a la serie Llanvirn. Y las propias series británicas pasaron, de ser nombradas como pisos en 1925, a estar englobadas en subsistemas (1990) y a subdividirse en pisos y subpisos (1995-actualidad). Para finalmente admitirse que las series tradicionales británicas tal vez no representen más que divisiones con rango de piso (Cocks, Fortey y Rushton, 2010).

Con todo, la escala cronoestratigráfica británica es de gran utilidad para las correlaciones aplicables al ámbito paleogeográfico de Avalonia, un antiguo microcontinente escindido y derivado desde Gondwana, que terminó por converger con el paleocontinente Báltico. Por lo tanto, la escala británico-avalónica representa una escala regional del Ordovícico perfectamente válida y reconocida (Bergström *et al.*, 2009; Harper, 2011).

SERIES Y PISOS GRAN BRETAÑA (1972 / 1982)		SERIES Y PISOS ESPAÑA (1973 - ?)		SERIES, PISOS Y SUBPISOS GRAN BRETAÑA (1995 / 2010)		
<b>ASHGILL</b>	Hirnantense	<b>SUPERIOR</b>	Ashgillense	<b>ASHGILL</b>	Hirnantense	
	Rawtheyense				Rawtheyense	
	Cautleyense				Cautleyense	
	Pusgillense				Pusgillense	
<b>CARADOC</b>	Onniense	<b>SUPERIOR</b>	Caradociense	<b>CARADOC</b>	Streffordense	Onniense
	Actoniense				Actoniense	
	Marshbrookense				Marshbrookense	
	Longvillense				Woolstoniense	
	Soudleyense				Longvillense	
	Harnagiense				Soudleyense	
	Costoniense				Harnagiense	
<b>LLANDEILO</b>	(pisos sin definir por entonces)	Superior	<b>MEDIO</b>	<b>LLANVIRN</b>	Llandeiliense	
		Medio				
		Inferior				
<b>LLANVIRN</b>	(pisos sin definir por entonces)	Superior	<b>MEDIO</b>	<b>LLANVIRN</b>	Abereiddiense	
		Inferior				
<b>ARENIG</b>	(pisos sin definir por entonces)	Superior	<b>INFERIOR</b>	<b>ARENIG</b>	Fenniense	
		Inferior				
<b>TREMADOC</b>	(pisos sin definir por entonces)	<b>INFERIOR</b>	Tremadociense	<b>TREMADOC</b>	Migneintiense	
					Cressagiense	

Figura 3. Correlación entre la primitiva escala regional británica del Sistema Ordovícico (izquierda), la adaptación tradicional española (centro) y la escala regional británica actual (derecha).

## 4. CRONOESTRATIGRAFÍA HISTÓRICA DEL ORDOVÍCICO ESPAÑOL

Desde antes incluso de su separación del Siluriano, el *Ordoviciense* ibérico ya había adoptado las subdivisiones del Ordovícico británico, siguiendo tanto las directrices de las áreas tipo inglesas y galesas, como la integración de Elles (1925), que trataba a las subdivisiones como pisos (Figura 2). De ahí que para cuando se publicó el estándar de Williams et al. (1972), los autores ibéricos pasaron a denominar a las mismas unidades bajo dos formas distintas (por ejemplo “Caradociense” frente a Caradoc), un proceder que llega a nuestros días.

La confusión ¿serie o piso? ha perdurado desde los albores del plan MAGNA en 1970-1972, que impuso la escala británica entre sus pautas normativas, si bien el desarrollo posterior de las publicaciones cartográficas ha reflejado tanto la propia evolución británica (Figura 2) como la llegada de las escalas regionales (Figura 4).

En la Figura 3 hemos recopilado el uso tradicional de la cronoestratigrafía del Ordovícico en España, que desde el principio asumió el patrón británico. Son cuatro los aspectos que resultan interesantes: el primero es la introducción de subsistemas o series (Ordovícico inferior, medio y superior) jamás utilizadas en Gran Bretaña; el segundo es que las series británicas se han usado generalmente como pisos (terminados en *-iense*); el tercero que la herencia de Elles (1925) pervive también en la restricción temporal del “Llanvirniense” (Figura 2), incólume ante los grandes cambios experimentados por la revisión de la Formación Llandeilo (ubicada casi íntegramente en el Caradoc); y, por último, que en nuestro país se usó profusamente un piso del Ordovícico Inferior (el llamado “Skiddaviense”), nunca definido ni utilizado en el Grupo Skiddaw Slates de Inglaterra (Cooper et al., 2004).

A partir del año 1984, comienzan a introducirse en España algunas divisiones cronoestratigráficas regionales, derivadas de la escala mediterránea del Ordovícico definida en Bohemia por Havlíček y Marek (1973). Se trataba en un principio de mejorar las posibilidades de correlación interregional en el ámbito de la provincia faunística mediterránea, pero también de soslayar los escasos elementos en común con la escala británica, a la luz de la creciente inestabilidad de la misma (ver apartado 6).

## 5. CRONOESTRATIGRAFÍA GLOBAL Y ESCALAS REGIONALES

La clasificación cronoestratigráfica global para el Sistema Ordovícico se completó en 2007, y abarca tres series y siete pisos (Figuras 4 y 5), cada uno de ellos definido por sus correspondientes estratotipos globales de límite (GSSP). Éstos se basan en la primera aparición en el registro estratigráfico mundial de ciertas especies de conodontos y graptolitos cosmopolitas (Figura 5). Aunque dos de los pisos globales adoptaron nombres históricos derivados de las áreas tradicionales del Ordovícico, el estratotipo de límite para la base del Tremadociense se ubica en el oeste de Terranova (Canadá), y el de la base del Hirnantense en el sur de China. De los cinco pisos restantes, dos estratotipos se sitúan en Suecia (Floiense, Sandbiense), dos más en China (Dapingiense, Darriwiliense) y uno en los Estados Unidos (Katiense).

En pleno proceso de estudio y selección para las nuevas divisiones y estratotipos de la escala global del Ordovícico, hubo autores que decidieron explorar la posibilidad de obtener múltiples horizontes de correlación internacional, de acuerdo con las informaciones biocronológicas derivadas de los graptolitos o de su combinación con microfósiles (conodontos y quitinozoos). El resultado fue la propuesta simultánea de dos grupos de divisiones, denominadas “rodajas de tiempo” (*time slices*: Webby et al., 2004) y “unidades de tiempo” (*time units*: R.A. Cooper et al., 2004), representadas en la Figura 5. La experiencia sirvió para que, una vez completada y aprobada la nueva escala cronoestratigráfica global, se depurasen aquellos biohorizontes (más una anomalía isotópica) realmente ubicuos en los distintos paleocontinentes, para llegar a establecer una serie de subdivisiones primarias de los nuevos pisos internacionales. El resultado suma una veintena de unidades descritas como “rodajas de pisos” (*Stage Slices*: Bergström et al. (2009), que han sido bien aceptadas por la comunidad internacional y pueden servir de base para la definición de futuros subpisos dentro del Ordovícico. De momento todas las subdivisiones son biocronológicas, excepto una que coincide

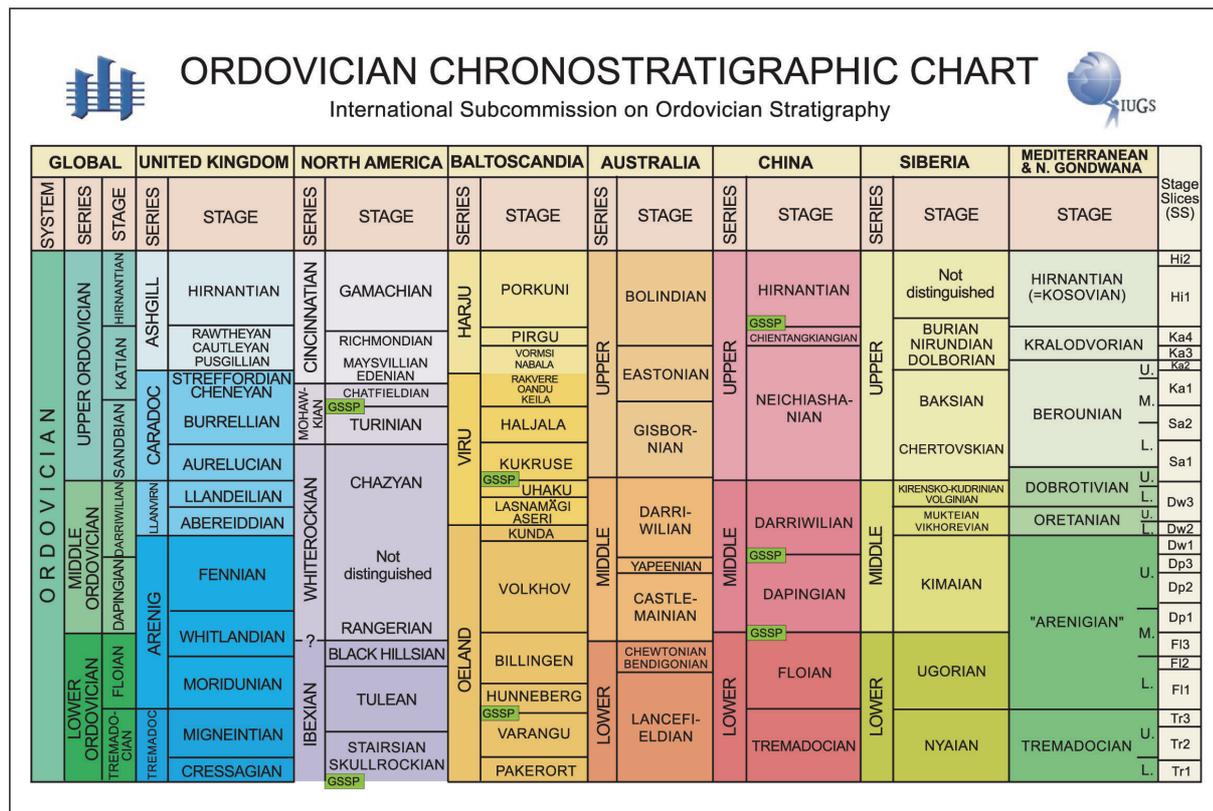


Figura 4. Correlación aproximada entre la escala global y las principales escalas regionales del Ordovícico. Reproducida de Bergström et al. (2009), con permiso de la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Ordovícico.

con el final de la anomalía isotópica del carbono relacionada con la glaciación del Hirnantense (*Hirnantian isotopic Carbon excursion*, abreviadamente HICE), actualmente en debate porque podría no ser única.

A lo largo del Ordovícico existieron fuertes contrastes climáticos definidos por la latitud, la composición de la atmósfera, la deriva continental, el eustatismo y las corrientes oceánicas (Servais et al., 2009), por lo que la escala global es difícil de aplicar en las plataformas marinas someras, con fuerte provincialismo faunístico. La distribución de los paleocontinentes y la paleolatitud provocó la diferenciación de escalas cronoestratigráficas regionales, en paralelo a la británica tradicional, cuyo funcionamiento prosigue también en paralelo con la escala global. Las escalas regionales más arraigadas son las del paleocontinente báltico, Siberia, Laurentia, Australia (norte paleogeográfico de Gondwana) y la región mediterránea (sur paleogeográfico de Gondwana). La correlación aproximada de la escala global con estas escalas regionales se representa en la Figura 4.

## 6. LA ESCALA REGIONAL BOHEMO-IBÉRICA

Es una escala regional cuyo ámbito paleogeográfico representaría toda la región situada en el Ordovícico en torno al Polo Sur terrestre, donde se desarrolló un casquete glaciar que se expandió enormemente durante la glaciación gondwánica del Ordovícico terminal, la que causó la segunda extinción masiva en importancia del Fanerozoico (Servais et al., 2009). Las faunas son predominantemente de aguas frías (excepto durante el evento de calentamiento global que precedió a la glaciación) y habitaron extensas plataformas siliciclásticas de aguas someras, donde se desarrollaron abundantes endemismos entre los trilobites, braquiópodos, equinodermos y moluscos. Hoy en día, las áreas que permanecieron emergidas y glaciadas en el Ordovícico terminal se reparten por África

septentrional y la Península Arábiga, con indicios de haber alcanzado Asia Menor y la Península Ibérica (Ghienne et al., 2007; Gutiérrez-Marco et al., 2010, ambos con referencias). Las plataformas marinas de la provincia faunística “mediterránea” correspondiente, se localizan en Europa central y meridional, norte de África, Oriente Medio y Asia Menor. Todas ellas desarrollan sucesiones con características y fósiles comunes, en general diferentes a los del Ordovícico británico y a las áreas donde se ubican los estratotipos globales del Ordovícico. En este sentido, la inmensa mayoría de las especies fósiles, cuya primera aparición define la base de los pisos formales y las “rodajas de pisos”, no ha sido localizada en este área peri-polar de Gondwana, lo que supone una ausencia de herramientas de correlación directa con la escala global.

La escala regional “mediterránea” fue propuesta inicialmente en Bohemia por Havlíček y Marek (1973), con tres series paralelas a las británicas que luego se convirtieron a pisos (Berouniense, Kralodvoriense y Kosoviense), completados veinte años más tarde con el piso Oretaniense ibérico (Gutiérrez-Marco et al., 1995, 2002, 2005, con referencias). El piso Kosoviense equivale al Hirnantense y desapareció por innecesario. En la Figura 5 se muestra su correlación aproximada con la escala regional británico-avalónica y con la escala global, incluyendo los subpisos informales (*stage slices*). Una caracterización en términos biocronológicos y bioestratigráficos de los fósiles utilizados para definir y precisar cada piso excede del ámbito de este artículo, pero se detalla en Gutiérrez-Marco et al. (2002 y en revisión).

En cierto modo, la escala regional “mediterránea” supone la recuperación de algunos usos tradicionales para ciertos pisos del Ordovícico Medio, como por ejemplo sustituir el “Llanvirn” o “Llanvirniense” por Oretaniense, y el “Llandeilo” o “Llandeiliense” por Dobrotiviense, independientemente de que los términos británicos persistan (o no) en su propia evolución (Figura 2). La adopción del Tremadociense e Hirnantense como pisos globales también obviaría un futuro cambio del Tremadoc y del Hirnantense a piso y subpiso regionales británicos, respectivamente (Cocks, Fortey y Rushton, 2010).

SISTEMA	SERIE	PISOS GLOBALES	SS 2009	BASE DE LOS “SUBPISOS”	TS 2004	TU 2004	ESCALA REGIONAL BOHEMO-IBÉRICA	ESCALA REGIONAL BRITÁNICO-AVALÓNICA		
ORDOVÍCICO	SUPERIOR	HIRNANTIENSE	Hi2	final del HICE (excursión isotópica)	6c	21	HIRNANTIENSE	ASHGILL		
			Hi1	<b>Zona <i>Metabologr. extraordinarius</i> (g)</b>						
		KATIENSE	Ka4	<b>Zona <i>Dicellograptus complanatus</i> (g)</b>	6b	20	5d	KRALODVORIENSE	ASHGILL	
			Ka3	<b>Zona <i>Amorphognathus ordovicicus</i> (c)</b>	6a	19				
			Ka2	<b>Zona <i>Pleurograptus linearis</i> (g)</b>	5d	18				
			Ka1	<b>Zona <i>Diplacanthogr. caudatus</i> (g)</b>						5c
		SANDBIENSE	Sa2	<b>Zona <i>Climacograptus bicornis</i> (g)</b>	5b	15	5a	BEROUNIENSE	CARADOC	
			Sa1	<b>Zona <i>Nemagraptus gracilis</i> (g)</b>	5a	14				
		MEDIO	DARRIWILIENSE	Dw3	<b>Zona <i>Pygodus serra</i> (c)</b>	4c	13	4a	DOBROTIVIENSE	LLANVIRN
				Dw2	<b>Zona <i>Didymograptus artus</i> (g)</b>	4b	12			
	Dw1			<b>Zona <i>Levisogr. austrodentatus</i> (g)</b>	4a	10				
	DAPINGIENSE		Dp3	<b>Zona <i>Oncograptus</i> (g)</b>	3b	9	3a	ARENIGIENSE	ARENIG	
			Dp2	<b>Zona <i>Isograptus victoriae maximus</i> (g)</b>						
			Dp1	<b>Zona <i>Baltoniodus triangularis</i> (c)</b>						2c
	INFERIOR	FLOIENSE	Fi3	<b>Zona <i>Didymograptellus protobifidus</i> (g)</b>	2b	6	2a	TREMADOCIENSE	TREMADOC	
			Fi2	<b>Zona <i>Oepikodus evae</i> (c)</b>	2a	5				
			Fi1	<b>Zona <i>Tetragraptus approximatus</i> (g)</b>						1d
		TREMADOCIENSE	Tr3	<b>Zona <i>Paroistodus proteus</i> (c)</b>	1c	4	1b	TREMADOCIENSE	TREMADOC	
			Tr2	<b>Zona <i>Paltodus deltifer</i> (c)</b>	1b	3				
	Tr1		<b>Zona <i>Iapetognathus fluctivagus</i> (c)</b>	1a	2					
					1					

Figura 5. Correlación entre las series y pisos globales del Sistema Ordovícico, las “rodajas de pisos” (Stage Slices =SS), las “rodajas de tiempo” (TS), las “unidades de tiempo” (TU) y las escalas regionales bohemio-ibérica y británico-avalónica. Los taxones citados en negrita (g, graptolito; c, conodonto) son los que definen los estratotipos globales de límite (GSSP). Adaptado de Gutiérrez-Marco et al. (2015).

## 7. CONCLUSIONES

La Tabla Cronoestratigráfica Internacional representa la única convención válida para clasificar el tiempo geológico representado en el registro estratigráfico. Cada una de sus unidades ha sido objeto de estudios detallados y muchas de ellas reemplazan a otros nombres, ya obsoletos, que no cumplían con todos los requerimientos de la Guía Estratigráfica Internacional para ser utilizables a nivel global.

Las unidades de la escala internacional se definen por estratotipos de límite (GSSP) consecutivos, todos ellos ubicados en sucesiones marinas, coincidiendo con la aparición de fósiles u otros indicadores de probada aplicación a la correlación global.

La escala cronoestratigráfica internacional coexiste con otras escalas continentales y con escalas regionales, que reúnen unidades útiles para la correlación a escala de cuencas o de ámbitos paleobiogeográficos determinados, donde faltan los fósiles o no es posible aplicar los criterios de reconocimiento de los estratotipos de límite global.

Un ejemplo especialmente complejo de las escalas regionales y su correlación con la escala global lo constituye el Sistema Ordovícico, donde ninguno de sus nuevos estratotipos de límite se sitúa en las áreas históricas del Ordovícico británico. El acusado provincialismo faunístico que registra el periodo Ordovícico ha dado lugar a la proliferación de escalas regionales para paleocontinentes y paleolatitudes distintas. La escala regional bohemo-ibérica es la que ofrece un mayor potencial de aplicación para las sucesiones y faunas propias de las áreas peri-gondwánicas de elevada paleolatitud, donde se situaba la Península Ibérica, y donde el grado de resolución para las correlaciones supera al de la escala global, sin llegar a suplantarla en ningún caso.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto “Cronoestratigrafía del Ordovícico ibérico y su correlación con la escala global” (IBEROR, CGL2012-39471) del Ministerio de Economía y Competitividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bergström, S.M., Chen, X., Gutiérrez-Marco, J.C. y Dronov, A.V. (2009). The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and <sup>13</sup>C chemostratigraphy. *Lethaia*, 42 (1), 97-107.
- Cocks, L.R.M., Fortey, R.A. y Rushton, A.W.A. (2010). Correlation for the Lower Palaeozoic. *Geological Magazine*, 147, 171-180.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. y Fan, J.X. (2013). The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36 (3), 199-204.
- Cooper, A.H., Fortey, N.J., Hughes, R.A., Molyneux, S.G., Moore, R.M., Rushton, A.W.A. y Stone, P. (2004). *The Skiddaw Group of the English Lake District*. Memoir of the British Geological Survey, Keyworth, ix + 147 p.
- Cooper, R.A., Maletz, J., Taylor, L. y Zalasiewicz, J.A. (2004). Graptolites: Patterns of diversity across paleolatitudes. En: Webby, B.D., Paris, F., Droser, M.L. y Percival, I.G. (eds), *The Great Ordovician Biodiversification Event*. Columbia University Press, New York, 281-293.
- Daams, R. y Freudenthal, M. (1981). Aragonian: the stage concept versus Neogene mammal zones. *Scripta Geologica*, 62, 1-17.
- Elles, G.L. (1925). The characteristic assemblages of the graptolite zones of the British Isles. *Geological Magazine*, 62, 337-347.
- Finney, S.C. (2005). Global series and stages for the Ordovician system: A progress report. *Geologica Acta*, 3 (4), 309-316.

- Finney, S.C. y Edwards, L.E. (2016). The “Anthropocene” epoch: Scientific decision or political statement?. *GSA Today*, 26 (3-4), 1-10.
- Ghienne, J.F., Le Heron, D.P., Moreau, J., Denis, M. y Deynoux, M. (2007). The Late Ordovician glacial sedimentary system of the North Gondwana platform. En: Hambrey, M.J., Christoffersen, P., Glasser, N.F. y Hubbard, B. (eds.), *Glacial sedimentary processes and products*. International Association of Sedimentologists, Special Publication 39, 295–319.
- Gozalo Gutiérrez, R. (1998). El inicio de la polémica sobre los sufijos utilizados para denominar los “terrenos”: -ano versus -ico o Casiano de Prado versus Juan Vilanova. *Geogaceta*, 23, 71-74.
- Gutiérrez-Marco, J.C. (2015). La Tabla Cronoestratigráfica Internacional en su segunda versión oficial castellana (enero de 2015). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23 (2), 252-253.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., San José, M.A., Herranz, P. y Sarmiento, G.N. (1995). Oretanian and Dobrotivian stages vs. ‘Llanvirn-Llandeilo’ Series in the Ordovician of the Iberian Peninsula. En: Cooper, J.D., Droser, M.L. y Finney, S.C. (eds.), *Ordovician Odyssey: short papers for the 7th ISOS, Las Vegas*. Pacific Section Society for Sedimentary Geology, Book 77, 55–59.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G.N., San José Lancha, M.A., Herranz Araújo, P. y Pieren Pidal, A.P. (2002). Ordovician. En: Gibbons, W. y Moreno, T. (eds.), *The Geology of Spain*: The Geological Society, London, 31-49.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Ghienne, J.F., Bernárdez, E. y Hacar, M.P. (2010). Did the Late Ordovician African ice sheet reach Europe?. *Geology*, 38, 279–282.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Sá, A.A., Rábano, I., Sarmiento, G.N., García-Bellido, D.C., Bernárdez, E., Lorenzo, S., Villas, E., Jiménez-Sánchez, A., Colmenar, J. y Zamora, S. (2015). Iberian Ordovician and its international correlation. *Stratigraphy*, 12 (3-4), 257-263.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Sá, A.A., García-Bellido, D.C. y Rábano, I. (en revisión). The Bohemo-Iberian regional chronostratigraphic scale for the Ordovician System and palaeontological correlations within South Gondwana. *Lethaia*.
- Harper, D.A.T. (2011). A sixth decade of the Ordovician period: status of the research infrastructure of a geological system. En: Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. y García-Bellido, D.C. (eds.), *Ordovician of the world*. IGME, Madrid, Cuadernos del Museo Geominero, 14, 3-9.
- Havlí ek, V. y Marek, L. (1973). Bohemian Ordovician and its international correlation. *asopis pro Mineralogii a Geologii*, 18, 225-232.
- Pieren Pidal, A.P. (1999). *Tabla Cronoestratigráfica, simplificada y actualizada para la lectura de mapas y trabajos de Geología en la Península Ibérica y Baleares*. Segunda Edición. Museo Geominero, IGME, Madrid.
- Reguant, S. y Ortiz, R. (2001). Guía Estratigráfica Internacional. Versión abreviada. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 14 (3-4), 269-293.
- Secord, J.A. (1986). *Controversy in Victorian Geology: The Cambrian-Silurian Dispute*. Princeton University Press, Princeton, 361 p.
- Servais, T., Harper, D.A.T., Li, J., Munnecke, A., Owen, A.E. y Sheehan, P.M. (2009). Understanding the Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE) : influences of paleogeography, paleoclimate, or paleoecology ?. *GSA Today*, 19 (4-5), 4-7.
- Wagner, R.H. y Winkler Prins, C.F. (1997). Carboniferous chronostratigraphy : *Quo Vadis?*. *Prace Panstwowego Instytutu Geologicznego*, 97, 187-196.
- Webby, B.D. (1998). Steps toward a global standard for Ordovician stratigraphy. *Newsletters in Stratigraphy*, 36, 1-33.
- Webby, B.D., Cooper, R.A., Bergström, S.M. y Paris, F. (2004). Stratigraphic framework and time slices. En: Webby, B.D., Paris, F., Droser, M.L. y Percival, I.G. (eds), *The Great Ordovician Biodiversification Event*. Columbia University Press, New York, 41-47.
- Williams, A., Strachan, I., Bassett, D.A., Dean, W.T., Ingham, J.K., Wright, A.D. y Whittington, H.B. (1972). *A Correlation of Ordovician rocks in the British Isles*. The Geological Society, London. Special Report 3, 74 p.