

La escala cronoestratigráfica internacional del Sistema Ordovícico y sus equivalentes regionales en el paleocontinente de Gondwana

Juan Carlos Gutiérrez-Marco¹, Artur A. Sá² e Isabel Rábano³

¹ Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, España. jcgrapto@ucm.es

³ Departamento de Geologia, Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real; y Centro de Geociências, Universidad de Coimbra, Polo II, 3030-790 Coimbra, Portugal. asa@utad.pt

⁴ Museo Geominero – IGME, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. i.rabano@igme.es

Introducción

La clasificación cronoestratigráfica global del Sistema Ordovícico se completó en 2007, y comprende tres series y siete pisos internacionales (Harper, 2011), cada uno definido por sus correspondientes estratotipos globales de límite (GSSP). Éstos se basan en la primera aparición en el registro estratigráfico mundial de determinadas especies de conodontos y graptolitos cosmopolitas (Fig. 1), cuya lista se amplió posteriormente para la definición de subpisos informales o “rodajas de pisos” (Bergström *et al.*, 2009). Aunque dos de los pisos globales adoptaron nombres históricos derivados de las áreas tradicionales del Ordovícico británico, el estratotipo de límite para la base del Tremadociense/Tremadociano se ubica en el oeste de Terranova (Canadá), y el de la base del Hirnantense/Hirnantiano en el sur de China. De los cinco pisos restantes, dos estratotipos se sitúan en Suecia (Floiense/Floiano, Sandbiense/Sandbiano), dos más en China (Dapingiense/Dapingiano, Darriwiliense/Darriwiliano) y uno en los Estados Unidos (Katiense/Katiano).

Con la aprobación de las nuevas series y pisos globales del Sistema Ordovícico, concluyó un largo periodo de inestabilidad conceptual y nomenclatural para este sistema (Webby, 1988), que había llegado incluso a reflejarse en los títulos de los volúmenes de comunicaciones de sendos congresos internacionales de Estratigrafía del Ordovícico, los celebrados en Las Vegas (1995: *La Odisea Ordovícica*) y Praga (1999: *Qvo Vadis, Ordovícico?*).

No obstante lo anterior, la clasificación cronoestratigráfica internacional mantiene problemas de reconocimiento en las plataformas epicontinentales someras, desarrolladas en torno a los grandes continentes de este periodo: Gondwana, Laurentia, Baltica y Siberia. En ellas suele prevalecer un notable provincialismo faunístico (sobre todo entre áreas paleolatitudinales dispares) y los fósiles que sirven de guía para los estratotipos globales suelen faltar o ser muy raros, al corresponderse sus registros típicos con paleoambientes de mayor profundidad.

Las escalas regionales del Ordovícico

Como acabamos de comentar, la presencia de endemismos paleobiogeográficos o de “fósiles de facies” dificulta enormemente la aplicación directa de la escala internacional en determinadas áreas mundiales. Ello posibilita la utilización de otras escalas cronoestratigráficas alternativas, de ámbito regional, como las que vienen empleándose tradicionalmente en Norteamérica (singularmente en los EEUU), Baltoescandinavia, Siberia o Australia. En ellas se usan nombres de pisos o subpisos restringidos a un ámbito (paleo)geográfico concreto, pero las unidades que las componen tienen la misma validez y carácter operativo que, por ejemplo, los pisos continentales del Carbonífero o del Cenozoico, incluyendo a las llamadas “edades de mamíferos” de Europa, Norteamérica y Sudamérica. Por lo tanto, el empleo de escalas regionales para el Ordovícico se halla plenamente justificado por las circunstancias del registro fósil, y la continuidad en su uso y perfeccionamiento sin duda deparará beneficios futuros al desarrollo y aplicabilidad de la escala global (Harper, 2011).

Un caso especial de escala regional lo constituye el Ordovícico de Gran Bretaña, donde el propio sistema fue definido por vez primera en 1879 a partir del nombre de la tribu céltica de los Ordovices, asentada en el norte de Gales desde antes de la dominación romana. La subdivisión completa en cuatro series (Tremadoc, Arenig, Llanvirn, Llandeilo, Caradoc y Ashgill), con numerosos pisos e incluso subpisos, propició una notable evolución conceptual durante el periodo 1972-2010 dentro del propio ámbito británico (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2015; Figura 2). Ello afectó gravemente a la consideración como referente mundial de las áreas tipo tradicionales del Ordovícico británico,

haciendo necesario la revisión de todas ellas, con resultados desfavorables. Hoy en día a la escala británica se le atribuye un rango regional, de raíces gondwánicas para el Ordovícico Inferior, pero de cuño paleocontinental avalónico (o balto-avalónico) para el Ordovícico Medio y Superior (Cocks *et al.*, 2010).

Otra escala importante de tipo regional es la definida en centroeuropa y área mediterránea por Havlíček y Marek (1973), precedida de las unidades establecidas por Joachim Barrande dentro del Sistema Silúrico de Bohemia, donde el “Piso D” y sus subdivisiones, ya representaban al sistema Ordovícico un cuarto de siglo antes de su definición nominal en Gran Bretaña.

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	Zona <i>Metabologr. extraordinarius</i> (g)						
		KATIENSE	Ka4	Zona <i>Dicellograptus complanatus</i> (g)	6b	20	KRALODVORIENSE	ASHGILL	RAWTHEYENSE	
			Ka3	Zona <i>Amorphognathus ordovicicus</i> (c)	6a	19				
			Ka2	Zona <i>Pleurograptus linearis</i> (g)	5d	18				
			Ka1	Zona <i>Diplacanthogr. caudatus</i> (g)						17
		SANDBIENSE	Sa2	Zona <i>Climacograptus bicornis</i> (g)	5c	16	BEROUNIENSE	CARADOC	STREFFORDIENSE CHENEYENSE	
			Sa1	Zona <i>Nemagraptus gracilis</i> (g)	5b	15				
		MEDIO	DARRIWILIENSE	Dw3	Zona <i>Pygodus serra</i> (c)	5a	14	DOBROTIENSE	LLANV.	AURELUCIENSE LLANDEILIENSE?
				Dw2	Zona <i>Didymograptus artus</i> (g)	4c	13			
	Dw1			Zona <i>Levisogr. austrodentatus</i> (g)	4b	12				
	DAPINGIENSE		Dp3	Zona <i>Oncograptus</i> (g)	3b	9	ORETANIENSE	ARENIG	FENNIENSE	
			Dp2	Zona <i>Isograptus victoriae maximus</i> (g)						
			Dp1	Zona <i>Baltoniodus triangularis</i> (c)						3a
	INFERIOR	FLOIENSE	Fi3	Zona <i>Didymograptellus protobifidus</i> (g)	2c	7	ARENIGIENSE	ARENIG	WHITLANDIENSE	
			Fi2	Zona <i>Oepikodus evae</i> (c)	2b	6				
			Fi1	Zona <i>Tetragraptus approximatus</i> (g)						2a
		TREMADOCIENSE	Tr3	Zona <i>Paroistodus proteus</i> (c)	1d	4	TREMADOCIENSE	TREMADOC	MIGNEINTIENSE	
			Tr2	Zona <i>Paltodus deltifer</i> (c)	1c	3				
	Tr1		Zona <i>lapetognathus fluctivagus</i> (c)	1b	2					
			1a	1			CRESSAGIENSE			

Figura 1. Correlación entre las series y pisos globales del Sistema Ordovícico, las “rodajas de pisos” (*Stage Slices* =SS: Bergström *et al.*, 2009), 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).

Escalas regionales para el Ordovícico de Gondwana

Tal y como consta en las modernas reconstrucciones paleogeográficas para el Ordovícico, el gigantesco continente de Gondwana, oblicuo al eje terrestre, comprendía desde las paleolatitudes tropicales del hemisferio norte (Australia, Nueva Zelanda, Antártica) a las paleolatitudes polares del hemisferio sur (Europa meridional y parte de la central, norte de África, Turquía y parte de Oriente Medio). Como ejemplos de cronoestratigrafías regionales, genuinamente gondwánicas, tenemos la escala tradicional definida en Australia (pisos Lancefieldian, Castlemainian, Eastonian, etc.) o la Bohemo-Ibérica (pisos Oretanian, Berounian, Kralodvorian, etc.), en tanto que la escala tradicional británica sólo lo es gondwánica en sus inicios, justo antes de la escisión y deriva de Avalonia como un microcontinente aparte, en paralelo a la abertura del océano Reico y que concluye en su fusión con Baltica ya en tiempos caledónicos.

Para la cronoestratigrafía ordovícica del margen andino de Sudamérica, se ha utilizado comúnmente la terminología británica, con la particularidad de adaptar erróneamente las series originales como pisos (*Llanvirniano*, *Caradociano*, *Ashgilliano*, etc.). Desde el punto de vista paleobiogeográfico son evidentes los vínculos de estas regiones templadas de Gondwana con las más paleomeridionales de Europa y el norte de África, o incluso con la provincia céltica de Avalonia, lo que implicaría un activo

intercambio faunístico de organismos euritéricos, favorecido tanto por la continuidad física de las plataformas, como por el papel desempeñado por las corrientes marinas. Sin embargo, ni la escala regional británico-avalónica, ni la bohemo-ibérica, son de estricta aplicación en Sudamérica, donde los pisos locales del Ordovícico propuestos por Aceñolaza (1992) para Argentina (Cajano, Acoiteano, Trapicheano y Donbrauliano) tampoco gozaron de un reconocimiento posterior. En las presentes circunstancias, y para evitar el uso dispar de los términos británicos tradicionales, que han cambiado de significado con el tiempo incluso en Gran Bretaña (Fig. 2), es por lo que en el Perú y los demás países del ámbito andino se recomienda el uso preferente de la nueva escala cronoestratigráfica global. Ello se sustenta también en el carácter relativamente profundo de muchas sucesiones sudamericanas que, a diferencia de las de áreas circumpolares y someras del mismo continente, sí contienen los taxones clave para el reconocimiento de los pisos y subpisos globales del sistema Ordovícico.

SERIES Y PISOS GRAN BRETAÑA (1972 / 1982)			SERIES Y PISOS IBERIA (1973 - ?)	SERIES, PISOS Y SUBPISOS GRAN BRETAÑA (1995 / 2010)		
ASHGILL		Hirnantense	Ashgillense/ <i>ano</i>	ASHGILL	Hirnantense	
		Rawtheyense			Rawtheyense	
		Cautleyense			Cautleyense	
		Pusgillense			Pusgillense	
CARADOC		Onniense	Caradociense/ <i>ano</i>	CARADOC	Streffordense	Onniense
		Actoniense			Actoniense	
		Marshbrookense			Cheneyense	Marshbrookense
		Longvillense				Woolstoniense
		Soudleyense			Burrelliense	Longvillense
		Harnagiense				Soudleyense
		Costoniense				Harnagiense
LLANDEILO	(pisos sin definir por entonces)	Superior	Llandeiliense/ <i>ano</i> ó Llandeiloense	LLANVIRN	Llandeiliense	
		Medio				
		Inferior				
LLANVIRN		Superior	Llanvirniense/ <i>ano</i>	LLANVIRN	Abereiddiense	
		Inferior				
ARENIG	(pisos sin definir por entonces)	Superior	"Skiddawiense"/ "Skidaviano" ó Arenigiense/ <i>ano</i>	ARENIG	Fenniense	
		Inferior			Whitlandiense	
TREMADOC			Tremadociense/ <i>ano</i>	TREMADOC	Moriduniense	
					Migneintiense	
					Cressagiense	

Figura 2. Correlación entre la primitiva escala regional británica del Sistema Ordovícico (izquierda), la adaptación tradicional española o sudamericana (centro) y la escala regional británica actual (derecha).

Una última consideración radica en la adaptación al español de los diferentes pisos del Ordovícico, distinta en el castellano de España (Fig. 2) que en el español de América. En sus inicios, tanto los sistemas como los pisos británicos del Paleozoico fueron traducidos con el sufijo -ano, y empleados así por el Cuerpo de Ingenieros de Minas en España desde 1847 hasta avanzado el siglo XX. Sin embargo, los primeros naturalistas y geólogos españoles, con frecuencia enfrentados a aquéllos, habían optado desde 1872 por la terminación -ico frente a -ano para los periodos geológicos (Gozalo Gutiérrez, 1998), algo refrendado por las recomendaciones del II Congreso Geológico Internacional (1881) celebrado en Bolonia. En el mismo congreso se acordó la utilización de los sufijos -ico, -ano y -ense para aplicarlos, respectivamente, a las divisiones con rango de "Terreno" (= Sistema), Piso y "Zona" (= Subpiso) en los idiomas portugués, italiano y español. Esta convención mantiene su vigor en las dos primeras lenguas y en el español de América, en tanto que en España y Venezuela los pisos cambiaron su terminación -ano por -(i)ense. En el mismo periodo, muchos ingenieros de minas continuaron defendiendo que los sistemas terminasen en -ano en lugar de en -ico, por aparentar ser, este último sufijo, el más correcto gramaticalmente (Quintero Amador, 1986).

Conclusiones

La escala cronoestratigráfica global del sistema Ordovícico coexiste, en el continente de Gondwana, con otras escalas regionales útiles para detallar la correlación, en aquellos ámbitos de cuencas o dominios paleobiogeográficos donde falten los fósiles o no sea posible aplicar los criterios de reconocimiento de los estratotipos de límite internacional. La implantación de la escala global en el margen andino de Sudamérica no reviste grandes dificultades, lo que debe conducir al abandono definitivo de la escala británica empleada tradicionalmente, reconvertida en la actualidad como escala regional británico-avalónica.

Agradecimientos.

Este trabajo es una contribución al proyecto IBEROR (CGL2012-39471) del Ministerio de Economía y Competitividad español.

Referencias

- Aceñolaza, F.G. 1992. El Sistema Ordovícico de Latinoamérica. In Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J., Rábano, I. (eds.), Paleozoico Inferior de Ibero-América, Universidad de Extremadura, p. 85-118.
- Bergström, S.M., Chen, X., Gutiérrez-Marco, J.C., Dronov, A. 2009. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to $\delta^{13}\text{C}$ chemostratigraphy. *Lethaia*, v. 42, p. 97-107.
- Cocks, L.R.M., Fortey, R.A., Rushton, A.W.A. 2010. Correlation for the Lower Palaeozoic. *Geological Magazine*, v. 147, p. 171-180.
- 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*, v. 23, p. 71-74.
- 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., Zamora, S. 2015. Iberian Ordovician and its international correlation. *Stratigraphy*, v. 12 (3-4), p. 257-263.
- Harper, D.A.T. 2011. A sixth decade of the Ordovician period: status of the research infrastructure of a geological system. In Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., García-Bellido, D.C. (eds.), *Ordovician of the world*. IGME, Madrid, Cuadernos del Museo Geominero, v. 14, p. 3-9.
- Havlíček, V., Marek, L. 1973. Bohemian Ordovician and its international correlation. *Časopis pro Mineralogii a Geologii*, v. 18, p. 225-232.
- Quintero Amador, I. 1986. ¿Un error de nomenclatura de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales?. *Boletín Geológico y Minero*, v. 97, p. 114-118.
- Webby, B.D. 1998. Steps toward a global standard for Ordovician stratigraphy. *Newsletters in Stratigraphy*, v. 36, p. 1-33.