

# CONODONTOS ORDOVÍCICOS DEL PERÚ

Carlorosi, J.<sup>1</sup>, Sarmiento, G.N.<sup>2</sup>, Gutiérrez-Marco, J.C.<sup>3</sup>, Chacaltana, C.<sup>4</sup> & Carlotto, V.<sup>4</sup>

## INTRODUCCIÓN

Los conodontos son un grupo de microfósiles fosfáticos que componían aparatos bilateralmente simétricos, formados por un número variable de elementos, con función filtradora y tal vez retráctiles, pertenecientes a un grupo de animales marinos pelágicos (los conodontozoóforos) exclusivamente fósil y de afinidades biológicas inciertas (Turner et al., 2010, con referencias previas). Su registro estratigráfico abarca desde el Cámbrico superior hasta el Triásico y colonizaron todo tipo de ambientes marinos, fosilizando normalmente en calizas y rocas siliciclásticas de grano fino.

Los conodontos ordovícicos contribuyen decisivamente, junto a los graptolitos y quitinozoos, a establecer los criterios esenciales para la subdivisión y correlación cronoestratigráfica internacional de las rocas de este periodo en los distintos paleocontinentes. En registro de conodontos en el Ordovícico de Sudamérica se concentra esencialmente en la Precordillera argentina, sistema de Famatina y parte sur de la Cuenca Andina central (provincias geológicas de la Puna, Sierras Subandinas y Cordillera Oriental argentino-boliviana), pero apenas existen datos de la presencia del grupo en la parte norte de la misma cuenca o en los Andes septentrionales (Gutiérrez-Marco et al., 2007, 2008, con referencias previas). Los primeros conodontos del Perú fueron descubiertos por Maeda et al. (1984) en rocas del Lopingiense del Departamento de Pasco. Tiempo después, Sarmiento et al. (2001) encontraron nuevos conodontos en el Ordovícico Inferior del río Inambari (Departamento de Puno), con hallazgos ampliados recientemente a otra localidad del Ordovícico Medio del mismo departamento, ubicada concretamente en el área del río Sandia (Gutiérrez-Marco et al., 2012).

En el presente trabajo se pasa revista a los hallazgos precedentes, y se avanza el descubrimiento de dos nuevas localidades con conodontos en el Ordovícico peruano. Hasta la fecha y desde el punto de vista estratigráfico, todos los yacimientos se ubican en la mitad inferior de la Formación San José (Floiense a Sandbiense) de la Cordillera Oriental, encontrándose en tratamiento muestras de nódulos calcáreos de la Formación Calapuja del Altiplano, que potencialmente vendrían a sumar los primeros datos sobre estos microfósiles en el Ordovícico Superior peruano.

## CONODONTOS DEL FLOIENSE SUPERIOR

### YACIMIENTO DE CARCEL PUNCCO

La localidad fosilífera se ubica en la famosa sección del pongo de Carcel Puncco en el río Inambari, descubierta por Hugo Valdivia y estudiada, entre otros, por Dávila y Ponce de León (1973) y Laubacher (1974). La base de la Formación San José se halla truncada aquí por la Falla Subandina en las inmediaciones del poblado de Cuesta Blanca (Departamento de Puno). A unos 95-100 m por encima del contacto tectónico basal, las pizarras oscuras que caracterizan a la unidad son muy fosilíferas e intercalan un lentejón calcáreo de pequeño espesor y escasa continuidad lateral, de donde proceden los conodontos citados por Sarmiento et al. (2001) y revisados y ampliados con nuevo material por Gutiérrez-Marco et al. (2008). La asociación de conodontos comprende las especies *Gothodus costulatus* Lindström, *Protopanderodus rectus* (Lindström), *Drepanoistodus basiovalis* (Sergeeva), *Drepanoistodus forceps* (Lindström), *Drepanodus arcuatus* Pander, *Trapezognathus diprion* (Lindström), *Erraticodon patu* Cooper (sensu lato) y *Ansella*

---

<sup>1</sup> Instituto Superior de Correlación Geológica, Universidad Nacional de Tucumán-CONICET, Miguel Lillo 205, 4000 San Miguel de Tucumán (Argentina), josefinacarlrosi77@gmail.com; <sup>2</sup> Departamento de Paleontología, Facultad CC. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid (España), gsarmien@geo.ucm.es; <sup>3</sup> Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), José Antonio Novais 12, 28040 Madrid (España), jcgrapto@geo.ucm.es; <sup>4</sup> INGEMMET, Avda. Canadá 1470, Lima (Perú), vcarlotto@ingemmet.gob.pe, cchacaltana@ingemmet.gob.pe

jemtlandica (Löfgren) sensu lato. La asociación fue asignada por Gutiérrez-Marco et al. (2008) a la parte superior de la Biozona clásica de *Oepikodus evae*, y más precisamente al rango de la nueva Biozona de *Trapezognathus diprion* del esquema bioestratigráfico del paleocontinente báltico (Bagnoli y Stouge, 1997). Tal asignación se basa en la concurrencia de las especies *G. costulatus* y *T. diprion*, en ausencia de *O. evae*, pues los restantes taxones tienen rangos estratigráficos más amplios. La edad indicada por la asociación de conodontos es Floiense superior (FI3 de Bergström et al., 2009), próxima a su límite con el Dapingiense.

## YACIMIENTO DE QUIMBIRI

Se trata de una nueva localidad descubierta en la sección de la Formación San José que aflora en la quebrada de Cashubireni, 6.5 km al noreste del puente de San Francisco sobre el río Apurímac (Quimbiri, Departamento del Cusco). La parte inferior visible de la unidad comprende exclusivamente pizarras oscuras ricas en fósiles de graptolitos, trilobites, moluscos y braquiópodos. No obstante, los moldes internos de algunas conchas de cefalópodos del horizonte Quimbiri 2 conservan restos de una matriz carbonatada, por lo que procedimos a disolverlos por separado. Únicamente se obtuvieron resultados positivos en el relleno de la cámara de habitación de un endocerátido, que albergaba numerosos conodontos junto a espículas piritizadas de esponjas, microbraquiópodos, fragmentos de trilobites y el molde piritizado de un quitinozoo. Entre los conodontos identificamos *Gothodus costulatus* Lindström, *Trapezognathus diprion* (Lindström), *Baltoniodus* cf. *triangularis* Lindström, *Baltoniodus* sp. A y *Microzarkodina* sp. Esta asociación permite determinar las biozonas de *T. diprion* y de *B. cf. triangularis*, en un rango equivalente al de la parte superior de la biozona clásica de *Oepikodus evae*, más acorde con la subdivisión bioestratigráfica establecida en el sur de China (Li et al., 2010), extensible también al noroeste argentino (referencias en Carlorosi et al., 2013). La datación aportada por los conodontos corresponde al Floiense terminal, lo que concuerda con la presencia en los mismos niveles de *Baltograptus kurcki* (Törnquist), un graptolito de distribución Floiense superior-Dapingiense basal.

## CONODONTOS DEL DARRIWILIENSE MEDIO

### YACIMIENTO DELABRADE YANACOCCHA

Esta localidad fue descubierta por Maurice Mattauer (en Laubacher, 1974) y se ubica justo al oeste del abra de Yanacocha, en la carretera que une las poblaciones de San José (valle del río Sandía) con Yanahuaya y San Juan del Oro (valle del Tambopata), al noreste del Departamento de Puno. Las pizarras arcillosas oscuras ricas en graptolitos, típicas de la Formación San José, contienen en este lugar restos escasos de filocáridos, braquiópodos quitinofosfáticos y elementos aislados de conodontos. La presencia de estos últimos, conservados como moldes en hueco y dispersos por algunos planos de estratificación, fue citada someramente por Gutiérrez-Marco et al. (2012), quienes revisaron en detalle la asociación de graptolitos, reasignada a horizontes del Darriwiliense medio (Dw2 de Bergström et al., 2009) previos a la Biozona de *Didymograptus muchisoni*. Más concretamente, los graptolitos se adscriben al rango de las biozonas de *Holmograptus lentus* y *Nichosolnograptus fasciculatus*, equivalentes en un esquema zonal alternativo a la Biozona de *Didymograptus artus*. Por su parte, la asociación de conodontos se reveló monoespecífica, con escasos elementos ramiformes (bi- a cuatrirramosos, de cúspide proclina a reclinada), asignables en su totalidad a *Baltoniodus* cf. *medius* (Dzik, 1976).

Desde el punto de vista bioestratigráfico, la especie *Baltoniodus medius* (en sentido estricto), se distribuye en las biozonas de *Lenodus variabilis*, *Yangtzeplacognathus crassus* y *Eoplacognathus pseudoplanus* del área báltica (Löfgren, 2000), dentro de un rango previo a la Biozona de *Pygodus serra*, por lo que el dato concuerda muy bien con la edad indicada por los graptolitos asociados a *B. cf. medius* en las muestras del Yanacocha.

### YACIMIENTO DEL CERRO HUANCAMPA

Esta nueva localidad se sitúa en la sección de la Formación San José estudiada por Chacaltana et al. (2006) en el cerro Huancampa, al noroeste del Departamento de Junín. Los autores mencionan la existencia de intercalaciones calcáreas lenticulares en la parte baja del corte, muy cerca de la primera aparición de *Didymograptus* cf. *muchisoni* (Beck) y de otros graptolitos. Las calizas se presentan fuertemente recristalizadas y continen algunos restos de equinodermos (placas columnares de pelmatozoos) junto a braquiópodos calcíticos. Aunque la mayoría de las muestras continúa en proceso de preparación, podemos avanzar el hallazgo de escasos elementos P del conodonto *Lenodus variabilis* (Sergeeva), además de elementos cónicos simples de tipo geniculado y pastiniescafados de especies por el momento

indeterminadas. No obstante, la presencia de *L. variabilis* permite asignar la asociación a la biozona homónima del Darriwiliense medio, en un contexto bioestratigráfico no muy alejado del de la asociación procedente del abra de Yanacocha, que solapa también el rango de *L. variabilis* sin aportar mayores precisiones.

## OBSERVACIONES PALEOECOLÓGICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS

Los nuevos datos son importantes para sumarlos al conocimiento paleobiogeográfico del margen gondwánico sudamericano, sintetizado recientemente por Benedetto et al. (2009). A grandes rasgos, las asociaciones peruanas de conodontos ordovícicos pueden desglosarse en un conjunto Floiense superior (biozonas de *Trapezognathus diprion* a *Baltoniodus cf. triangularis*: localidades de Carcel Puncco y Quimbiri) y otro conjunto Darriwiliense medio (biozonas de *Lenodus variabilis* a *Eoplacognathus pseudoplanus*?: localidades Yanacocha y Huancampa).

Las asociaciones del Floiense superior se sitúan hacia la parte inferior de la Formación San José y contienen diversas especies cosmopolitas de los géneros *Drepanodus*, *Drepanoistodus* y *Protopanderodus*, probablemente epipelágicas, junto a otras formas de distribución más restringida (géneros *Gothodus* y *Trapezognathus*), tal vez de hábitos nectobentónicos y más propias de los contextos de aguas templadas circundantes a los paleocontinentes báltico y Gondwana. Como resaltaron Gutiérrez-Marco et al. (2008), la ausencia de representantes de otros géneros comunes en niveles del Floiense superior, como *Bergstroemognathus*, *Reutterodus* y *Tropodus*, y en particular la baja diversidad de las asociaciones peruanas, sería compatible con ambientes relativamente someros y de aguas frías a templadas (provincia faunística Baltoescandinava del Dominio del Mar Somero, o bien inscrita en el Dominio Noratlántico o en la Región Faunística Atlántica, según la distinta nomenclatura paleobiogeográfica empleada en conodontos). Estas particularidades vincularían la asociación peruana con otras reconocidas en las restantes plataformas siliciclásticas sudamericanas de la misma edad (Famatina, Puna-Altiplano, Cordillera Oriental argentino-boliviana y sierras Subandinas). Por lo que se refiere a las asociaciones del Ordovícico Medio representadas hacia la parte media de la Formación San José, su conocimiento en Sudamérica es todavía incipiente, con excepción de la Precordillera argentina, donde la Biozona de *Lenodus variabilis* se halla bien representada (Heredia y Mestre, 2013, con

referencias previas). Es por ello que el nuevo dato peruano reviste también interesantes aspectos paleobiogeográficos a desarrollar en futuros trabajos.

Desde el punto de vista de la abundancia cuantitativa y cualitativa de conodontos ordovícicos en las muestras analizadas, las asociaciones del Ordovícico Inferior contrastan enormemente, ya que mientras en el lentejón calcáreo localizado en Carcel Puncco se localizaron un total de 87 microelementos identificables a partir de unos 3 kg de caliza, la muestra de Quimbiri brindó 65 microelementos concentrados en tan sólo unos 100 g de muestra, correspondiente al relleno interno de la cámara de habitación de un cefalópodo. Las asociaciones del Ordovícico Medio resultan también sorprendentes, con conodontos dispersos en las pizarras graptolíticas del abra de Yanacocha, y una presencia vestigial del grupo en las intercalaciones calcáreas del cerro Huancampa, donde cabría esperar una mayor abundancia de estos microfósiles en una litología plenamente favorable para ello.

Si prescindimos de los morfotipos reconocidos para cada especie, sujetos a sesgos hidrodinámicos y tafonómicos, la diversidad genérica de las asociaciones registra también grandes variaciones. Por ejemplo y según datos de Gutiérrez-Marco et al. (2008), los porcentajes para la muestra de Carcel Puncco serían: *Gothodus* (70%), *Drepanoistodus* (9%), *Protopanderodus* (7%), *Drepanodus* (< 5%), *Trapezognathus* (< 5%), *Erraticodon* (< 4%) y *Ansella* (aprox. 1%). La muestra de Quimbiri también está dominada por *Gothodus* y *Trapezognathus*, pero difiere por su menor diversidad y por la presencia de *Baltoniodus* y *Microzarkodina*, otros géneros de gran interés bioestratigráfico y evolutivo.

La aportación de los conodontos ordovícicos peruanos al terreno de la geología económica reside en la aplicación del Índice de Alteración del Color o CAI como guía de las paleotemperaturas de enterramiento alcanzadas por las rocas (Epstein et al., 1977). En este sentido, los valores CAI varían entre el 4,5 de Quimbiri y el 5,5 de Carcel Puncco, con un CAI preliminar de 5 para la muestra de Huancampa. Los resultados para Quimbiri parecen poco compatibles con la presencia de hidrocarburos no convencionales en la roca: sin embargo, una impregnación residual de crudo ha sido constatada durante el proceso de preparación química para la extracción de conodontos.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2009-09583/BTE y CGL2012-39471/BTE del Ministerio de Economía y Competitividad español, y al

proyecto IGCP 591 del Programa Internacional de Geociencias (IUGS-UNESCO). Los autores agradecen a Robert Monge (Cía. Minera Volcán) la colaboración brindada en octubre de 2006 sobre el terreno en la sección de Quimbiri, encuadrada por aquel entonces en la cooperación del INGEMMET con instituciones geocientíficas españolas. La participación de la primera autora se inscribe en una beca de trabajo en Madrid (abril-junio de 2013), financiada por el Programa de estancias breves en el exterior del CONICET argentino.

## REFERENCIAS

- Bagnoli, G. y Stouge, S. 1997. Lower Ordovician (Billingenian–Kunda) conodont zonation and provinces based on sections from Horns Udde, north Öland, Sweden. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 35 (2), 109-163.
- Benedetto, J.L., Vaccari, N.E., Waisfeld, B.G., Sánchez, T.M. y Foglia, R.D. 2009. Cambrian and Ordovician biogeography of the South American margin of Gondwana and accreted terranes. In Basset, M.G. (ed.), *Early Palaeozoic Peri-Gondwana terranes: New insights from tectonics and biogeography*. Geological Society, London, Special Publications, 325, 201-232.
- Bergström, S.M., Chen, X., Gutiérrez-Marco, J.C. & Dronov, A.V. 2009. The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy. *Lethaia*, 42 (1), 97-107.
- Carlorosi, J.M.T., Heredia, S. y Aceñolaza, G. 2013. Middle Ordovician (early Dapingian) conodonts in the Central Andean Basin of NW Argentina. *Alcheringa*, 37 (3), 299-311.
- Chacaltana, C., Valdivia, W., Carlotto, V., Sánchez, J. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2006. Nuevas evidencias de graptolitos en el Perú central: implicancias estratigráficas. In: Carlotto, V., Cárdenas, J., Soler, P. y Jacay, J. (eds.), *XIII Congreso Peruano de Geología*. Sociedad Geológica del Perú, Lima, Publicación Especial 7, 611-614.
- Dávila, J.J. y Ponce de León, V. 1971. La sección del río Inambari en la Faja subandina del Perú y la presencia de sedimentitas de la Formación Cancañiri (Zapla) del Silúrico. *Revista Técnica de YPF*, 1 (1), 67-85.
- Epstein, A.G., Epstein, J.B. y Harris, L.D. 1977. Conodont color alteration –an index to organic metamorphism. *US Geological Survey Professional Papers*, 995, 1-27.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Albanesi, G.L., Sarmiento, G.N. y Carlotto, V. 2008. An Early Ordovician (Floian) conodont fauna from the Eastern Cordillera of Peru (Central Andean Basin). *Geologica Acta*, 6 (2), 147-160.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Chacaltana, C., Carlotto, V. y Sarmiento, G.N. 2012. Revisión de los graptolitos ordovícicos del yacimiento del Abra de Yanacocha, Cordillera de Carabaya, sureste del Perú. *XVI Congreso Peruano de Geología: Resúmenes Extendidos, Sección 12 (Estratigrafía)*, ref. GPSEG313, 4 p. Sociedad Geológica del Perú, Lima.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Sarmiento, G.N. y Gómez-González, C. 2007. First Ordovician conodonts from Colombia. *Acta Palaeontologica Sinica*, 46 (Suppl.), 170-175.
- Heredia, S. y Mestre, A. 2013. El conodonte darriwiliano *Lenodus variabilis* (Sergeeva) en la Precordillera Central de San Juan, Argentina. *INSUGEO, Serie Correlación Geológica*, 29 (1), 81-92.
- Laubacher, G. 1974. Le Paléozoïque inférieur de la Cordillère orientale du sud-est du Pérou. *Cahiers ORSTOM, série Géologique*, 6 (1), 29-40.
- Li, Z-h., Stouge, S., Chen X-h., Wang, C-s., Wang, X-f. y Zeng, Q.-l. 2010. Precisely compartmentalized and correlated Lower Ordovician Oepikodus evae Zone of the Fuluoian in the Huanghuachang section, Yichang, Hubei Province. *Acta Palaeontologica Sinica*, 49 (1), 108-124.
- Löfgren, A. 2000. Conodont biozonation in the upper Arenig of Sweden. *Geological Magazine*, 137, 53-65.
- Maeda, S., Bellido Brado, E., Morales Arnao, B., Rangel Zavala, C. y Kawade, T. 1984. On some Late Triassic molluscs and conodonts from the Cerro de Pasco area, Central Peru. Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Chiba University, Japan, 1-18.
- Sarmiento, G.N., Gutiérrez-Marco, J.C., Carlotto, V., Cárdenas, J., Cerpa, L., Acosta, H., 2001. Conodonts ordovícicos de Perú (nota preliminar). *XVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología: Los fósiles y la paleogeografía*. Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza, 5 (2), 535-542.
- Turner, S, Burrow, C.J., Schultze, H.-P., Blicek, A., Reif, W-E., Rexroad, C.B., Bultynck, P. y Nowlan, G.S. 2010. False teeth: conodont-vertebrate phylogenetic relationships revisited. *Geodiversitas*, 32 (4), 545-594.