

# LA ZONA DE *YANGTZEPLACOGNATHUS CRASSUS* (CONODONTA), DARRIWILIANO DE LA PRECORDILLERA CENTRAL, SAN JUAN, ARGENTINA



ANA MESTRE y SUSANA HEREDIA

Centro de Investigaciones de la Geosfera y Biosfera, Instituto de Investigaciones Mineras, Laboratorio de Micropaleontología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador San Martín (Oeste) 1109, J5400ARL San Juan, Argentina - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET). [amestre@unsj.edu.ar](mailto:amestre@unsj.edu.ar); [sheredia@unsj.edu.ar](mailto:sheredia@unsj.edu.ar)

**Resumen.** Se recuperaron elementos de la especie *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang) de la Formación San Juan aflorante en tres secciones de la Precordillera Central de San Juan, Argentina. Las muestras estudiadas fueron colectadas de los últimos metros cercanos al tope de esta unidad en las secciones de Quebrada del río de Las Chacritas, Cerro La Chilca y Quebrada Del Aluvión. Estas calizas corresponden a *grainstones*, *packstones-wackestones* y *dolopackstones* que representan diferentes facies, desde rampa carbonática distal, plataforma media a *lagoon*. El hallazgo de *Y. crassus* permite registrar la biozona de conodontes homónima, indicando una edad darriwiliana media para los niveles portadores de la especie en cuestión, lo que posibilita además realizar una precisa correlación entre las tres secciones estudiadas. Por último, se verifica la correspondencia del esquema de biozonas de conodontes del Darriwiliano medio de la Precordillera argentina con los de Báltica y centro-sur de China.

**Palabras clave.** Bioestratigrafía. *Yangtzeplacognathus*. Darriwiliano. Precordillera Argentina.

**Abstract.** THE *YANGTZEPLACOGNATHUS CRASSUS* (CONODONTA) ZONE, DARRIWILIAN OF THE CENTRAL PRECORDILLERA, SAN JUAN, ARGENTINA. Elements of *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen and Zhang) were recovered from samples collected in the San Juan Formation at three section in the Central Precordillera, San Juan Province, Argentina. The last meters of the San Juan Formation are exposed at the Quebrada del río de Las Chacritas, Cerro La Chilca and Quebrada Del Aluvión where these gray limestone strata are represented by grainstone, packstone-wackestone and dolopackstone. These limestone outcrops correspond to different carbonate ramp facies, from distal ramp, middle ramp, and lagoon. The key conodont *Yangtzeplacognathus crassus* documents the *Yangtzeplacognathus crassus* Zone in these sections, pointing towards a middle Darriwilian age for the conodont-bearing strata in the San Juan Formation and allowing correlation among these sections. The middle Darriwilian biostratigraphic frame of Baltica and central-south China is verified for the Argentine Precordillera.

**Keywords.** Biostratigraphy. *Yangtzeplacognathus*. Darriwilian. Argentine Precordillera.

La Precordillera argentina exhibe depósitos ordovícicos carbonáticos y clásticos que han sido ampliamente descriptos y discutidos en la literatura específica (para una sinopsis ver Benedetto, 2003). De la mayoría de estos depósitos se han rescatado conodontes, cuyas especies guías han permitido la elaboración de un esquema bioestratigráfico (Albanesi y Ortega, 2002).

Desde las primeras propuestas de Hünicken (1985), el esquema bioestratigráfico del Ordovícico de Precordillera basado en conodontes ha sufrido modificaciones, debido a sustanciales aportes que fueron realizados por Albanesi (1998), Albanesi y Ortega (2002), Heredia *et al.* (2005), Albanesi (en Benedetto *et al.*, 2007), Mestre (2010) y Heredia y Mestre (2011), entre otros. La diagnosis y reconocimiento de las especies guías *Eoplacognathus pseudoplanus* (Viira) (Mestre, 2010, 2012) y *E. suecicus* Bergström (Heredia *et al.*, 2011;

Heredia, 2012) y de las conodontofaunas asociadas (Mestre y Heredia, 2012) permitieron rediseñar el esquema del Ordovícico Medio acercándolo al esquema propuesto para Báltica y centro-sur de China (Löfgren y Zhang, 2003), desestimando la idea de un esquema propio para Precordillera (Heredia y Mestre, 2011).

En los esquemas bioestratigráficos del Darriwiliano de Báltica y centro-sur de China, Zhang (1998a,b) incorporó una nueva biozona de conodontes definida por la aparición de la especie guía *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang). Posteriormente, Löfgren (2003) y Löfgren y Zhang (2003) acotaron dicha zona y estudiaron detalladamente la conodontofauna presente en la misma.

*Y. crassus* señala aproximadamente el rango de los 466–465,5 Ma del cuadro geocrono-bioestratigráfico del Ordovícico Medio, siendo una de las especies de conodontes con

menor rango bioestratigráfico. La primera aparición de esta especie (FAD) define la base de la biozona, mientras que el límite superior está dado por su desaparición (LAD), junto con los FAD de *Dzikodus tablepointesis* (Stouge) en el centro-sur de China (Zhang, 1998a), y *Eoplacognathus pseudoplanus* (Viira) en Báltica (Löfgren y Zhang, 2003).

En la Precordillera, la presencia de *Y. crassus* ha sido mencionada en los últimos metros de la Formación San Juan por Mestre (2010) y Heredia y Mestre (2011), y para el techo de dicha formación y la base de la Formación Las Aguaditas por Serra *et al.* (2011), Feltes *et al.* (2011) y Albanesi *et al.* (2012).

En las colecciones de conodontes provenientes de la Formación San Juan de las localidades de la Quebrada Del Aluvión, Cerro La Chilca y Quebrada del río de las Chacritas aparecen elementos asignables a *Yangtzeplacognathus crassus* (Fig. 1).

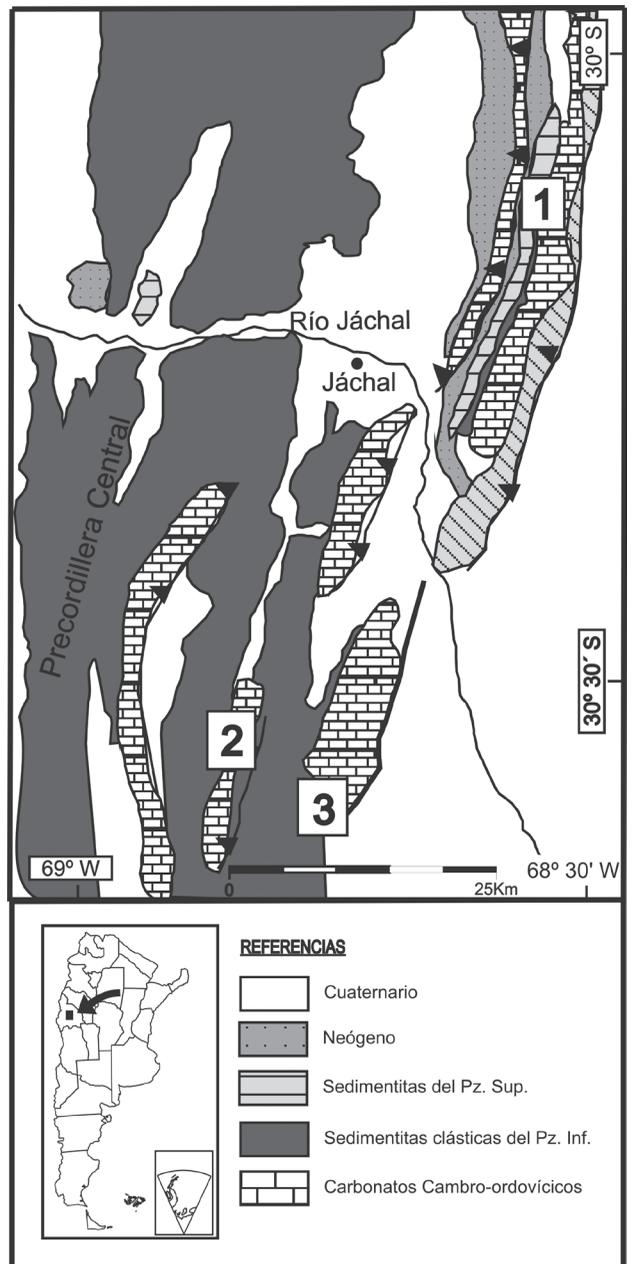
El objetivo de la presente contribución es describir, ilustrar y comparar por primera vez los elementos de *Y. crassus* recuperados en Precordillera con los de Báltica y centro-sur de China, y lograr así un detallado estudio taxonómico de la especie guía en cuestión. Sobre esta base se propone la correcta introducción de la Zona de *Y. crassus* en el esquema bioestratigráfico del Ordovícico Medio de Precordillera, lo que permite una correlación precisa de estos depósitos en el contexto de la cuenca darriwiliana de la Precordillera.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Se levantaron tres perfiles estratigráficos de detalle de los últimos metros de la Formación San Juan en las tres secciones estudiadas y se colectaron muestras con el fin de obtener conodontes. Los niveles estratigráficos muestreados presentan diversas litologías dependiendo de su ubicación en la cuenca darriwiliana de Precordillera, desde *dolowackestones* a *wackestones* bioclásticos (Quebrada Del Aluvión-DA), *wackestones-packstones* bioclásticos en algunos casos con abundante glauconita (Cerro La Chilca-CHL) a *packstones-grainstones* bioclásticos (Quebrada del río de Las Chacritas-LCHA) (Mestre, 2010) (Fig. 2).

Las muestras fueron procesadas en laboratorio mediante los métodos convencionales de ácido fórmico (Stone, 1987). De los residuos obtenidos se recuperaron foraminíferos, ostrácodos, conodontes, espículas de poríferos y artejos de crinoideos. El color que exhiben los conodontes corresponde a los valores 2 y 3 del CAI (*Color Alteration Index* de Epstein *et al.*, 1977) dependiendo del sector. La conservación de los conodontes en general es muy buena, excepto la de aquellos

que provienen de los últimos decímetros de la Formación San Juan en la sección Quebrada Del Aluvión, los que aparecen corroídos y blanqueados. Todos los materiales figurados (Figs. 3 y 4) corresponden a microfotografías tomadas por microscopía electrónica de barrido en el Laboratorio de Microscopía Electrónica del CCT-Mendoza. Las colecciones se han depositado en la colección del INGEO (Instituto de Geología, Universidad Nacional de San Juan) bajo las siglas INGEO-MP.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los sectores de estudio. 1) Quebrada Del Aluvión, 2) Quebrada del río de Las Chacritas y 3) Cerro La Chilca.

## CONODONTOFAUNA DARRIWILIANA

Chen y Zhang (en Ding *et al.*, 1993) fueron los primeros en mencionar un nuevo grupo de conodontes darriwilianos con forma esteliplanate. Luego Zhang (1997, 1998b), al estudiar las conodontofaunas darriwilianas del centro-sur de China, aisló conodontes de este grupo que exhibían características especiales y que los diferenciaban de otros conodontes con plataforma. Así, Zhang (1998b) definió el género *Yangtzeplacognathus* Zhang, 1998, como perteneciente a la familia Polyplacognathidae Bergström, 1971, la cual está caracterizada por conodontes con elementos pastiniplanate y esteliplanate derechos e izquierdos marcadamente no especulares, es decir que los mismos son notablemente diferentes. Esta autora observó además que estos elementos P muestran fuertes variaciones morfológicas a lo largo del desarrollo ontogenético.

La especie *Yangtzeplacognathus crassus* fue interpretada en primera instancia como perteneciente al género *Eoplacognathus* Hamar, 1966 (*E. crassus* Chen y Zhang en Ding *et al.*, 1993) el cual está también incluido en la familia Polyplacognathidae. Zhang (1997) describió esta especie y la propuso como un conodonte guía para el Ordovícico Medio. Posteriormente, Bergström y Wang (1997) reconocieron la especie y el género y su gran importancia bioestratigráfica. Finalmente, Zhang (1998a) reubicó genéricamente a *E. crassus* en *Yangtzeplacognathus* en función de caracteres morfológicos que indicarían una estrecha relación entre la especie *Y. crassus* y las sucesivas *Y. proramosus* (Chen, Chen y Zhang, 1983) y *Y. jianyeensis* An y Ding, 1982.

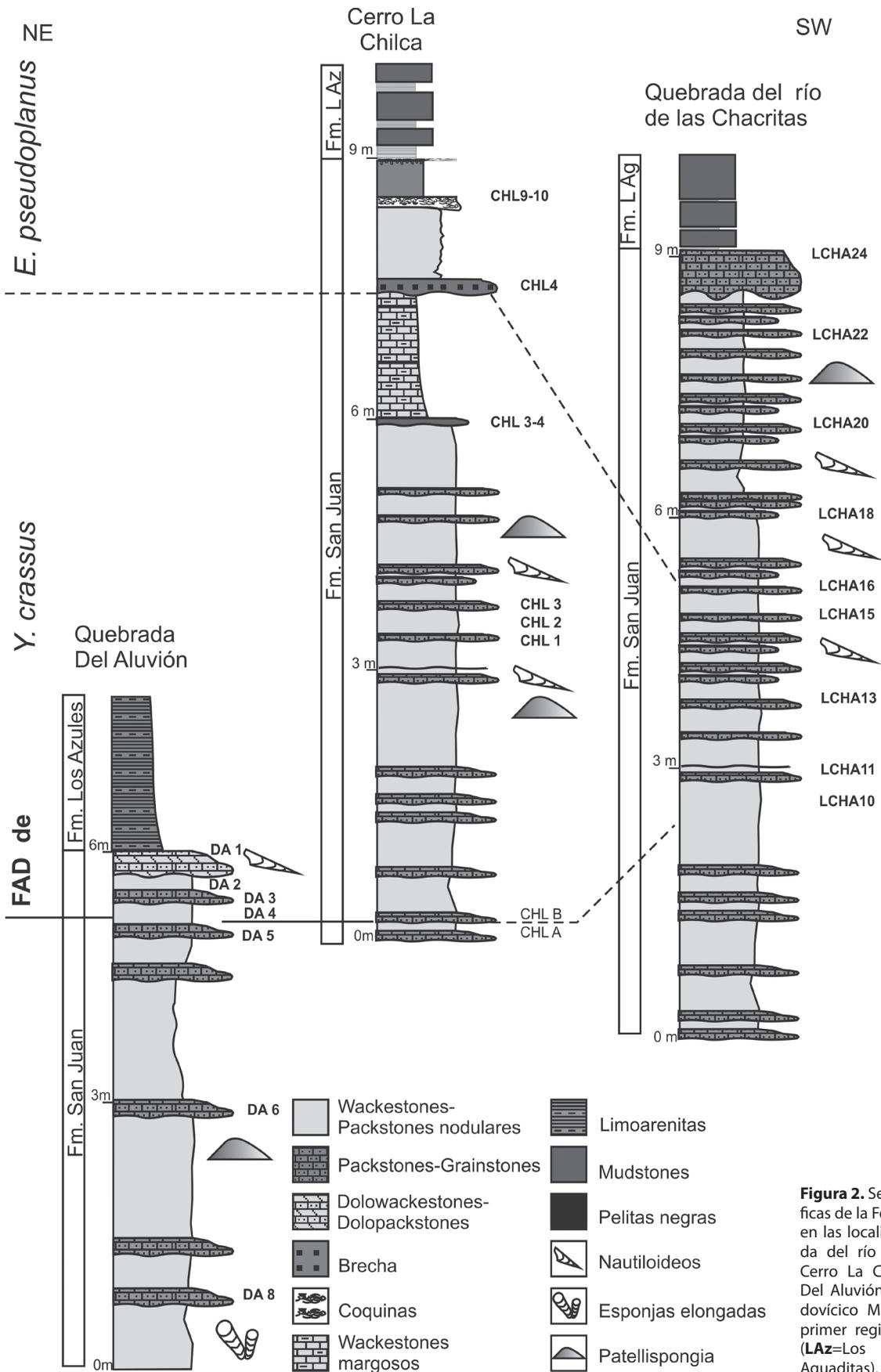
Löfgren y Zhang (2003) al discutir sobre la relación filética entre los conodontes darriwilianos con plataforma, observaron fuertes lazos entre los géneros *Trapezognathus* Lindström, 1955; *Lenodus* Sergeeva, 1963; y *Eoplacognathus* que no serían aplicables al género *Yangtzeplacognathus*. Ambas autoras mantuvieron el género *Yangtzeplacognathus* por la disparidad especular entre las forma P, por el diseño poligonal superficial que exhiben las plataformas y por la bifurcación distal del proceso anterior en las formas Pa. Atendiendo a las diferencias mencionadas por estas autoras, se ha observado que, en cuanto al aspecto superficial de las plataformas en los elementos P, se reconoce esta misma morfología superficial en todos los representantes de los géneros *Eoplacognathus*, *Pygodus* Lamont y Lindström, 1957, y *Dzikodus* Zhang, 1998 (ver elementos de estos géneros en Heredia, 2002, 2012; Mestre, 2010, 2012). Con respecto al criterio diagnóstico de la ubicación de la bifurcación distal del proceso anterior en los elementos Pa, esta no resulta

definitoria en sí misma para asignarlos a un género diferente. Finalmente, en la mayoría de las especies del género *Eoplacognathus*, e incluso las especies de los géneros *Lenodus* y *Yangtzeplacognathus*, los elementos P no son especulares en los elementos adultos y gerontes, especialmente los elementos Pa.

Zhang (1997), en su descripción de *Eoplacognathus crassus*, figuró solamente los elementos P del aparato de esta especie. Löfgren (2000) registró *Eoplacognathus crassus* Chen y Zhang en sus colecciones de la cantera Gillberga en Öland (Suecia), mencionando que suele aparecer asociada a *Lenodus variabilis* (Sergeeva, 1963) de forma numéricamente subordinada. En una contribución posterior, Zhang (1998a) transfirió la especie al género *Yangtzeplacognathus* basándose sobre las consideraciones anteriormente citadas. Finalmente, Löfgren y Zhang (2003) presentaron el aparato multielemental septimembrado completo de *Y. crassus*, con una composición idéntica y con una relación entre los elementos tal como las que exhiben las especies de *Lenodus* y *Eoplacognathus pseudoplanus* (Viira). Esto deja en evidencia la fuerte relación filética entre estos géneros y la obvia necesidad de lograr consenso sobre la taxonomía del grupo.

Existen menciones previas de la presencia de *Y. crassus* para la Precordillera. Por un lado, Heredia *et al.* (2005) reportaron con dudas la presencia de esta especie dentro de la colección de conodontes darriwilianos de la Quebrada del río Las Chacritas; en tanto Albanesi *et al.* (2006) mencionaron a esta especie dentro de la asociación de conodontes de la Zona de *Lenodus variabilis* s.l.. Posteriormente, Mestre (2010) y Heredia y Mestre (2011) reconocieron la presencia de *Y. crassus* en los últimos metros de la Formación San Juan en secciones de la Precordillera Central, y propusieron un cambio sustancial del marco bioestratigráfico regional. Por último, Serra *et al.* (2011), Feltes *et al.* (2011) y Albanesi *et al.* (2012) mencionaron a *Y. crassus* para el techo de la Formación San Juan y la base de la Formación Las Aguaditas pero sin una discusión pormenorizada de las implicancias del hallazgo.

La asociación de conodontes presente en la Zona de *Y. crassus* de las tres secciones estudiadas está conformada por: *Ansella jemtlandica* (Löfgren, 1978), "*Bryantodina*" aff. *B. typicalis* (Stauffer, 1935), *Cornuodus longibasis* (Lindström, 1955), *Drepanodus arcuatus* Pander, 1856, *Drepanoistodus basiovalis* (Sergeeva, 1963), *Drepanoistodus bellburnensis* Stouge, 1984, *Drepanoistodus costatus* (Abaimova, 1971), *Drepanoistodus tablepointensis* Stouge, 1984, *Erraticodon* cf. *balticus* (Dzik, 1978), *E. hexianensis* An y Ding, 1985, *Fabraeusodus marathonsis* (Bradshaw, 1969), *Juanognathus*



**Figura 2.** Secciones estratigráficas de la Formación San Juan en las localidades de Quebrada del río de Las Chacritas, Cerro La Chilca y Quebrada Del Aluvión, Darriviliano (Ordovícico Medio) niveladas al primer registro de *Y. crassus*. (LAZ=Los Azules; LAg=Las Aguditas).

*jaanussoni* Serpagli, 1974, *Lenodus variabilis* (Sergeeva), *Parapanderodus elegans* Stouge, 1984, *Parapaltodus simplicissimus* Stouge, 1984, *Paroistodus originalis* (Sergeeva, 1963), *P. horridus* Barnes y Poplawski, 1973, *Periodon macrodentatus* (Graves y Ellison, 1941), *Protopanderodus rectus* (Lindström, 1955), *Pteracontiodus cryptodens* Mound, 1965, *Rossodus barnesi* Albanesi, 1998, *Scolopodus oldstockensis* Stouge, 1984, *Strachanognathus parvus* Rhodes, 1955 y *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang).

### PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

En líneas generales las autoras de este trabajo no adhieren a la asignación genérica de *Yangtzeplacognathus*, sin embargo, en esta contribución se utilizará esta denominación a fin de caracterizar a este grupo, hasta tanto se reúnan los elementos para una discusión apropiada sobre taxonomía y linajes de los Polyplacognathidae.

La lista sinónímica es condensada, conteniendo especialmente las descripciones y las citas de estudios realizados en la Precordillera correspondientes a los elementos reconsiderados como la especie en cuestión. En las descripciones se han utilizado los términos convencionales de orientación (anterior, posterior y lateral) dando por sentado que éstos no guardan relación con la orientación anatómica de los elementos en el individuo (Purnell *et al.*, 2000).

Familia POLYPLACOGNATHIDAE Bergström, 1971

Género *Yangtzeplacognathus* Zhang, 1998b

**Especie tipo.** *Polyplacognathus jianyeensis* An y Ding, 1982; Formaciones Miaopo y Datianba. China central.

***Yangtzeplacognathus crassus*** (Chen y Zhang, 1993)

Figuras 3.1–6, 4.1–5

- 1993 *Eoplacognathus crassus* n. sp. Chen y Zhang, en Ding *et al.*, p1. 74, lám. 37 12–17.  
 1987 *Eoplacognathus suecicus* Bergström; Hünicken y Ortega, lám. 7.1, figs. 4–5, 7–8, 11–12.  
 2003 *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang); Löfgren y Zhang, pp. 731, 735, figs. 6–12 (*cum. syn.* hasta 2003).  
 2007 *Lenodus variabilis* Sergeeva; Ortega *et al.*, lám. 6, fig. J.  
 2010 *Lenodus variabilis* Sergeeva; Mellgren y Eriksson, fig. 8, G, O, U, Y, AA.  
 2010 *Lenodus?* sp., Mellgren y Eriksson, fig. 8, AJ.  
 2010 *Yangtzeplacognathus?*; Mellgren y Eriksson, fig. 8, H. Elemento P.  
 2010 *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang); Mellgren y Eriksson, fig. 8, AB, AC, AF, AG–AI.

**Material estudiado.** Dieciocho elementos que se discriminan en: 7 Pa, 7 Pb, 3 Sa y 2 Sc. Se distribuyen, según las muestras, en: LCHA 15= 1 Pa, 2 Pb, 2 Sa, INGENO-

MP-1830 (1–5); LCHA11= 1 Pa, INGENO-MP-1831 (1); CHLB= 1 Pa, INGENO-MP-1071 (1); CHL 3= 2Pa, 5 Pb, 1070 (1–7); DA4= 1 Pa, 1 Sc, INGENO-MP-426 (1–2); DA3= 1 Sa, 1 Sc, INGENO-MP-412 (1–2).

**Procedencia geográfica.** Quebrada Del Aluvión muestras DA3 y DA4, Cerro La Chilca muestras CHLB y CHL 3, Quebrada río de Las Chacritas muestras LCHA11 y LCHA 15.

### Descripción

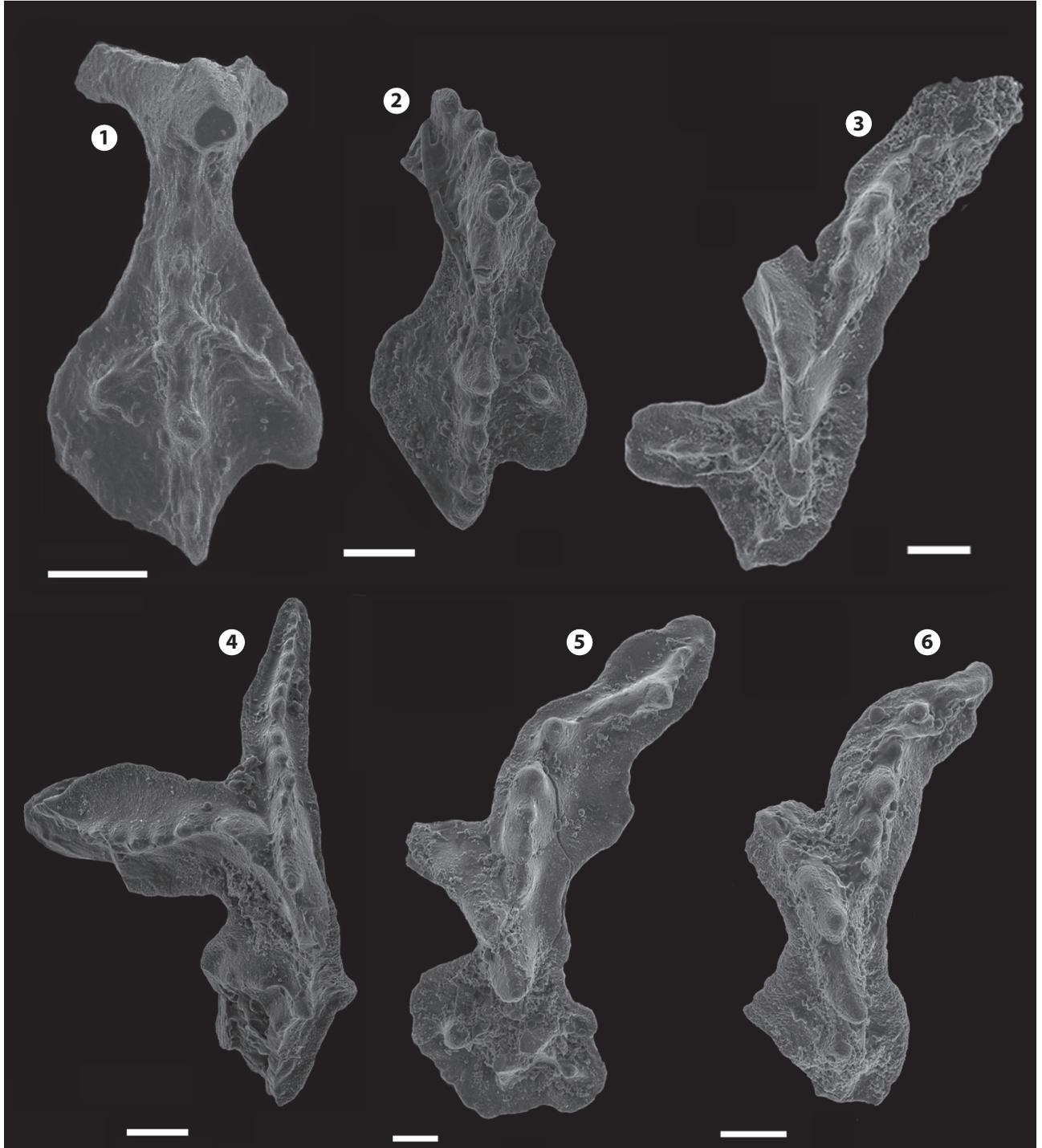
**Elementos Pa.** La mayoría de los elementos Pa presentan la parte anterior rota, pero es posible distinguir los 4 procesos (posterior, postero–lateral, anterior y antero–lateral). La característica morfológica más sobresaliente de estos elementos, y que permite su asignación específica, es la inserción del proceso postero–lateral, el cual se inserta lejos de la cúspide en la zona media del proceso posterior, y en donde se reconoce un denticulo de mayor tamaño que el resto. El ángulo entre ambos procesos es de alrededor de 30°. En algunos elementos Pa, procedentes de las muestras DA4 y CHLB, se observa que sobre el proceso posterior, de forma simétrica al proceso postero–lateral, presentan el desarrollo de un lóbulo que exhibe una carena con incipiente denticulación (Fig. 3.1–2). Si bien estos elementos no resultan idénticos a los típicos de *Y. crassus*, se los interpreta como elementos primitivos de esta especie, lo que aparece respaldado por la posición estratigráfica de las muestras de donde se recuperaron estos elementos y por la asociación de conodontes que los acompañan. Este criterio permitiría sostener la idea de una variación morfológica a lo largo de la zona. Por otra parte, en los elementos Pa provenientes de muestras estratigráficamente más altas en el perfil del Cerro La Chilca (CHL3) se reconoce la ausencia del lóbulo y el proceso posterior se presenta curvado, pero se mantiene constante la distancia a la cual se inserta el proceso postero–lateral en el proceso posterior (Fig. 3.3).

**Elementos Pb.** En los elementos Pb puede observarse una expansión en el borde distal de la plataforma del proceso posterior en la que se desarrollan en algunos casos grandes denticulos; estos elementos Pb son similares a los figurados por Mellgren y Eriksson (2010, fig. 8, AA y AC) (Figs. 3.4–6 y 4.2–4). Una característica destacable en el elemento Pb izquierdo de las formas adultas a gerontes, es la morfología del primer denticulo del proceso anterior (que le sucede a la cúspide), el cual exhibe un tamaño y altura ligeramente menores a los de la cúspide (ver elementos Pb izquierdos figurados por Zhang, 1998a, pl. 20, fig. 8; Löfgren, 2000, fig. 6. S; Mellgren y Eriksson, 2010, fig. 8 AJ) (Figs. 3.5–6).

**Elementos Sa.** Los elementos Sa son de pequeño tamaño, con una cúspide relativamente corta y 3 procesos donde los dentículos no se distinguen claramente ya que estos están

rotos. Además, estos elementos se presentan recristalizados, lo que imposibilita observar los detalles (Fig. 4.4).

**Elementos Sc.** En el elemento Sc la cúspide es corta, redon-



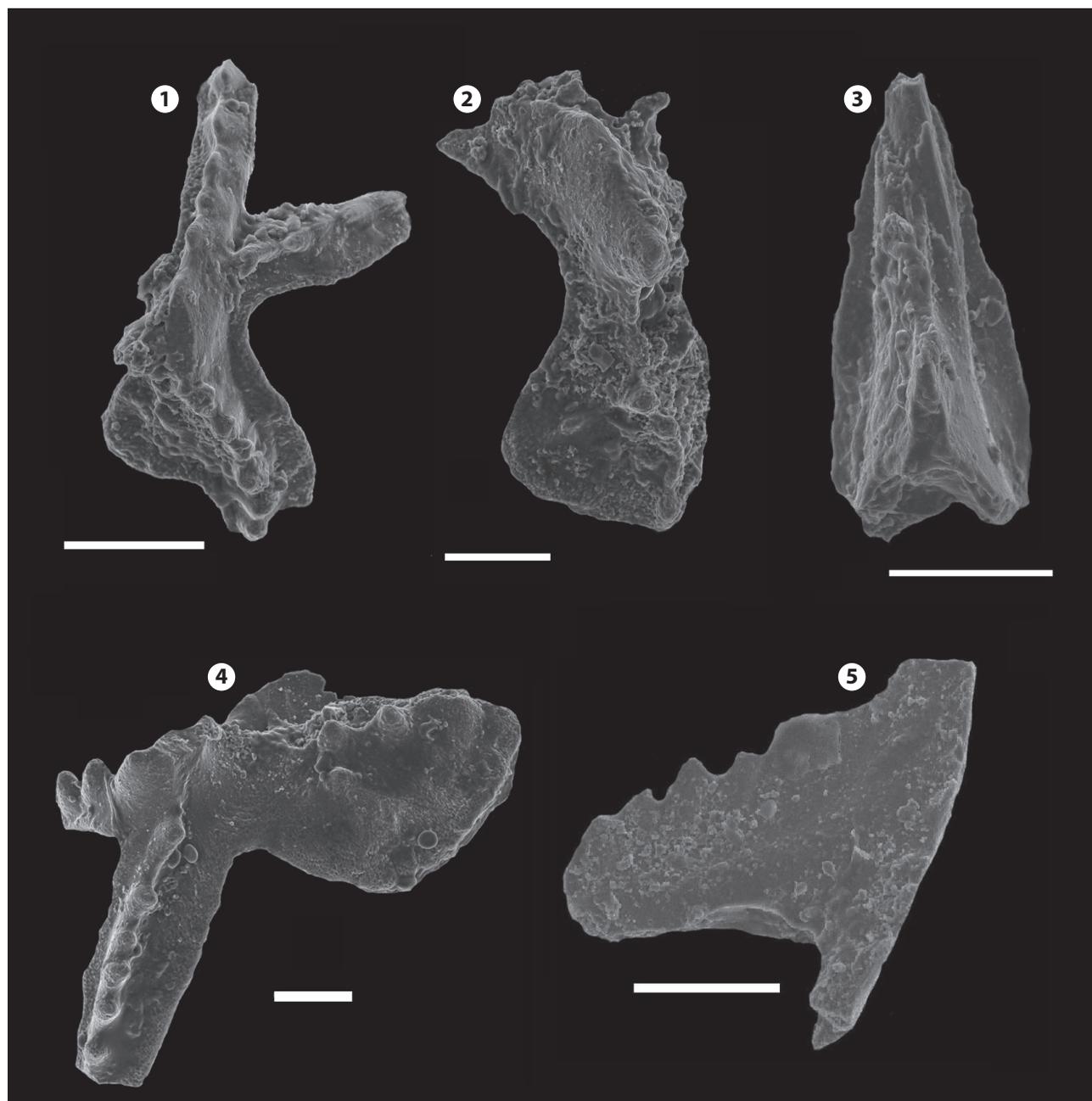
**Figura 3.** 1–6, *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang), Zona de *Y. crassus*, Formación San Juan, Darriviliano medio de la Precordillera. **1**, Quebrada del Aluvión, INGEO-MP- 426(1), elemento Pa izquierdo, vista oral, muestra DA4; **2–6**, Cerro La Chilca; **2**, INGEO-MP-1071(1), elemento Pa izquierdo, vista oral, muestra CHL B; **3**, INGEO-MP-1070(1), elemento Pa derecho, vista oral, muestra CHL 3; **4**, INGEO-MP-1070(2), elemento Pb derecho, vista oral, muestra CHL 3; **5**, INGEO-MP-1070(3), elemento Pb izquierdo, vista oral, muestra CHL 3; **6**, INGEO-MP-1070(4), elemento Pb izquierdo, vista oral, muestra CHL 3. Escala gráfica= 0,1 mm.

deada y proclina, su lado externo es liso y el borde anterior se flexiona hacia el lado interno, sobre este se reconocen dentículos que se encuentran rotos. Los dentículos del proceso posterior están fusionados y son proclinos (Fig. 4.5).

**Discusión.** Según se desprende de la comparación de los materiales presentados en este trabajo y de los figurados en Zhang (1997, 1998a), Stouge y Bagnoli (1990), Löfgren y Zhang (2003), y Mellgren y Eriksson (2010), existen ca-

racteres morfológicos que permiten reconocer la especie en cuestión y que no han sido mencionados con anterioridad:

1. La inserción del proceso postero-lateral con la hilera de dentículos del proceso posterior en las formas Pa se verifica siempre luego del tercer dentículo del proceso posterior con un ángulo de alrededor de 30°. La morfología de la plataforma puede variar. Sin embargo, la forma y ángulo de esta inserción es constante. Puede proponerse una



**Figura 4.** 1–5, *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang), Zona de *Y. crassus*, Formación San Juan, Darriviliano medio de la Precordillera. 1–3, vista oral; 1, INGEO-MP-1830(1), elemento Pa derecho, muestra LCHA 15, Quebrada del río de Las Chacritas, 2–3, Cerro La Chilca, 2, INGEO-MP-1070(5), elemento Pb izquierdo, muestra CHL 3; 3, INGEO-MP-1070(6), elemento Pb derecho, muestra CHL 3; 4, vista anterior, INGEO-MP-412(1), elemento Sa, muestra DA 3; 5, vista lateral, INGEO-MP-412(2), elemento Sc, muestra DA 3. 4–5, Quebrada Del Aluvión. Escala gráfica= 0,1 mm.

- tendencia general de *Y. crassus* a presentar las inserciones de los procesos, tanto el postero-lateral como el antero-lateral, siempre a cierta distancia de la cúspide.
2. Los elementos Pb, tanto derechos como izquierdos, presentan una expansión distal en la plataforma del proceso posterior, en la que usualmente se desarrollan dentículos.
  3. Los elementos Pb izquierdos presentan el primer dentículo del proceso anterior con un tamaño y altura ligeramente menor a la cúspide.

**LA ZONA DE YANGTZEPLACOGNATHUS CRASSUS**

Tal como se mencionó, *Yangtzeplacognathus crassus* fue nominado por Chen y Zhang como *Eoplacognathus crassus*

(en Ding *et al.*, 1993, p. 174, lám. 37, figs.12–17), registrando su aparición en China, Suecia, Estonia y Polonia. La Zona de *Yangtzeplacognathus crassus* fue definida por Zhang (1997 y 1998a) para los esquemas bioestratigráficos del Darriwiliano de Báltica y centro-sur de China como una zona de extensión definida por el *FAD* y *LAD* de la especie en cuestión.

Recientemente, Heredia y Mestre (2011) propusieron un nuevo cuadro bioestratigráfico de conodontes para el Darriwiliano de Precordillera, donde reconocieron la correspondencia del cuadro bioestratigráfico de Precordillera con el esquema bioestratigráfico Báltico (Fig.5) para el esta edad, especialmente aquel basado en el esquema de Löfgren y Zhang (2003).

Sistema	Series			Pisos			Conodontes Bálticos Zonas y Subzonas	Conod. sur de China Zonas y Subzonas	Conod. Precordillera Zonas y Subzonas				
	Global	Britani.	N.Amer.	Global	Austr.	China					Zhang (1998b), Löfgren (2000)	Zhang (1998a)	Heredia y Mestre (2011, 2013) Este estudio
Ordovícico	Medio	S.	Car.	Whiterockiano	Darriwiliano	Gis.	Nei.	<i>Pygodus anserinus</i>	<i>Y. jianyeensis</i> - <i>P. anserinus</i>				
		Lianvirniano										Darriwiliano	Zhejiangiano
	Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano		Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>P. serra</i>	<i>E. lindstroemi</i>	<i>Y. protoramosus</i>			
									<i>E. robustus</i>				
	Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano		Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>E. suecicus</i>	<i>E. reclinatus</i>	<i>Y. foliaceus</i>			
									<i>E. foliaceus</i>				
	Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano		Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>E. pseudoplanus</i>	<i>P. anitae</i>	<i>E. suecicus</i>			
									<i>P. lunnensis</i>				
	Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano		Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>M. ozarkodella</i>	<i>Dzikodus tablepointensis</i>	<i>M. ozarkodella</i>		<i>Eoplacognathus pseudoplanus</i>	<i>P. anitae</i>
										<i>M. hagetiana</i>			<i>M. ozarkodella</i>
Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano	Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>Y. crassus</i>	<i>Y. crassus</i>	<i>M. hagetiana</i>	<i>Eoplacognathus pseudoplanus</i>	<i>M. ozarkodella</i>			
								<i>Y. crassus</i>		<i>Y. crassus</i>	<i>?</i>		
Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano	Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>Lenodus variabilis</i>	<i>Lenodus variabilis</i>	<i>Y. crassus</i>	<i>Eoplacognathus pseudoplanus</i>	<i>Y. crassus</i>			
								<i>Lenodus variabilis</i>		<i>Lenodus variabilis</i>	<i>Lenodus variabilis</i>		
Arenigiano	Lianvirniano	Whiterockiano	Darriwiliano	Darriwiliano	Zhejiangiano	<i>Lenodus antivariabilis</i>	<i>Lenodus antivariabilis</i>	<i>Lenodus variabilis</i>	<i>Eoplacognathus pseudoplanus</i>	<i>?</i>			
								<i>Lenodus antivariabilis</i>		<i>Lenodus antivariabilis</i>	<i>?</i>		

Figura 5. Cuadro bioestratigráfico de conodontes del Darriwiliano para los esquemas Báltico, centro-sur de China y Precordillera.

La Zona de *Y. crassus*, también ha sido reconocida en China, en la sección tipo del Darriwiliano de Huangnitang por Chen *et al.* (2006), donde estos autores la refirieron como equivalente a la Zona de *Acograptus ellesae*.

Finalmente, Stouge *et al.* (2011) propusieron el uso del género *Periodon* Hadding, 1913, y algunas de sus especies para caracterizar bioestratigráficamente las Formaciones Dawangou y Saergan en el oeste de la región de Tarim (China), reconociendo una Subzona de *Y. crassus* dentro de la Zona de *Periodon macrodentatus*.

La biofacies de conodontes *Periodon-Drepanoistodus* (Mestre, 2010) donde aparece *Y. crassus* permite sugerir un ambiente de plataforma somera a media (Heredia *et al.*, 2005; Mestre, 2010). Dentro de esta biofacies, los elementos de *Y. crassus* aparecen en bajos porcentajes en relación con las otras especies (0,5% de elementos por kilogramo de roca).

En cuanto al provincialismo, se considera a esta especie como vinculada al Reino Noratlántico (Bergström, 1983) o al Dominio de Aguas Templadas en el sentido de Zhen y Percival (2003).

## CORRELACIÓN

*Yangtzeplacognathus crassus* ha sido identificado en la Formación San Juan en posiciones estratigráficas diferentes. En la Quebrada Del Aluvión aparece, con una forma que se interpreta como temprana, en el último metro superior del perfil, correspondiente al techo de esa unidad estratigráfica en estos afloramientos (Mestre, 2010). En la Quebrada del río de Las Chacritas se registra entre los 7 m y los 4,5 m aproximadamente desde el tope de la misma unidad. En el Cerro La Chilca se recuperaron por primera vez elementos de *Y. crassus* desde aproximadamente 9 m por debajo del tope hasta aproximadamente 2,5 m por debajo del mismo (Fig. 2). En estas dos últimas secciones, la edad del último metro de la Formación San Juan está dada por el registro de la especie guía *Eoplacognathus pseudoplanus* (Viira) (Mestre, 2010, 2012; Heredia *et al.*, 2011; Heredia 2012).

De esto se desprende que el tope de la Formación San Juan es diacrónico en sentido noreste-sudoeste (Fig. 2), siendo la sección con el techo más joven la que se encontraría en una posición más occidental. Se necesitan estudios de detalle sobre las características morfológicas –formas más derivadas– de los elementos Pa de *E. pseudoplanus* para confirmar o rechazar esta hipótesis.

## CONCLUSIONES

En la presente contribución se da a conocer la presen-

cia de *Yangtzeplacognathus crassus* (Chen y Zhang), un conodonte guía que permite registrar la Zona de *Y. crassus* en los tramos más altos de la Formación San Juan en la Precordillera argentina. Esta biozona refiere estos depósitos al Darriwiliano medio y permite comparar el esquema bioestratigráfico de la Precordillera con los esquemas propuestos para Báltica y el sector sur-central de China. El reconocimiento de esta biozona en las tres secciones estudiadas permite correlacionarlas de forma ajustada. Al mismo tiempo, pone en evidencia que el cambio sedimentario que se registra hacia el techo de la Formación San Juan varía su posición estratigráfica según la localización de la sección dentro de la cuenca, siendo los sectores nororientales de la misma aquellos en los que más tempranamente se registrara ese cambio.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a C. Rodríguez por su colaboración en las tareas de campaña y a M. González por su labor en laboratorio. También al Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido y Microanálisis (MEByM) CCT CONICET-Mendoza. Se desea agradecer a los revisores de este manuscrito por sus sugerencias, especialmente a G. Bagnoli. Al CONICET.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abaimova, 1971. Early Ordovician conodonts of the middle fork of the Lena River. *Trudy Sibirskogo nauchnoissledovatel'skogo Instituta, Geologii, Geofiziki i Mineralnogo Syr'ya* 207: 1-129 (en ruso).
- Albanesi, G. y Ortega, G. 2002. Advances in Conodont-Graptolite Biostratigraphy of the Ordovician System of Argentina. En: F.G. Aceñolaza (Ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina. Serie Correlación Geológica (INSUGEOL)* 16: 143-166.
- Albanesi, G., Voldman, G. y Ortega, G. 2006. Control ambiental en la distribución de conodontes de la Zona de *Lenodus variabilis* (Darriwiliano) en la Precordillera del oeste argentino. *9º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (Córdoba), *Resúmenes*, p. 127.
- Albanesi, G. 1998. Taxonomía de conodontes de las secuencias ordovícicas del Cerro Potrerillo, Precordillera Central de San Juan, República Argentina. *Actas Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* 12: 99-253.
- Albanesi, G.L., Bergström, S.M., Schmitz, B., Ortega, G., Voldman G.G., Feltes, N.A. y Serra, F. 2012. Middle Ordovician biostratigraphic, paleoenvironments and  $\delta^{13}\text{C}$  isotopic records in the Argentina Precordillera. *34th International Geological Congress* (Brisbane), *Proceedings*, p. 1962.
- An, T. y Ding, L. 1982. Preliminary studies and correlations on Ordovician conodonts from the Ningzhen Mountains, Nanjing, China. *Acta Petroli Sinica* 4: 1-12.
- An, T.X. y Ding, L.S., 1985. Ordovician conodont biostratigraphy in Hexian, Anhui Province. *Geological Review* 31: 1-12.
- Barnes, C.R. y Poplawski, M.L.S., 1973. Lower and Middle Ordovician conodonts from the Mystic Formation, Quebec. *Journal of Paleontology* 47: 760-790.
- Benedetto, J.L. 2003. *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, 560 p.
- Benedetto, J.L., Aceñolaza, G., Albanesi, G., Alfaro, M., Brussa, E., Bua-tois, L., Carrera, M., Cech, N., Esteban, S., Heredia, S., Mángano, M.G., Ortega, G., Ottone, E., Rubinstein, C., Salas, M., Sánchez, T., Toro, B., Tortello, F., Vaccari, N. y Waisfeld, B. 2007. Los fósiles del Proterozoico Superior y Paleozoico Inferior de Argentina. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial* 11: 9-32.

- Bergström, S. 1971. Conodont biostratigraphy of the Middle and Upper Ordovician of Europe and Eastern North America. En: W.C., Sweet y S. Bergström (Eds.), Symposium on Conodont Biostratigraphy. *Geological Society of America Memoir* 127: 83–161.
- Bergström, S. 1983. Biogeography, evolutionary relationships and biostratigraphic significance of Ordovician platform conodonts. *Fossils and Strata* 15: 35–58.
- Bergström, S., y Wang, Z. 1997. Biostratigraphy significance of the Ordovician conodont *Eoplacognathus crassus* Cheng and Zhang, 1993. *GFF* 120: 91–93.
- Bradshaw, L.E., 1969. Conodonts from the Fort Peña Formation (Middle Ordovician), Marathon Basin, Texas. *Journal of Paleontology* 43: 1137–1168.
- Chen, M., Chen, Y. y Zhang, J. 1983. Ordovician Conodonts Sequence in Nanjing Hill. *Journal of Nanjing University (Natural Science)* 1983-1: 129–139.
- Chen, X., Zhang, Y.D., Bergström, S.M., y Xu, H.G. 2006. Upper Darrivilian graptolite and conodont zonation in the globalstrato type section of the Darrivilian stage (Ordovician) at Huangnitang, Changshan, Zhejiang, China. *Palaeoworld* 15: 150–170.
- Ding, L., Chen, M., Zhang, J., Cao, H. y Bao, D. 1993. Cambrian to Ordovician conodonts. En: Ch. Wang (Ed.), *Conodonts of lower Yangtze Valley – An index to Biostratigraphy and Organic Metamorphic Maturity*. Science Press: 155–214.
- Dzik, J., 1978. Conodont biostratigraphy and paleogeographical relations of the Ordovician Mójca Limestone (Holy Cross Mts., Poland). *Acta Palaeontologica Polonica* 23: 51–72.
- Epstein, A., Epstein, J., y Harris, L. 1977. Conodont color alteration. An Index to organic metamorphism. *United States Geological Survey Professional Paper* 955: 1–27.
- Feltes, N.A., Serra, F. y Albanesi, G.L. 2011. Biofacies de conodontes en el intervalo del contacto entre la Formación San Juan y unidades suprayacentes (Ordovícico Medio), en la Precordillera Central de San Juan. *Reunión Anual de Comunicaciones de la Asociación Paleontológica Argentina* (Luján), Resúmenes: R12. Graves y Ellison, 1941. Ordovician conodonts of the Marathon Basin, Texas. *University of Missouri School of Mines and Metallurgy Bulletin, Technical Series* 14(2): 1–26.
- Hadding, A.R., 1913. Undre dicellograptusskiffern i Skane jamte nagra därmed ekvivalenta bildningar. *Lunds Universitets Arsskrift N.F.* 2, 9 (15): 1–90.
- Hamar, G., 1966. The Middle Ordovician of the Oslo region, Norway. 17. Conodonts from Lower Middle Ordovician of Ringerike. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 44: 243–292.
- Heredia, S. 2002. Upper Llanvirn–Lower Caradoc Conodont biostratigraphy, southern Mendoza, Argentina. En: F.G. Aceñolaza (Ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina. Serie Correlación Geológica (INSUGEO)* 16: 167–176.
- Heredia, S. 2012. Biostratigrafía de conodontes del Darriviliano medio (Ordovícico) de Argentina: la Formación Las Aguaditas, Precordillera Central. *Revista Mexicana de Geología* 29: 76–86.
- Heredia, S. y Mestre, A. 2011. Middle Darrivilian Conodont Biostratigraphy in the Argentine Precordillera. En: J.C. Gutiérrez Marco, I. Rábano y D. García Bellido (Eds.), *Ordovician of the World. Cuadernos del Museo Geominero* 14: 237–242.
- Heredia, S. y Mestre, A. 2013. Advances in the middle Darrivilian conodont biostratigraphy of the Argentine Precordillera. En: G. Albanesi y G. Ortega (Eds.), *Conodonts from the Andes, Proceedings of the 3rd International Conodont Symposium & Regional Field Meeting of the IGCP project 591. Publicación Especial de la Asociación Paleontológica Argentina* 13: 45–47.
- Heredia, S., Beresi, M. y Mestre, A. 2011. La estratigrafía del Ordovícico Medio del Río Las Chacritas, Precordillera Central de San Juan. *Serie Correlación Geológica (INSUGEO)* 2: 18–26.
- Heredia, S., Beresi, M. y Peralta, S. 2005. Darrivilian conodont biostratigraphy of the Las Chacritas Formation, Central Precordillera, San Juan Province, Argentina. *Geologica Acta* 3: 385–394.
- Hünicken, M. 1985. Lower Ordovician conodont biostratigraphy in Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencia* 56: 309–349.
- Hünicken, M. y Ortega, G. 1987. Lower Llanvirn–Lower Caradoc (Ordovician) conodonts and graptolites from the Argentine Central Precordillera. En: R.L. Austin (Ed.), *Conodonts: Investigative Techniques and Applications*. Ellis Horwood Limited Chichester 7: 136–145.
- Lamont, A. y Lindström, M. 1957. Arenigian and Llandeilian chert identified in the Southern Uplands of Scotland by means of conodonts, etc. *Transactions of the Edinburgh Geological Society* 17: 60–70.
- Lindström, M., 1955. Conodonts from the lowermost Ordovician strata of south-central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 76: 517–604.
- Löfgren, A., 1978. Arenigian and Llanvirnian conodonts from Jämtland, northern Sweden. *Fossils and Strata* 13: 1–129.
- Löfgren, A. 2000. Early to early Middle Ordovician conodont biostratigraphy of the Gillberga quarry, northern Öland, Sweden. *GFF* 122: 321–338.
- Löfgren, A. 2003. Conodont faunas with *Lenodus variabilis* in the upper Arenigian to lower Llanvirnian of Sweden. *Acta Palaeontologica Polonica* 48: 417–436.
- Löfgren, A. y Zhang, J.H. 2003. Element association and morphology in some Middle Ordovician platform-equipped conodonts. *Journal of Paleontology* 77: 723–739.
- Mellgren, J. y Eriksson, M. 2010. Untangling a Darrivilian (Middle Ordovician) palaeoecological event in Baltoscandia: conodont faunal changes across the ‘Täljsten’ interval. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 100:353–370.
- Mestre, A. 2010. [Estratigrafía y Bioestratigrafía de Conodontes de la “Transición cuspidal” de la Formación San Juan al sur del paralelo 30°, Precordillera de San Juan. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, 330 p. Inédita.]
- Mestre, A. 2012. Biostratigrafía de conodontes del techo de la Formación San Juan y del Miembro Inferior de la Formación Los Azules, Cerro La Chilca, Precordillera de San Juan. *Ameghiniana* 49: 185–197.
- Mestre, A. y Heredia, S. 2012. The Darrivilian species of the genus *Histioidella* (Conodont) in the Argentine Precordillera. *Alcheringa* 36: 141–150.
- Mound, M.C., 1965. A conodont fauna from the Joins Formation (Ordovician), Oklahoma. *Tulane Studies in Geology and Paleontology* 4: 1–45.
- Ortega, G., Albanesi, G. y Frigerio, S. 2007. Graptolite-conodont biostratigraphy and biofacies of the Middle Ordovician Cerro Viejo succession, San Juan, Precordillera, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 245: 245–264.
- Pander, C. H., 1856. *Monographische der fossilen Fische des silurischen Systems der Russisch-Baltischen Gouvernements*. Akademie der Wissenschaften, St. Petersburg: 91 pp.
- Purnell, M. A., Donoghue, P. C. J. y Aldridge, R.J. 2000. Orientation and anatomical notation in conodonts. *Journal of Paleontology* 74: 113–122.
- Rhodes, F.H.T. 1955. The conodont fauna of the Keisley Limestone. *Geological Society of London, Quarterly Journal* 111: 117–142.
- Sergeeva, S.P., 1963. Conodonts from the Lower Ordovician in the Leningrad region [in Russian]. *Paleontologičeskij žurnal*: 93–108.
- Serpagli, E., 1974. Lower Ordovician conodonts from Precordillera Argentina (Province of San Juan). *Bolletino della Società Paleontologica Italiana* 13 (1-2): 17–95.
- Serra F., Albanesi G.L. y Feltes N.A. 2011. *Yangtzeplacognathus crassus* (Conodont) en el intervalo de transición entre la Formación San Juan y unidades suprayacentes del Ordovícico Medio en la Precordillera Central de San Juan. *Ameghiniana, Suplemento Resúmenes* 48: R25.
- Stauffer, C., 1935. Conodonts of the Glenwood beds. *Geological Society of America Bulletin* 46: 125–168.
- Stone, J. 1987. Review of investigative techniques used in the study of conodonts. En: R. Austin (Ed.), *Conodonts: Investigative Techniques and Applications*, Ellis Horwood Limited, Chichester: 17–34.

- Stouge, S., 1984. Conodonts of the Middle Ordovician Table Head Formation, western Newfoundland. *Fossils and Strata* 16: 1–145.
- Stouge, S. y Bagnoli, G. 1990. Lower Ordovician (Volkhovian–Kundan) conodonts from Hagudden, northern Öland, Sweden. *Palaeontographia Italica* 77: 1–54.
- Stouge, S., Du, P., y Zhao, Z. 2011. Middle Ordovician (Darriwilian) global conodont zonation based on the Dawangou and Saergen Formations of the western Tarim region, Xinjiang province, China. En: J.C. Gutiérrez Marco, I. Rábano y D. García Bellido (Eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero 14: 581–586.
- Zhang, J.H. 1997. The Lower Ordovician conodont *Eoplacognathus crassus* Chen and Zhang, 1993. *GFF* 119: 61–65.
- Zhang, J.H. 1998a. Conodonts from the Guniutan Formation (Llanvirnian) in Hubei and Hunan Provinces, south–central China. *Stockholm Contributions in Geology* 46: 1–161.
- Zhang, J.H. 1998b. Four evolutionary lineages of the Middle Ordovician conodonts family Polyplacognathidae. *Meddelanden från Stockholms Universitets institution för geologi och geokemi* 298(5): 1–35.
- Zhen, Y. y Percival, G. 2003. Ordovician conodont biogeography reconsidered. *Lethaia* 36: 357–370.

doi: 10.5710/AMGH.15.05.2013.558

**Recibido:** 17 de noviembre de 2011

**Aceptado:** 15 de mayo de 2013