

TRILOBITES TREMADOCIANOS EN FACIES DE LUTITAS OSCURAS DEL MIEMBRO ALFARCITO (FORMACIÓN SANTA ROSITA), QUEBRADA DE MOYA, JUJUY, ARGENTINA



M. FRANCO TORTELLO¹, FERNANDO J. ZEBALLO² Y SUSANA B. ESTEBAN³

¹División Paleozoología Invertebrados, Museo de Ciencias Naturales, Paseo del Bosque s/nº, B1900FWA La Plata, Argentina - CONICET. tortello@fenym.unlp.edu.ar

²Museo de Paleontología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, X5000JJC Córdoba, Argentina. fzeballo@com.uncor.edu

³Instituto Superior de Correlación Geológica, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, T4105XCI San Miguel de Tucumán, Argentina. susana_esteban2003@yahoo.com.ar

Resumen. La Quebrada de Moya constituye una localidad clásica de la Formación Santa Rosita (Furongiano alto–Ordovícico Inferior bajo) en la Quebrada de Humahuaca (Sierra de Tilcara, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina), donde se destacan las facies de lutitas oscuras del intervalo superior del Miembro Alfarcito. De estos niveles se describe una fauna de trilobites compuesta por *Leptoplastides marianus* (Hoek), *Parabolinella* sp., *Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán, y *Asaphellus* sp. Una calcarenita interestratificada en las limolitas contiene una asociación poco diversa de conodontes asignable a la Zona de *Cordylodus angulatus* (Tremadociano inferior). La edad ordovícica temprana está confirmada, además, por el registro del graptolito *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. en una arenisca que subyace a los niveles estudiados. Las lutitas oscuras se acumularon por decantación durante períodos de máxima inundación, en un ambiente reductor de *offshore* distal. La fauna de trilobites está ampliamente dominada por *L. marianus*. Resulta interesante destacar que la parte superior del Miembro Alfarcito no exhibe facies oscuras en otros sectores de la Sierra de Tilcara. Las características sedimentológicas de la sección descrita, la baja diversidad de la asociación de conodontes y la escasez de trilobites agnóstidos sugieren condiciones de cierto aislamiento en este sector de la cuenca.

Palabras clave. Trilobites. Ordovícico Inferior. Quebrada de Moya. Jujuy. Argentina.

Abstract. TREMADOCIAN TRILOBITES FROM DARK SHALE FACIES OF THE ALFARCITO MEMBER (SANTA ROSITA FORMATION), QUEBRADA DE MOYA, JUJUY, ARGENTINA. The Quebrada de Moya constitutes a distinctive locality of the Santa Rosita Formation (uppermost Furongian–lowermost Ordovician) in the Quebrada de Humahuaca (Sierra de Tilcara, Cordillera Oriental of Jujuy, Argentina). The trilobites *Leptoplastides marianus* (Hoek), *Parabolinella* sp., *Hapalopleura acantha* Malanca and Brandán, and *Asaphellus* sp. are described from the dark shale facies of the upper part of the Alfarcito Member. A grainstone interstratified in the mudstones contains a low-diversity conodont assemblage of the *Cordylodus angulatus* Zone (lower Tremadocian). The Ordovician age of the section is confirmed, in addition, by the record of the graptolite *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. in a sandstone underlying the studied levels. The dark shales accumulated by suspension fall-out during periods of maximum flooding, in a reducing, distal offshore marine environment. The trilobite fauna is largely dominated by *L. marianus*. The upper part of the Alfarcito Member does not show dark facies in other sectors of the Sierra de Tilcara. The sedimentologic characters of the section described, the low diversity of the conodont assemblage, and the scarcity of agnostoid trilobites may be indicative of a partial isolation of the basin.

Keywords. Trilobites. Lower Ordovician. Quebrada de Moya. Jujuy. Argentina.

LA Formación Santa Rosita (Turner, 1960) representa una potente sucesión de lutitas y areniscas de amplia distribución en la Cuenca Andina Central, noroeste de Argentina (e.g., Moya, 1988, 2008; Astini, 2003, 2008; Buatois y Mángano, 2003). La unidad refleja una historia depositacional compleja como parte del relleno de una cuenca de retroarco del Furongiano alto–Ordovícico Temprano, en la que tuvieron lugar episodios transgresivos-regresivos de gran alcance. Éstos generaron una amplia gama de ambientes, que van desde valles incisos de estuario con dominio mareal (miembros Tilcara y Pico de Halcón), hasta marinos abiertos dominados por oleaje donde la sedimentación por decantación alternó

con flujos oscilatorios generados por tormentas (miembros Casa Colorada, Alfarcito, Rupasca y Humacha) (Buatois y Mángano, 2003; Moya *et al.*, 2003; Buatois *et al.*, 2006 y referencias). El registro de distintas facies y abundantes fósiles, así como la documentación de discontinuidades y áreas fuertemente afectadas por pliegues y fallamiento (e.g., Harrington y Leanza, 1957; Benedetto 2003 y referencias; Buatois y Mángano, 2003; Rubinstein *et al.*, 2003; Astini, 2003; Buatois *et al.*, 2006; Moya, 2008; Vaccari *et al.*, 2008; Zeballo y Albanesi, 2009) confieren particular interés al estudio de esta unidad.

Entre las diversas facies sedimentarias representadas en

la Formación Santa Rosita, es frecuente la presencia de lutitas oscuras en diferentes tramos de la secuencia, con un particular desarrollo sobre las superficies transgresivas más importantes (Astini, 2008). Aunque dichos tramos suelen estar desprovistos de bioturbación y macrofauna bentónica, algunos contienen asociaciones fósiles de singular valor paleoecológico. Tal es el caso, por ejemplo, del Miembro Casa Colorada aflorante en la quebrada homónima, al este de Tilcara, Jujuy (Fig. 1), en donde se documentó una asociación de trilobites ampliamente dominada por *Parabolina frequens argentina* (Kayser, 1876) (Furongiano alto; Zeballo y Tortello, 2005). Otro ejemplo típico es el de las lutitas negras del Miembro Alfarcito frente a la “Estación Purmamarca”, al este de la localidad homónima, Jujuy (= “Purmamarca Shales” Harrington en Harrington y Leanza, 1957; véase Tortello y Clarkson, 2003; Buatois *et al.*, 2006; Vaccari *et al.*, 2008; Zeballo y Albanesi, 2009) (Fig. 1). Las lutitas negras de dicha sección se depositaron en un ambiente con baja energía y presumiblemente escaso oxígeno en el fondo (Mángano *et al.*, 1996; Buatois y Mángano, 2003), en el cual se desarrolló una fauna de trilobites bentónicos y nectobentónicos capaces de tolerar condiciones de estrés (“Biofacies de olénidos”, Fortey, 1975, 1985).

La Quebrada de Moya constituye otra sección clásica de la Formación Santa Rosita en la Quebrada de Humahuaca (*e.g.*, Aceñolaza, 2003; Buatois y Mángano, 2003; Rubinstein *et al.*, 2003; Mángano *et al.*, 2002, 2005; Aráoz y Vergel, 2006; Vergel *et al.*, 2007) (Fig. 1), en la que afloran el intervalo superior de grano fino del Miembro Alfarcito y la parte inferior del Miembro Rupasca (Buatois y Mángano, 2003; Buatois *et al.*, 2006). Entre las facies sedimentarias representadas se destacan las de *offshore* distal (Buatois y Mángano, 2003; Mángano *et al.*, 2005), las cuales están dominadas por limolitas oscuras con bioturbación escasa o nula, que fueron depositadas por decantación durante los períodos de máxima inundación. La coloración de los sedimentos y la escasez de trazas fósiles en esta facies sugieren un ambiente de estrés, en el que habrían prevalecido condiciones de escaso oxígeno en el fondo (Buatois y Mángano, 2003, p. 356; Mángano *et al.*, 2005, p. 659). Todavía no hay consenso sobre el rango temporal representado por el Miembro Alfarcito en la Quebrada de Moya. Las microfloras de acritarcos y palinomorfos sugieren una edad furongiana tardía (Rubinstein *et al.*, 2003) y furongiana tardía–tremadociana temprana (Aráoz y Vergel, 2006; Vergel *et al.*, 2007) respectivamente; sin embargo, en ambos casos los mencionados autores destacaron la necesidad de identificar nuevos fósiles diagnósticos que permitan

un control independiente de la edad. Localmente, las limolitas contienen abundantes trilobites, citados a nivel genérico

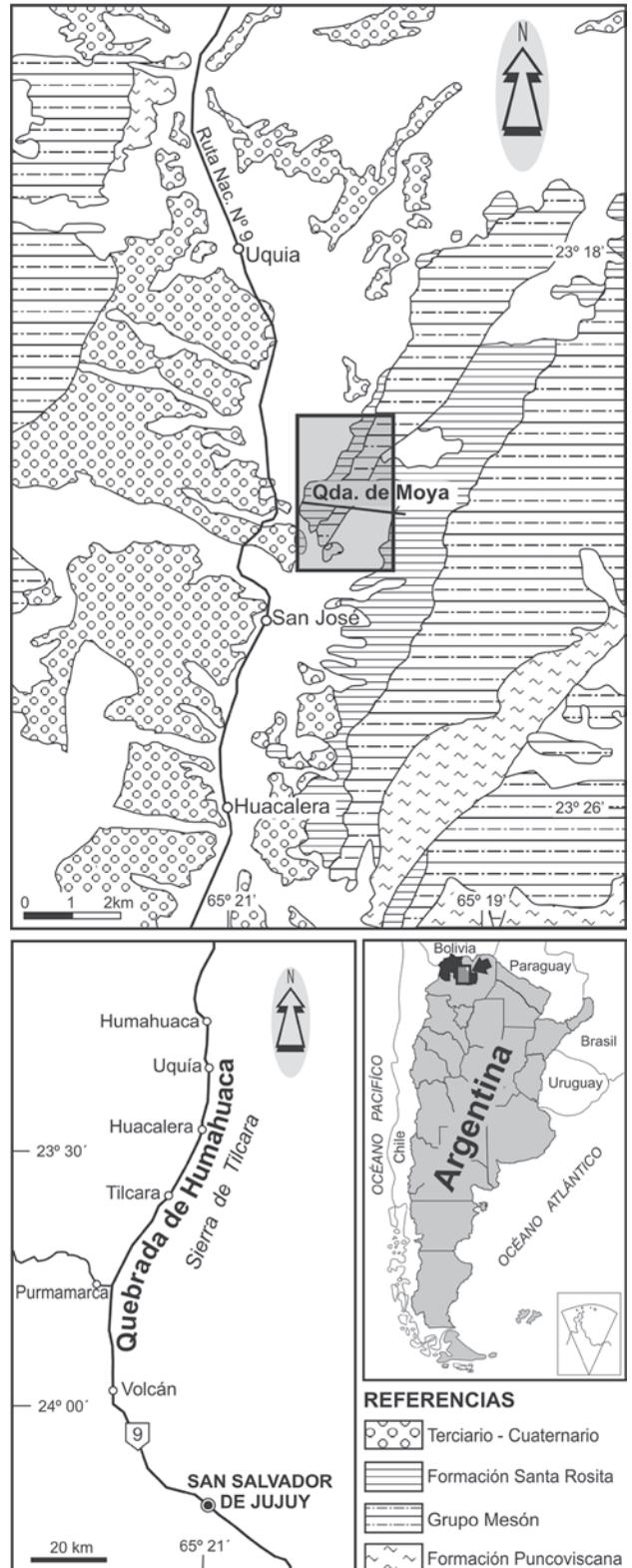


Figura 1. Mapa de ubicación de la Quebrada de Moya/ Location map of the Quebrada de Moya.

por Aceñolaza (1996) y Mángano *et al.* (2005) pero cuyo estudio detallado se mantenía aún pendiente.

En este trabajo se presenta la columna estratigráfica de la Formación Santa Rosita aflorante en el área de la Quebrada de Moya, y se puntualiza novedosa información bioestratigráfica basada en los registros de conodontes y graptolitos. Asimismo, se describen las faunas de trilobites de las lutitas oscuras del Miembro Alfarcito y se aporta información sedimentológica y paleoambiental sobre esta unidad.

MARCO GEOLÓGICO Y BIOESTRATIGRAFÍA

La Quebrada de Moya se encuentra ubicada en la estribación norte de la Sierra de Tilcara, sobre el margen oriental de la Quebrada de Humahuaca, 5 km al SSE de la localidad de Uquía (Departamento Humahuaca, Provincia de Jujuy) (Fig. 1). La litología que se observa en la desembocadura de la Quebrada de Moya corresponde a depósitos aluviales recientes que se apoyan en forma discordante sobre la Formación Santa Rosita. Esta última se encuentra bien expuesta a lo largo del tramo distal de la quebrada, hasta un paredón de areniscas que impide el paso hacia los puntos estratigráficamente más bajos del perfil. Recientes trabajos de campo permitieron verificar la continuidad de la Formación Santa Rosita hacia el fondo de la quebrada, más allá de aquel accidente geomorfológico. No obstante, el objeto de estudio del presente trabajo se acota a la parte superior de la sucesión aflorante, de donde procede el material fósil y en donde se efectuaron las observaciones litológicas de detalle (Fig. 2).

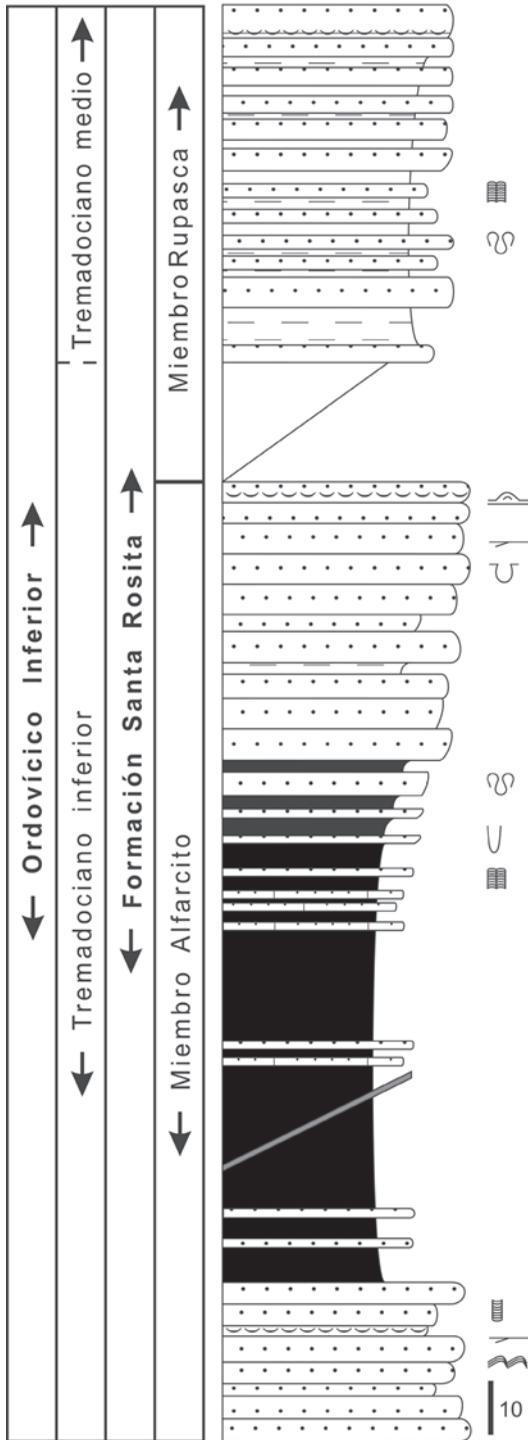
La estratigrafía de la sección estudiada comienza con potentes bancos de areniscas cuarzosas y micáceas pertenecientes al techo del intervalo medio del Miembro Alfarcito. Por encima de estas areniscas se dispone la secuencia estrato y grano creciente correspondiente al intervalo superior del mismo miembro, que se inicia con facies pelíticas de *offshore* distal y proximal, y culmina con un tramo dominado por areniscas depositadas en facies de *shoreface*, que Buatois y Mángano (2003) vinculan a un cortejo depositacional de caída del nivel del mar (FSST, *falling stage system tract*). El último tramo aflorante de la Formación Santa Rosita está constituido por una secuencia alternante de pelitas y areniscas de grano fino, depositada en un ambiente de transición al *offshore*, perteneciente a la parte inferior del Miembro Rupasca (Fig. 2).

Los conodontes recuperados de una calcarenita interestratificada en las lutitas del Miembro Alfarcito pertenecen mayoritariamente a los taxones *Teridontus gallicus* Serpagli, Ferretti, Nicoll y Serventi, 2008 y *Variabiloconus crassus* Ze-

ballo y Albanesi (en prensa), y en menor proporción a *Semiacontiodus minutus* Zeballo, Albanesi y Ortega, 2005 y *Problematocnites perforatus* Müller, 1959, refiriendo el estrato a la Zona de *Cordylodus angulatus* del Tremadociano temprano (Zeballo, 2011) (Fig. 2). Los trilobites estudiados proceden de las pelitas, y fueron asignados a *Leptoplastides marianus* (Hoek *in* Steinmann y Hoek, 1912), *Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán, 2000, *Parabolinella* sp. y *Asaphellus* sp. Asimismo, se ha coleccionado un ejemplar de agnóstido liso, afín a *Gymnagnostus* Robison y Pantoja-Alor, 1968 y *Litagnostus* Rasetti, 1944 (Fig. 2). Aunque esta trilobitofauna no incluye especies guía, es similar a la registrada en la parte superior del Miembro Alfarcito en la Quebrada Casa Colorada (Tilcara), asignada a la “Zona de *Kainella*” (Zeballo y Tortello, 2005). *Leptoplastides marianus* también fue descrita en asociación con *Cordylodus angulatus* Pander, 1856 en la región de la Quebrada de Incamayo, en la Provincia de Salta (Rao y Tortello, 1998; Tortello y Rao, 2000).

Hasta el momento no se identificaron graptolitos en la secuencia lutítica de la Quebrada de Moya; no obstante, su hallazgo en las areniscas subyacentes posee un particular valor bioestratigráfico. Un único ejemplar asignado a *Rhabdinopora flabelliformis* ssp. fue recuperado de un delgado banco de areniscas micáceas intercalado en el techo del intervalo medio del Miembro Alfarcito (Zeballo, 2011) (Figs. 2 y 3).

Rhabdinopora flabelliformis (Eichwald, 1840) es un taxón que se registra a nivel global en el Tremadociano temprano, aunque algunas de sus formas poseen rangos extensos y alcanzan inclusive la base del Tremadociano medio. Zeballo *et al.* (2005) citaron *R. flabelliformis flabelliformis* (Eichwald) en la Quebrada de San Gregorio (al este de Tilcara), en el techo del Miembro Alfarcito, pocos metros por debajo de los primeros registros de *Paltodus deltifer pristinus* (Viira, 1970), que señala la base del Tremadociano medio (*sensu* Bergström *et al.*, 2009). La especie más antigua del género es *R. praeparabola* (Erdtmann, 1982), que en la sección tipo del Tremadociano en Green Point (Terranova, Canadá) se encuentra 4,8 m por encima de la primera aparición del conodonte *Iapetognathus fluctivagus* Nicoll, Miller, Nowlan, Repetski y Ethington, 1999, el cual marca la base del Ordovícico. El registro del género *Rhabdinopora* Eichwald, 1855 por debajo de las lutitas negras estudiadas descarta, por lo tanto, una edad cámbrica para dichos niveles y su posible asignación al Miembro Casa Colorada o al intervalo inferior del Miembro Alfarcito (vs. Buatois y Mángano, 2003; Rubinstein *et al.*, 2003; Aráoz y Vergel, 2006; Buatois *et al.*, 2006; Vergel *et al.*, 2007).



• *Rhabdinopora flabelliformis* ssp.

• *Asaphellus* sp.
• *Gymnagnostus*? sp.

— *Parabolinitella* sp.
— *Hapalopleura acantha*
— *Leptoplastides marianus*

• *Phakelodus elongatus*
• *Problematocoenites perforatus*
• *Semiacontiodus minutus*
• *Teridontus gallicus*
• *Variabiloconus* sp.

Adelograptus sp. •
Bienvillea tetragonalis •
Geragnostus sp. •
Kainella sp. •
Leptoplastides granulatus •

Cn.	Gr.	Tr.
<i>Paltodus deltiifer</i>		
<i>Paltodus deltiifer pristinus</i>		
		<i>B. t.</i>
<i>Cordylodus angulatus</i>		
	← <i>Adelograptus</i>	
		<i>Kainella?</i>

REFERENCIAS

Arenisca/sandstone	Dique volcánico/volcanic dike	Ichnofacies de <i>Skolithos</i> / <i>Skolithos ichnofacies</i>
Limolita/siltstone	Estratificación cruzada planar/ planar cross-stratification	Ichnofacies de <i>Cruziana</i> / <i>Cruziana ichnofacies</i>
Lutita/shale	Estratificación cruzada hummocky/ hummocky cross-stratification	Trazas horizontales indet./ <i>Undet. horizontal traces</i>
Coquina	Ondulitas/ripple marks	Estructuras de deformación/ deformation structures
Calcarenita/grainstone	Marcas de flujo/flute marks	

El análisis bioestratigráfico de la sección se complementa con la presencia de *Adelograptus* sp. en la base del Miembro Rupasca, en estratos suprayacentes al intervalo superior del Miembro Alfarcito. La Zona de *Adelograptus* es la primera biozona del Tremadociano tardío en el esquema de Cooper (1999), y es equivalente a la parte alta del Tremadociano temprano según el esquema de Bergström *et al.* (2009), dato que coincide con la edad sugerida para la secuencia analizada en este estudio. *Adelograptus* sp. se registra asociado a los trilobites *Bienvillia tetragonalis* (Harrington, 1938), *Geragnostus* sp., *Kainella* sp. y *Leptoplastides granulatus* (Harrington, 1938) (Zeballo, 2011) (Fig. 2). La Zona de *Bienvillia tetragonalis* también se encuentra bien documentada en áreas próximas a la Quebrada de Moya (Angosto de Chucalezna; Albanesi y Aceñolaza, 2005) y al este de Tilcara (Zeballo y Tortello, 2005).

LAS FACIES DE LUTITAS DEL INTERVALO SUPERIOR DEL MIEMBRO ALFARCITO

El tramo superior del Miembro Alfarcito representa un ciclo general transgresivo-regresivo correspondiente a un paleoambiente de plataforma marina somera (Mángano *et al.*, 2005). En este intervalo se infieren condiciones alternantes y contrastantes de energía, debido a la presencia de sedimentos de buen tiempo representados por depósitos de grano fino y depositación más gruesa influida por eventos de tormenta. Sobre la base de los rasgos sedimentológicos de la Quebrada de Moya se distingue el establecimiento de facies de *offshore* distal y proximal a 30 y 100 m de la base del perfil, respectivamente (Fig. 2).

Los depósitos del *offshore* distal corresponden a 70 m de fangolitas negras que intercalan delgados y escasos bancos de material más grueso (limolitas gradadas y areniscas). El proceso depositacional dominante es la decantación de material fino en suspensión en un medio de baja energía, interrumpida por raros eventos de tormenta representados por los bancos limosos y arenosos. Las capas de limolitas normalmente gradadas son comúnmente registradas como un miembro extremadamente distal de la sedimentación de tormenta, generadas por corrientes capaces de transportar sedimento más allá de la zona donde las corrientes oscilatorias son dominantes. No obstante, la presencia local de algunas capas arenosas con estructuras oscilatorias indicaría que, por momentos, la depositación tuvo lugar inmediatamente por encima de la base de olas de tormenta.



Figura 3. *Rhabdinopora flabelliformis* ssp., CORD-PZ 31928, rabdósoma juvenil incompleto preservado en una laja de arenisca/ incomplete young rhabdosome preserved in a sandstone slab. Escala gráfica/ scale bar= 1 mm.

Por su parte, los depósitos de *offshore* proximal son más variables, principalmente debido a una mayor influencia de la actividad de las tormentas. Estos depósitos ocupan unos 30 m del perfil y registran sedimentos acumulados en un ambiente de baja energía, representados por fangolitas grises a verde amarillentas, entre las que se encuentran intercaladas numerosas capas arenosas de mayor espesor que las del *offshore* distal. El incremento en el número de estas capas y

Figura 2. Columna estratigráfica de la Formación Santa Rosita aflorante en la Quebrada de Moya, mostrando los rangos de sus trilobites, conodontes y graptolitos/ Columnar section of the Santa Rosita Formation at Quebrada de Moya, showing distributions of trilobites, conodonts and graptolites identified.

la presencia en las mismas de bases erosivas bien marcadas y *gutter casts*, permiten inferir una depositación de evento más frecuente y de mayor energía que la del *offshore* distal. Asimismo, la presencia de estructuras sedimentarias de retrabajo por parte de las olas tales como estratificación cruzada micro-*hummocky*, laminación cruzada de *ripples* de flujo combinado y *ripples* simétricos y casi-simétricos estaría indicando depósitos a partir de flujos de tormenta (tempestitas) (cf. Mángano *et al.*, 2005).

Los cambios de coloración observables en las facies finas del intervalo superior del Miembro Alfarcito podrían indicar variaciones en las condiciones de oxigenación de la cuenca. Esto sería coincidente con la energía del medio ya que los depósitos del *offshore* distal, donde los eventos tempestíticos son escasos y predomina la depositación por decantación, representarían facies de pelitas negras (*black shales*), mientras que en el *offshore* proximal, donde los niveles de tormenta son más abundantes, los depósitos finos de *background* muestran una coloración gris a verde amarillento indicativa de ambientes oxigenados.

La ausencia de infauna en los niveles oscuros del *offshore* distal de la Quebrada de Moya permitió que se conserve la fina laminación que caracteriza a los mismos. Aunque los análisis de materia orgánica realizados en muestras de pelitas negras de distintos tramos de la sección han aportado valores relativamente bajos de carbono orgánico (menos de 1% COT= Carbono Orgánico Total), estos niveles pueden ser considerados como facies de *black shales* de acuerdo a las definiciones de Wetzel (1991) y Wignall (1994). Estas facies se forman en ambientes tranquilos y normalmente bajo condiciones de escaso oxígeno, lo que permite la preservación de materia orgánica y/o la formación de sulfuros. Los niveles de pelitas negras de la Quebrada de Moya son portadores de sulfuros de hierro (pirita) finamente particulados, los que son la causa principal de la coloración oscura de los sedimentos. Estos sulfuros son especialmente abundantes en los niveles portadores de la fauna de trilobites, constituyendo pequeños granos de minerales opacos entre el sedimento fangoso (Figs. 4.1–2), los cuales en preparados calcográficos han demostrado ser verdaderas piritas (Figs. 4.3–4). Mediante tratamiento de molienda y separación magnética se han extraído de la roca, esférulas perfectas de pirita cuyos tamaños mayores rondan el orden de los 0,5 a 0,1 mm (Fig. 5). Algunas esferas muestran claramente los cristales microscópicos de pirita que se agrupan para formar los cuerpos esferoidales o framboides. También se han observado framboides micrométricos de alrededor de 50 μ (Figs. 4.3–4).

La génesis de la pirita frambooidal observada en el Miembro Alfarcito pudo estar controlada por la actividad de bacterias sulfato-reductoras (*e.g.*, véase Berner, 1969; Raiswell y Berner, 1985). Por su parte, Oschmann (1991) consideró que las condiciones de oxidación que sufren el agua, la interfase agua/sedimento y los primeros centímetros de sedimento influyen directamente sobre la formación de sulfuros; así, en condiciones aeróbicas la materia orgánica se oxida rápidamente y limita los procesos de reducción, mientras que episodios de deficiencia en oxígeno favorecen la reducción de la materia orgánica y el sulfato.

La depositación de los niveles de pelitas negras estudiados coincide con el momento de máxima inundación del intervalo superior del Miembro Alfarcito (cf. Buatois y Mángano, 2003). La parte superior de este miembro no exhibe facies oscuras en otros sectores de la Sierra de Tilcara. Las pelitas negras de la Quebrada de Moya se habrían depositado en un ambiente marino de plataforma (*offshore*), sin amplia circulación de corrientes. La abundancia de piritas frambooidales indica un ambiente reductor. El límite redox podría haberse localizado próximo a la interfase agua-sedimento, permitiendo la existencia de fauna epibentónica e impidiendo el desarrollo de infauna capaz de bioturbar el sedimento del fondo marino.

CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

Leptoplastides marianus (Hoek), con una amplia distribución en el Tremadociano inferior de la Cordillera Oriental, domina claramente las asociaciones de trilobites de la Quebrada de Moya, representando más del 50% del material muestreado. De acuerdo a Harrington y Leanza (1957) y revisiones posteriores de Waisfeld y Vaccari (2003) y Tortello y Aceñolaza (2010), esta especie se registra en el sur de Bolivia, área de Santa Victoria, Abra de Zenta, La Caldera, Cerro Gólgota y la región de Pascha [el material citado por Harrington y Leanza (1957) en otras localidades del noroeste argentino está sujeto a revisión]. Las litologías en las que se encuentra *L. marianus* son muy variadas, ya que incluyen pelitas de diferentes coloraciones, lutitas margosas, areniscas finas, calcarenitas, coquinas calcáreas e incluso areniscas cuarcíticas, asignables a diferentes ambientes de plataforma. Sobre la base del estudio paleoecológico de una secuencia tremadociana del tramo medio de la Quebrada de Humahuaca, Balseiro y Marengo (2008) y Balseiro *et al.* (2011) destacan la plasticidad de *Leptoplastides* Raw, 1908, considerándolo un trilobite generalista que suele dominar las asociaciones faunísticas en distintas facies. En el presente trabajo se

remarca el carácter euritópico de este taxón, al documentarlo en niveles de pelitas oscuras de *offshore*.

Leptoplastides Raw presenta fuertes afinidades con *Belte-lla* Lake, 1919, un taxón de posible hábito necto-bentónico (Fortey y Owens, 1989) que abunda en facies oscuras del Tremadociano inferior de Inglaterra, Gales y Terranova. La morfología de estos géneros es asimilable al “morfortipo *Peltura*” (Henningsmoen, 1957), que es característico de formas activas y más vigorosas que los típicos olénidos bentónicos (Tortello y Esteban, 2003a; Esteban y Tortello, 2007; Balseiro y Marengo, 2008). En la Cordillera Oriental se han documentado, para diferentes edades, otros ejemplos de olénidos cuyo registro abarca una amplia gama de ambientes, desde plataforma interna hasta *offshore* con condiciones disóxicas. Entre éstos se destacan *Parabolina frequens argentina* (Kayser, 1876) en el Furongiano tardío y *Jujuyaspis keideli* Kobayashi, 1936, en el Tremadociano

temprano, los cuales resultan ser herramientas muy útiles desde el punto de vista bioestratigráfico y dan nombre a las biozonas homónimas.

El trilobite que sigue en abundancia a *Leptoplastides* en la Quebrada de Moya es *Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán, 2000. *Hapalopleura* Harrington y Leanza, 1957, es un trinucleido caracterizado por su área frontal extensa, glabella claviforme, aristas oculares largas, lóbulos palpebrales reducidos, espinas genales delicadas y de gran longitud, y un tórax-pigidio formado por numerosos segmentos que exhiben un axis angosto y pleuras de buen desarrollo. Babcock y Smith (2003) destacaron la preferencia de los hapalopléuridos por las facies de plataforma externa e interpretaron su morfología como especialmente adaptada a un hábito de vida pelágico. Sin embargo, el exoesqueleto de estos organismos presenta una convexidad muy leve y los ojos, de dimensiones muy reducidas, probablemente poseían un campo vi-

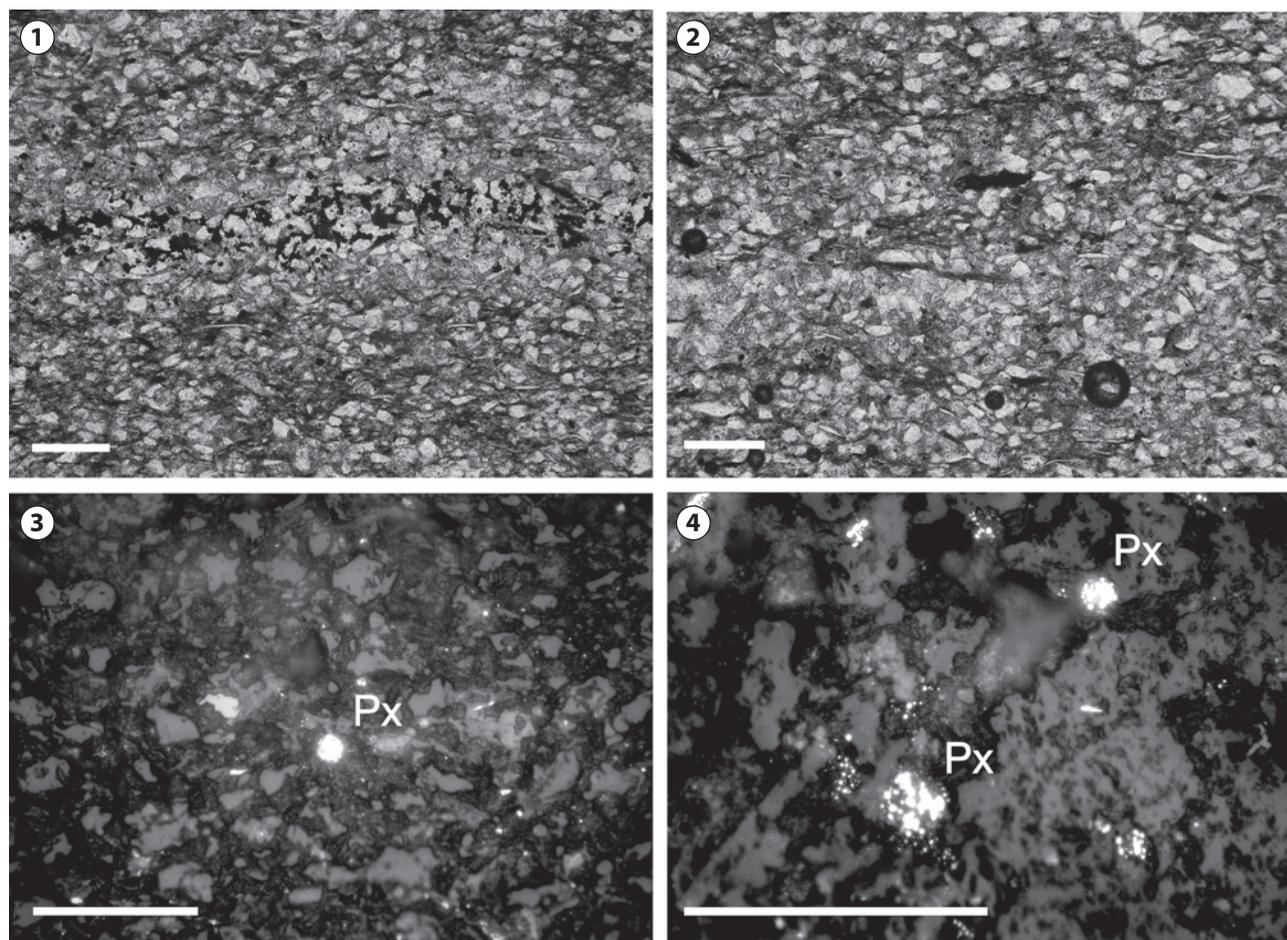


Figura 4. Lutitas negras del Miembro Alfarcito/ *black shales of the Alfarcito Member*. 1–2, fotos al microscopio petrográfico/ *thin-section photomicrographs*. Escala gráfica/ *scale bar*= 0,2 mm. 3–4, microfotografías de preparados calcográficos donde se observa la presencia de pirita constituyendo granos aislados (véanse pequeños puntos blancos) y granos agrupados (indicados como Px)/ *photomicrographs showing the presence of pyrite constituting both isolated grains (see small white dots) and aggregate grains (indicated with Px)*. Escala gráfica/ *scale bar*= 0,1 mm.

sual limitado, esencialmente lateral. Estos caracteres son más compatibles con un hábito de vida bentónico.

Harrington y Leanza (1957, págs. 205, 207) destacaron el carácter delgado del exoesqueleto de *Hapalopleura*, que es particularmente evidente en algunos ejemplares enrollados de *H. longicornis* Harrington y Leanza, 1957, y *H. clavata* Harrington y Leanza, 1957, en donde se observan indicios de los segmentos torácicos y pigidiales claramente sobreimpresos sobre el cranidio. Aunque los trilobites bentónicos de *offshore* suelen tener cutículas delicadas, el exoesqueleto extremadamente delgado de *Hapalopleura* podría haber representado una ventaja en un ambiente de estrés, al no requerir un gasto elevado de energía para su secreción y acarreo (véase Fortey y Wilmot, 1991). La existencia de numerosos segmentos torácico-pigidiales y la anchura extrema de las pleuras forman parte de una morfología que, de acuerdo a lo señalado por Fortey (1975, 1985) para algunos olénidos (*e.g.*, *Parabolinella*), es compatible con un modo de vida bentónico en condiciones de escaso oxígeno. Por su parte, las largas espinas genales de este género podrían haber servido como elementos estabilizadores, los que, al brindar puntos de apoyo adicionales, habrían facilitado una existencia epi-faunal en un sustrato blando.

El registro de *Hapalopleura* en otros afloramientos de Argentina también remarca su capacidad para adaptarse a ambientes de *offshore*. El género está bien representado en el Tremadociano superior del Sistema de Famatina, en facies oscuras de plataforma externa de la Formación Bordo Atravesado (Esteban, 2002). En dicha sección dominan los trilobites ciclopígidios, activos nadadores de posible hábito mesopelágico, mientras que *Hapalopleura longirachis* Tortello y Esteban, 2003, y *Hapalopleura* aff. *longicornis* Harrington y Leanza, 1957, forman parte de una asociación de trilobites bentónicos de aguas profundas (*e.g.*, *Leptobenthos* Tortello y Esteban, 2003b; *Homalopteon* Salter, 1866), los cuales están

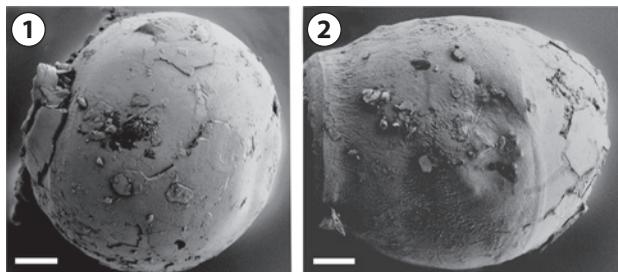


Figura 5. Sulfuros sedimentarios hallados en las pelitas negras del Miembro Alfarcito, mostrando su forma esferoidal/ *sedimentary sulfures from the dark shales of the Alfarcito Member, showing their spheroidal shape*. Escala gráfica/scale bar= 0,04 mm.

caracterizados por tener ojos muy reducidos o ausentes y un exoesqueleto delgado (*atheloptic assemblage*, Fortey y Owens, 1987) (Tortello y Esteban, 2003b).

Por su parte, cabe señalar que *Parabolinella* Brögger, 1882 es un olénido epibentónico que suele estar bien representado en facies de lutitas oscuras (*e.g.*, Fortey, 1975, 1985).

Las escasas especies de conodontes documentadas en la Quebrada de Moya son exclusivamente de hábito planctónico. La ausencia de conodontes nectobentónicos podría atribuirse a condiciones de estrés en las zonas próximas al fondo marino. Asimismo, llama la atención la escasez de trilobites agnóstidos. Esta situación, sumada a la extremadamente baja diversidad de las faunas de conodontes, es compatible con condiciones de escasa circulación y cierto aislamiento en este sector de la cuenca.

PALEONTOLOGÍA SISTEMÁTICA

El estado de preservación del material en general no es óptimo, aunque algunos niveles del perfil contienen ejemplares en los que se aprecian adecuadamente sus caracteres morfológicos diagnósticos. Los especímenes estudiados se encuentran depositados en la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (**PIL**), y en el Museo de Paleontología de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba (**CORD-PZ**).

Abreviaturas utilizadas en el texto: **sag.** (sagital), **exsag.** (exsagital), **tr.** (transversal), **long.** (longitudinal).

Orden PTYCHOPARIIDA Swinnerton, 1915

Suborden OLENINA Burmeister, 1843

Familia OLENIDAE Burmeister, 1843

Subfamilia PELTURINAE Hawle y Corda, 1847

Género **Leptoplastides** Raw, 1908

Especie tipo. *Conocoryphe salteri* Callaway, 1877, del Tremadociano de Inglaterra; designación original.

Leptoplastides marianus

(Hoek in Steinmann y Hoek, 1912)

Figuras 6.1–11 y 7.1–8

1912. *Parabolinopsis mariana* Hoek in Steinmann y Hoek, p. 226, lám. 7, figs. 1–3.

2010. *Leptoplastides marianus* (Hoek); Tortello y Aceñolaza, figs. 2.A–N, 3.A–E (véase sinonimia completa).

Material. Seis ejemplares completos, 41 cranidios, 2 céfalos, 4 mejillas libres, 5 céfalo-tórax, 2 cranidio-tórax, 6 escudos axiales, 1 tórax, 2 fragmentos torácicos y 3 toraco-pigidios

(PIL 15689-15695, 15700-15705, 15711, 15712, 15714, 15715, 15717, 15720-15723, 15725, 15726, 15728-15730, 15732, 15733, 15738, 15739, 15742-15747, 15749-15754, 15759, 15760, 15763, 15764, 15766, 1767; CORD-PZ 31774, 31919, 31923, 31925, 31927, 32084, 32091, 32392, 32395, 32396, 32398, 32399).

Procedencia geográfica y estratigráfica. Quebrada de Moya, Formación Santa Rosita (Miembro Alfarcito), Tremadociano inferior.

Observaciones. Tortello y Aceñolaza (2010) discutieron el alcance de *Leptoplastides marianus* (= *Andesaspis argentinensis* Kobayashi, 1935) sobre la base de material bien preservado del Tremadociano inferior (Formación Santa Rosita) de Abra de Zenta. Esta especie de *Leptoplastides* está caracterizada por un área frontal de buen desarrollo, una glábel con surcos axiales suavemente convergentes, un surco del borde cefálico anterior representado por una hilera de hoyuelos suavemente curvada hacia atrás, lóbulos palpebrales de desarrollo moderado, espinas genales dispuestas posteriormente y curvadas hacia fuera en un ángulo variable, y un pigidio con dos pares de espinas marginales muy pequeñas.

Los ejemplares de la Quebrada de Moya muestran cierta variabilidad en el grado de expresión de los surcos glabulares laterales, los cuales están ausentes o apenas esbozados en los ejemplares holáspidos tardíos (Figs. 6.2, 6.5, 7.2), pero son claramente visibles en los estadios meráspidos y holáspidos tempranos. Estos últimos también poseen claros indicios de las aristas oculares (Fig. 6.7). Esta variabilidad relacionada con el desarrollo ontogénico de la especie también se documenta en otras localidades (Rao y Tortello, 1998), así como en "*Leptoplastides marianus*" del Cámbrico tardío-Tremadociano temprano de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968; Tortello y Aceñolaza, 2010), y en *L. salteri* (Callaway, 1877) del Tremadociano tardío de Inglaterra (Fortey y Owens, 1991). Como es característico de *L. marianus* (Tortello y Aceñolaza, 2010), el material de la Quebrada de Moya muestra una leve variación en las dimensiones del campo preglabular, el cual ocupa entre el 50% y el 65% del área frontal. La Figura 6.11 muestra un cranidio desplazado e invertido respecto del tórax, que probablemente representa una configuración relacionada con el proceso de muda.

Leptoplastides marianus se diferencia de *L. granulatus* (Harrington, 1938), del Tremadociano superior de la región de Alfarcito, Jujuy (Harrington, 1938, lám. 8, figs. 13, 18, 21; Harrington y Leanza, 1957, figs. 29, 30.2, 30.4, 30.6, 30.10; Zeballo y Tortello, 2005, figs. 4.M, P-R; Waisfeld y Vaccari, 2003, lám. 30, figs. 8-10) y, con dudas, de la Sierra de Santa

Bárbara (Aceñolaza y González, 1977, fig. 1.2), por presentar un campo preglabular más amplio y algo variable, una glábel de contorno menos redondeado y más enangostada hacia delante, y lóbulos palpebrales levemente más grandes (cf. Waisfeld y Vaccari, 2003). *Leptoplastides marianus* difiere de la especie tipo *Leptoplastides salteri* (Callaway), del Tremadociano de Gran Bretaña (Fortey y Owens, 1991, figs. 8.c-j, 9), porque la primera presenta un campo preglabular algo más desarrollado, espinas genales situadas más posteriormente, y un pigidio con espinas marginales (cf. Henningsmoen, 1957; Rao y Tortello, 1998; Tortello y Aceñolaza, 2010).

Subfamilia OLENINAE Burmeister, 1843

Género *Parabolinella* Brögger, 1882

Especie tipo. *Parabolinella limitis* Brögger, 1882, del Tremadociano de Noruega; designación original.

Parabolinella sp.

Figuras 7.9-11, 8.1-10

Material. Un exoesqueleto fragmentario, 2 céfalos, 12 cranidios, 3 céfalo-tórax, 2 cranidio-tórax, 5 fragmentos torácicos, 3 tórax-pigidios y 1 pigidio (PIL 15706, 15707, 15709, 15711, 15713, 15716, 15718, 15731, 15734-15736, 15743, 15748-15750, 15752, 15754, 15755, 15757, 15761, 15766, 15768; CORD-PZ 32086, 32092, 32093, 32099, 32397, 32400).

Procedencia geográfica y estratigráfica. Quebrada de Moya, Formación Santa Rosita (Miembro Alfarcito), Tremadociano inferior.

Descripción. El material presenta una glábel subcuadrada, poco elevada sobre el nivel de las fixígenas, claramente definida por un par de surcos axiales subparalelos a muy levemente convergentes hacia delante y un surco preglabular que se curva suavemente hacia atrás en su punto medio. Existen 2 pares de surcos glabulares laterales (S1 y S2) conspicuos, oblicuos hacia atrás, desconectados medialmente, y débiles indicios de un tercer par (S3) de disposición más transversa. S1 sigmoidal, bifurcado distalmente, desconectado de los surcos axiales. S2 suavemente curvado hacia delante, en contacto con los márgenes de la glábel. Anillo occipital bien definido por un surco occipital angosto y profundo, con un delicado nodo axial. Campo preglabular amplio, representando un 23-25% de la longitud (sag.) cefálica, con una convexidad algo variable, provisto de aristas radiales casi imperceptibles. Borde cefálico anterior angosto (sag.) y convexo, acuminado en su porción media, separado del campo preglabular por un surco conformado por una hilera de hoyuelos. Sutura facial

opistoparía, con los tramos preoculares suavemente divergentes hacia adelante. Lóbulos palpebrales de tamaño moderado y disposición algo oblicua hacia atrás y afuera, situados por delante del punto medio del cránido y vinculados a la glabella mediante un par de aristas oculares muy tenues. Par-

te posterior de la fíxigena muy ancha (tr.), con su extremo posterolateral próximo al ángulo genal. Pigidio pequeño, semielíptico, mucho más ancho que largo, con un margen desprovisto de espinas. El axis pigidial está conformado por un segmento axial y una pieza terminal pequeña, mientras

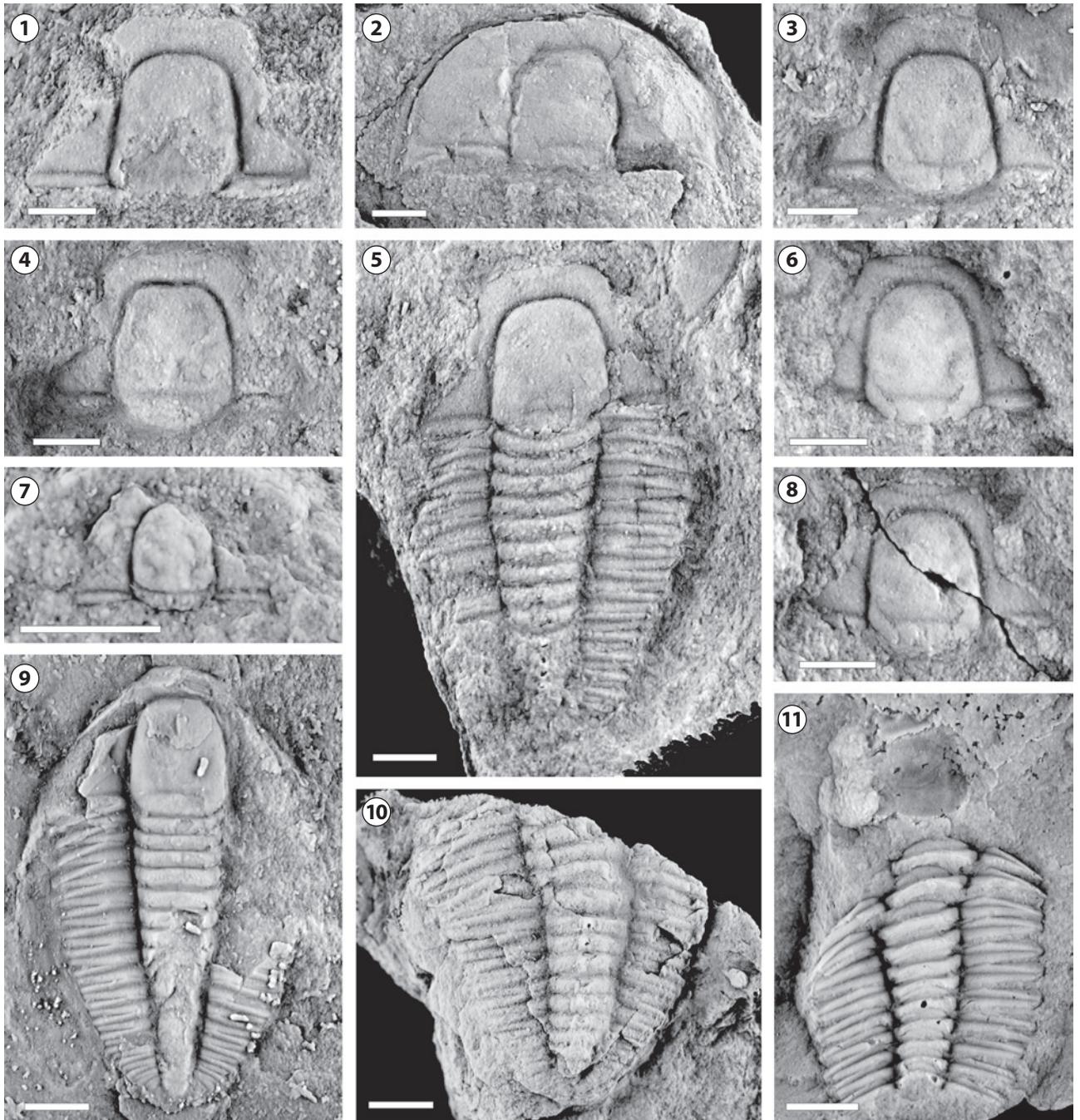


Figura 6. Trilobites del Miembro Alfarcito de la Quebrada de Moya/ *trilobites from the Alfarcito Member of the Quebrada de Moya section*. 1–11, *Leptoplastides marianus* (Hoek). 1, PIL 15764, cránido/ *cranidium*; 2, PIL 15752, céfalo/ *cephalon*; 3, PIL 15763, cránido/ *cranidium*; 4, PIL 15689, cránido/ *cranidium*; 5, PIL 15753, cránido y tórax, molde de látex/ *cranidium and thorax, latex mould*; 6, PIL 15754, cránido, molde de látex/ *cranidium, latex mould*; 7, PIL 15704, cránido pequeño/ *small cranidium*; 8, PIL 15746, cránido/ *cranidium*; 9, PIL 15725, ejemplar completo/ *complete specimen*; 10, PIL 15691, toracopigidio/ *thorax-pygidium*; 11, PIL 15739, cránido y tórax (desplazados), molde de látex/ *dissociated cranidium and thorax, latex mould*. Escala gráfica/ *scale bar*= 2 mm.

que los campos pleurales presentan dos surcos pleurales profundos y un surco interpleural más tenue.

Observaciones. Harrington y Leanza (1957) revisaron abundante material de *Parabolinella* del Tremadociano temprano

y tardío de numerosas localidades del noroeste argentino y asignaron buena parte del mismo a *P. argentinensis* Kobayashi, 1936. Sin embargo, Waisfeld y Vaccari (2003) señalaron que *Parabolinella argentinensis* Kobayashi, tal como

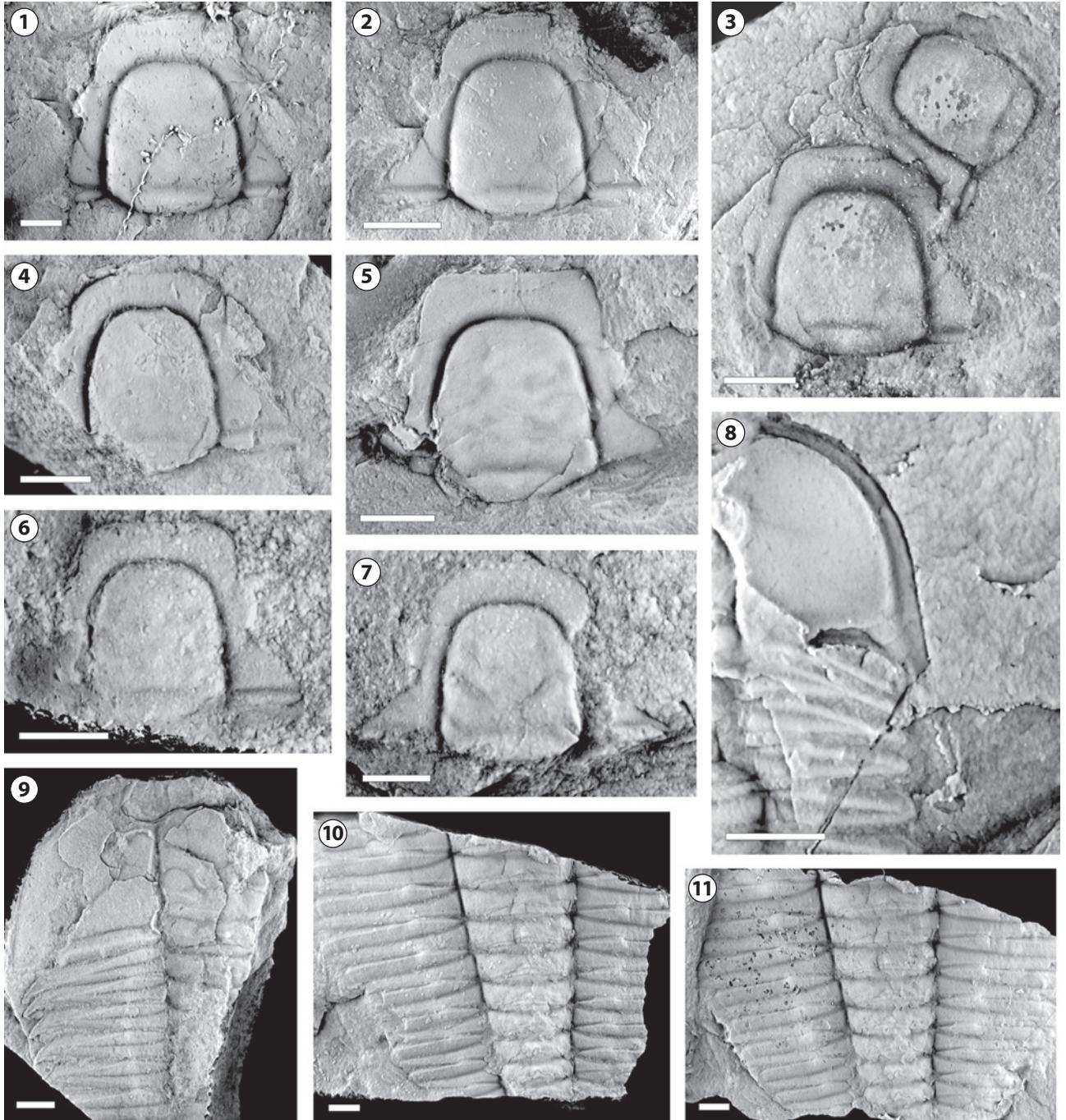


Figura 7. Trilobites del Miembro Alfarcito de la Quebrada de Moya/ trilobites from the Alfarcito Member of the Quebrada de Moya section. 1–8, *Leptoplastides marianus* (Hoek). 1, CORD-PZ 31925B, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould; 2, CORD-PZ 31925A, cranidio/ cranidium; 3, CORD-PZ 31919A, cránidios/ cranidia; 4, CORD-PZ 32399, cranidio/ cranidium; 5, CORD-PZ 32398, cranidio/ cranidium; 6, CORD-PZ 32396B, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould; 7, CORD-PZ 32395, cranidio/ cranidium; 8, CORD-PZ 32091B, librígena, molde de látex/ free cheek, latex mould. 9–11, *Parabolinella* sp. 9, CORD-PZ 32099, cranidio-tórax fragmentario/ fragmentary cranidium and thorax; 10, CORD-PZ 32400A, fragmento torácico/ thoracic fragment; 11, CORD-PZ 32400B, fragmento torácico, molde de látex/ thoracic fragment, latex mould. Escala gráfica/ scale bar = 2 mm.

fuera descripto originalmente por Kobayashi (1936), posee caracteres singulares que por el momento sólo han sido documentados en material de Purmamarca (Jujuy), la localidad tipo de la especie (e.g., Harrington y Leanza, 1957, fig. 38.3; Waisfeld y Vaccari, 2003, lám. 32, figs. 9–13; Zeballo y Albanesi, 2009, figs. 4.3, 4.5). Efectivamente, los especímenes de la Quebrada de Moya se diferencian claramente de *P. argentinensis* porque presentan un campo preglabellar más convexo, estrías radiales preglabellares más difusas, un borde cefálico anterior acuminado hacia delante y no ensanchado (sag.) en su tramo medio, áreas oculares de las fixígenas algo más angostas (tr.), y aristas oculares más tenues.

Los cranidios estudiados presentan cierta variabilidad en la longitud (sag.) y el grado de convexidad del campo preglabellar, el cual se presenta poco convexo (Figs. 8.1, 8.3), convexo (Fig. 8.10), y en algún caso suavemente inflado (Fig. 8.8). En tal sentido, el material es comparable con especímenes de *Parabolinella* de la Formación Rupasca (Biozona de *Cordylodus angulatus* y Biozona de *Paltodus deltififer*, Subzona de *P. deltififer pristinus*) de la región de Alfarcito, Jujuy (Zeballo y Tortello, 2005, figs. 4.H–J), así como con algunos ejemplares tremadocianos de las regiones de Iruya y Alfarcito descritos por Harrington y Leanza (1957, figs. 37.5–7, 37.11, 38.1, 38.4–6).

Orden ASAPHIDA Salter, 1864 *emend.*

Fortey y Chatterton, 1988

Superfamilia TRINUCLEOIDEA Swinnerton, 1915

Familia HALAPLEURIDAE Harrington y Leanza, 1957

Género *Hapalopleura* Harrington y Leanza, 1957

Especie tipo. *Hapalopleura clavata* Harrington y Leanza, 1957, del Tremadociano de la Cordillera Oriental, Argentina; designación original.

Observaciones. Harrington y Leanza (1957) originalmente describieron a *Hapalopleura* como un trilobite isipigio, considerando al tórax constituido sólo por 6 segmentos. Posteriormente, Bergström (1973), Ludvigsen *et al.* (1989) y Tortello y Esteban (2003b) revisaron la morfología post-

cefálica del género y lo reinterpretaron como formado por numerosos segmentos torácicos y un pigidio muy reducido.

***Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán, 2000**

Figura 8.11–14, 16–22

2000. *Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán, p. 132, figs. 3.a–f, j–n.

2003. *Hapalopleura acantha* Malanca y Brandán; Waisfeld y Vaccari, p. 327, lám. 29, figs. 4–8.

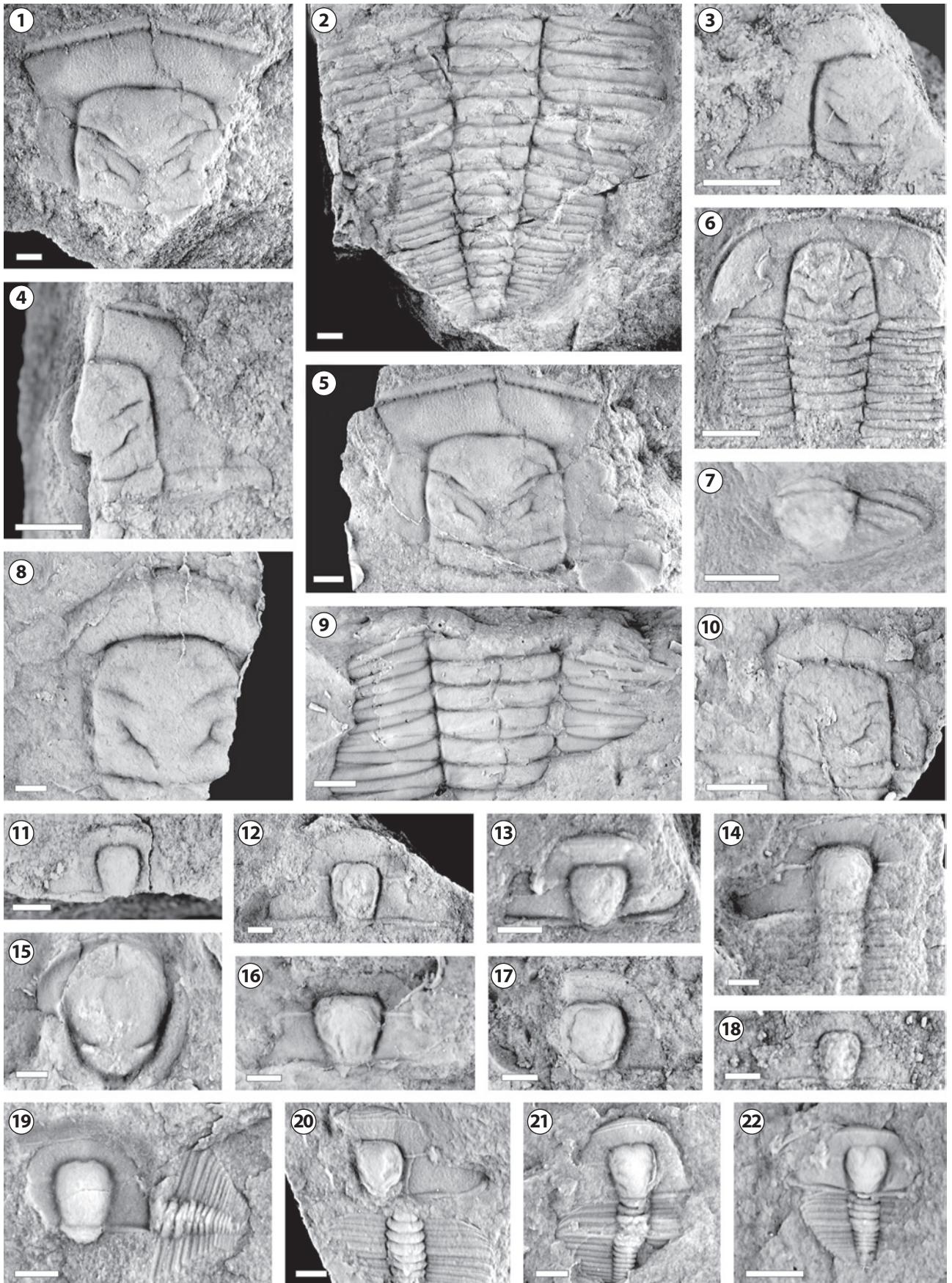
Material. Un ejemplar completo, 1 escudo axial, 22 cranidios, 7 cranidio-tórax y 1 tórax-pigidio (PIL 15696-15699, 15719, 15721, 15724, 15727, 15729, 15740, 15741, 15743, 15744, 15751, 15756, 15758, 15762, 15765; CORD-PZ 31779, 31920, 32079, 32080, 32085, 32087, 32094, 32095, 32097).

Procedencia geográfica y estratigráfica. Quebrada de Moya, Formación Santa Rosita (Miembro Alfarcito), Tremadociano inferior.

Observaciones. El material estudiado presenta una glabela convexa y piriforme, subtruncada anteriormente; un campo preglabellar amplio; un borde cefálico anterior inclinado hacia abajo, desprovisto de un surco del borde; ojos muy pequeños, situados lejos de la glabela y asociados a aristas oculares largas (tr.), rectas y angostas (exsag.); y un tórax-pigidio con segmentos numerosos, con un axis angosto (tr.). Estos caracteres justifican su asignación a *Hapalopleura* Harrington y Leanza.

Los ejemplares poseen una glabela lisa o con leves indicios de surcos laterales (S1, S2, S3), los cuales son más visibles en los estadios holáspidos tempranos (Fig. 8.18). Las ramas anteriores de la sutura facial son suavemente convergentes, las aristas oculares se extienden en forma perpendicular al eje axial, los ojos equidistan a los márgenes cefálicos anterior y posterior, y la región posterior de la glabela no está extremadamente enangostada (tr.). Asimismo, el céfalo carece de una espina frontal, y el tórax presenta indicios de una espina axial delicada sobre el quinto segmento. De acuerdo a la diagnosis provista por Waisfeld y Vaccari (2003), los ejemplares se asignan a *Hapalopleura acantha*, una especie previamente descrip-

Figura 8. Trilobites del Miembro Alfarcito de la Quebrada de Moya/ trilobites from the Alfarcito Member of the Quebrada de Moya section. **1–10, *Parabolinella* sp. 1**, PIL 15748, cranidio/ cranidium; **2**, PIL 15754, toracopigidio (incompleto)/ incomplete thorax-pygidium; **3**, PIL 15718b, cranidio/ cranidium; **4**, PIL 15718a, cranidio/ cranidium; **5**, PIL 15748, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould; **6**, PIL 15716, céfalo y parte anterior del tórax/ cephalon and anterior part of thorax; **7**, PIL 15711, pigidio/ pygidium; **8**, PIL 15707, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould; **9**, PIL 15735, fragmento torácico, molde de látex/ thoracic fragment, latex mould; **10**, PIL 15706, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould. **11–14, 16–22, *Hapalopleura acantha*** Malanca y Brandán. **11**, PIL 15765, cranidio pequeño/ small cranidium; **12**, PIL 15751, cranidio/ cranidium; **13**, PIL 15762, cranidio/ cranidium; **14**, PIL 15699, cranidio y parte anterior del tórax/ cranidium and anterior part of thorax; **16**, PIL 15727, cranidio, molde de látex/ cranidium, latex mould; **17**, PIL 15740, cranidio/ cranidium; **18**, PIL 15724, cranidio pequeño/ small cranidium; **19**, CORD-PZ 31920B, cranidio y parte del tórax-pigidio, molde de látex/ cranidium and fragmentary thorax and pygidium, latex mould; **20**, CORD-PZ 32087B, cranidio y parte anterior del tórax/ cranidium and anterior part of thorax; **21**, CORD-PZ 32095A, cranidio-tórax, molde de látex/ cranidium and thorax, latex mould; **22**, CORD-PZ 32080B, escudo axial pequeño, molde de látex/ small axial shield, latex mould. **15, Trilobita indet. (Asaphidae?)**, PIL 15758, hipostoma/ hypostome. **1–10**, escala gráfica/scale bar= 2 mm; **11–22**, escala gráfica/ scale bar= 1 mm.



ta en el Tremadociano inferior del Angosto del Moreno (El Moreno, Jujuy) (Malanca y Brandán, 2000). Ésta se diferencia de *H. clavata* Harrington y Leanza (1957, lám. 29, figs. 1–3) porque presenta los tramos anteriores de la sutura facial menos divergentes, la porción posterior de la glabella más ancha (tr.) y una espina axial en el quinto segmento torácico (Waisfeld y Vaccari, 2003).

A su vez, *H. acantha* se distingue de *H. longirachis* Tortello y Esteban (2003b, lám. 3, figs. 9, 10) del Tremadociano tardío de la Formación Bordo Atravesado en el Sistema de Famatina (La Rioja), porque esta última presenta una glabella fuertemente expandida hacia adelante, surcos glabulares laterales bien definidos, y un tórax mucho más largo, desprovisto de espinas axiales. *Hapalopleura longicornis* Harrington y Leanza, 1957, del Tremadociano de la Quebrada de Lampazar (Salta) (Harrington y Leanza, 1957, figs. 111, 112, 1a–e), se diferencia claramente del material estudiado aquí por presentar una larga espina frontal, mientras que *Hapalopleura* aff. *longicornis*, de la Formación Bordo Atravesado (Tortello y Esteban, 2003b: lám. 3, fig. 11) posee, además, surcos glabulares profundos y un surco del borde cefálico posterior más conspicuo.



Figura 9. *Asaphellus* sp., CORD-PZ 32089A, exoesqueleto/ exoskeleton. Escala gráfica/ scale bar= 5 mm.

Superfamilia ASAPHOIDEA Burmeister, 1843

Familia ASAPHIDAE Burmeister, 1843

Género ***Asaphellus*** Callaway, 1877

Especie tipo. *Asaphus homfrayi* Salter, 1866, del Tremadociano de Gran Bretaña; designación original.

***Asaphellus* sp.**

Figura 9

Material. Un ejemplar completo, molde y contramolde (CORD-PZ PZ 32089A y 32089B).

Procedencia geográfica y estratigráfica. Quebrada de Moya, Formación Santa Rosita (Miembro Alfarcito), Tremadociano inferior.

Observaciones. *Asaphellus* Callaway, 1877 presenta una amplia representación en el Furongiano alto–Tremadociano de la Cordillera Oriental y Famatina (e.g., Harrington y Leanza, 1957; Esteban y Tortello, 2007; Waisfeld y Vaccari, 2003; Tortello y Aceñolaza, 2010, entre otros). Un ejemplar completo de la Quebrada de Moya es asignado a dicho género porque presenta una glabella larga (sag.) y lisa, apenas elevada sobre el nivel de las fixígenas, débilmente definida por surcos axiales muy tenues; un área frontal amplia, cóncava; lóbulos palpebrales de desarrollo moderado, próximos a la glabella; un pigaxis largo y angosto, enangostado hacia atrás; campos pleurales lisos; y un borde pigidial suavemente cóncavo.

El ejemplar es comparable a *Asaphellus catamarcensis* Kobayashi, 1935, especie que fuera reconocida por Harrington y Leanza (1957) en numerosas localidades del noroeste argentino, en diferentes niveles del Tremadociano. Recientemente, Tortello y Aceñolaza (2010) discutieron el alcance de dicha especie y restringieron su distribución a algunas localidades del Tremadociano temprano. El material de la Quebrada de Moya muestra características cefálicas y pigidiales prácticamente idénticas a las ilustradas por Tortello y Rao (2000, figs. 3.T–V) y Tortello y Aceñolaza (2010, figs. 4.A–I) para ejemplares de *A. catamarcensis* de la Quebrada de Lampazar y Sierra de Zenta respectivamente. No obstante, dado que las asignaciones a nivel específico del género *Asaphellus* requieren del cuidadoso examen de material abundante y adecuadamente preservado, el espécimen estudiado aquí se describe provisoriamente en nomenclatura abierta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el asesoramiento y apoyo de G. Ortega y G. Albanesi, la colaboración en las tareas de campo de J.P. Zeballo, J. Carlorosi, S. Di Cunzolo y M. Aredes, los dibujos realizados por E. Gómez y M. Campaña, y la ayuda de F. Sardi en la confección de los pulidos calcográficos. J. Aris facilitó información bibliográfica. Los valiosos comentarios de los árbitros, B. Pratt e

I. Rábano, mejoraron considerablemente el manuscrito original. La presente es una contribución a los Proyectos CIUNT 26G-401_3 (Universidad Nacional de Tucumán), PIP 0166 (CONICET) y PICT 2008-1797 (FONCYT).

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F.G. y González, O.E. 1977. El Ordovícico de la Zona de Arroyo Volcán, en la Sierra de Santa Bárbara, Prov. de Jujuy. *Revista del Instituto de Geología y Minería de Jujuy* 2: 125–137.
- Aceñolaza, G.F. 1996. [Bioestratigrafía del límite Cámbrico-Ordovícico y Ordovícico basal en la quebrada de Humahuaca, Provincia de Jujuy, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 237 p. Inédito].
- Aceñolaza, G.F. 2003. Olenidae (Trilobita)-*Rusophycus* isp.: organismo productor-traza fósil resultante. Ejemplos para el análisis en el Cambro-Ordovícico de la Cordillera Oriental argentina. *Ameghiniana* 40: 573–583.
- Albanesi, G.L. y Aceñolaza, G.F. 2005. Conodontes de la Formación Rupasca (Ordovícico Inferior) en el Angosto de Chucalezna, Cordillera Oriental de Jujuy: nuevos elementos bioestratigráficos para una localidad clásica del noroeste argentino. *Ameghiniana* 42: 295–310.
- Aráoz, L. y Vergel, M.M. 2006. Palinología de la transición Cambro-Ordovícica en quebrada de Moya, Cordillera Oriental, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 9: 1–8.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician Proto-Andean Basins. En: J.L. Benedetto (Ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Universidad Nacional de Córdoba, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Córdoba, p. 1–74.
- Astini, R.A. 2008. Sedimentación, facies, discordancias y evolución paleoambiental durante el Cambro-Ordovícico. En: B. Coira y E.O. Zappettini (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy. 17º Congreso Geológico Argentino* (San Salvador de Jujuy), *Relatorio*, p. 50–73.
- Babcock, L.E. y Smith, L. 2003. Ordovician hapalopleurine trilobites (Trinucleida: Orometopidae) from Tarija Department, Bolivia. *Revista Técnica de YPF* 21: 235–240.
- Balseiro, D. y Marengo, L. 2008. Tremadocian trilobite assemblages from the Argentine Cordillera Oriental. A preliminary analysis. En: I. Rábano, R. Gozalo y D. García-Bellido (Eds.), *Advances in trilobite research. Cuadernos del Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España* 9: 33–40.
- Balseiro, D., Waisfeld, B.G. y Buatois, L.A. 2011. Unusual trilobite biofacies from the Lower Ordovician of the Argentine Cordillera Oriental: new insights into olenid palaeoecology. *Lethaia* 44: 58–75.
- Benedetto, J.L. 2003. *Ordovician fossils of Argentina*. Universidad Nacional de Córdoba, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Córdoba, 665 p.
- Bergström, J. 1973. Organization, life, and systematics of trilobites. *Fossils and Strata* 2: 1–69.
- Bergström, S.M., Chen, X., Gutiérrez-Marco, J.C. y 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* 42: 97–107.
- Berner, R.A. 1969. The synthesis of framboidal pyrite. *Economic Geology* 64: 383–384.
- Brögger, W.C. 1882. *Die Silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker, ihre Gliederung, Fossilien, Schichtenstörungen und Contactmetamorphosen*. (Universitäts Programm 3, 2. Semester 1882). A. W. Brögger, Kristiania, 376 p.
- Buatois, L.A. y Mángano, M.G. 2003. Sedimentary facies, depositional evolution of the Upper Cambrian–Lower Ordovician Santa Rosita formation in northwest Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 343–363.
- Buatois, L.A., Zebaló, F.J., Albanesi, G.L., Ortega, G., Vaccari, N.E. y Mángano, M.G. 2006. Depositional environments and stratigraphy of the upper Cambrian–lower Ordovician Santa Rosita Formation at the Alfarcito area, Cordillera Oriental, Argentina: integration of biostratigraphic data within a sequence stratigraphic framework. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13: 1–29.
- Burmeister, H. 1843. *Die Organisation der Trilobiten, aus ihren lebenden Verwandten entwickelt; nebst einer systematischen übersicht aller zeither beschriebenen Arten*. Reimer, Berlin, 147 p.
- Callaway, C. 1877. On a new area of Upper Cambrian rocks in south Shropshire, with a description of a new fauna. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 33: 652–672.
- Cooper, R.A. 1999. Ecostratigraphy, zonation and global correlation of earliest Ordovician planktic graptolites. *Lethaia* 32: 1–16.
- Eichwald, E.J. 1840. Ueber das silurische Schichtensystem in Eastland. *Zeitschrift für Natur- und Heilkunde der königlich Medicinisch-chirurgischen Akademie St. Petersburg* 1/2: 1–210.
- Eichwald, E.J. 1855. Beitrag zur geographischen Verbreitung der fossilen Thiere Russlands. Alte Period. *Bulletin de la Société Imperiale des Naturalistes de Moscou* 28: 433–466.
- Erdtmann, B.-D. 1982. A reorganization and proposed phylogenetic classification of planktic Tremadoc (early Ordovician) dendroid graptolites. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 62: 121–144.
- Esteban, S.B. 2002. The Early Ordovician in the Sistema de Famatina: Stratigraphic and Geotectonic Framework. En: F.G. Aceñolaza (Ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina. Serie Correlación Geológica (INSUGEO)* 16: 27–40.
- Esteban, S.B. y Tortello, M.F. 2007. Latest Cambrian sedimentary settings and trilobite faunas from the western Cordillera Oriental, Argentina. *Memoirs of the Association of Australasian Palaeontologists* 34: 431–460.
- Fortey, R.A. 1975. Early Ordovician trilobite communities. *Fossils and Strata* 4: 331–352.
- Fortey, R.A. 1985. Pelagic trilobites as an example of deducing the life habits of extinct arthropods. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 76: 219–230.
- Fortey, R.A. y Chatterton, B.D.E. 1988. Classification of the trilobite sub-border Asaphina. *Palaeontology* 31: 165–222.
- Fortey, R.A. y Owens, R.M. 1987. The Arenig Series in South Wales: stratigraphy and palaeontology. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology* 41: 69–307.
- Fortey, R.A. y Owens, R.M. 1989. The Early Ordovician trilobite *Belhella*. *Proceedings of the Bristol Naturalists' Society* 49: 69–79.
- Fortey, R.A. y Owens, R.M. 1991. A trilobite fauna from the highest Shinton Shales in Shropshire, and the correlation of the latest Tremadoc. *Geological Magazine* 128: 437–464.
- Fortey, R.A. y Wilmot, N.V. 1991. Trilobite cuticle thickness in relation to paleoenvironment. *Paläontologische Zeitschrift* 65: 141–151.
- Harrington, H.J. 1938. Sobre las faunas del Ordoviciano Inferior del Norte argentino. *Revista del Museo de La Plata (Nueva Serie), Sección Paleontología* 1: 109–289.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. *Department of Geology, University of Kansas Special Publication* 1: 1–276.
- Hawle, I. y Corda, A.J.C. 1847. Prodom einer Monographie der böhmischen Trilobiten. *Abhandlungen Koeniglichen Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, 5. Folge* 5: 1–176.
- Henningsmoen, G. 1957. The trilobite family Olenidae, with description of Norwegian material and remarks on the Olenid and Tremadocian Series. *Skrifter Udgitt av det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo I Matematisk-Naturvidenskapelig Klasse* 1957(1): 1–303.
- Kayser, E. 1876. Über primordiale und untersilurische Fossilien aus der Argentinischen Republik. *Palaeontographica, Supplementum 3, Lieferung 2, Theil III. Actas de la Academia Nacional de Ciencias* 8: 297–332.
- Kobayashi, T. 1935. On the *Kainella* Fauna of the Basal Ordovician Age found in Argentina. *Japanese Journal of Geology and Geography* 12: 59–67.
- Kobayashi, T. 1936. On the *Parabolinella* fauna from Province Jujuy, Argentina. *Japanese Journal of Geology and Geography* 13: 85–102.
- Lake, P. 1919. A monograph of the British Cambrian trilobites. *Monographs of the Palaeontographical Society* 1919: 89–120.
- Ludvigsen, R., Westrop, S.R. y Kindle, C.H. 1989. Sunwaptan (Upper Cambrian) trilobites of the Cow Head Group, western Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana* 6: 1–175.
- Malanca, S. y Brandán, E. 2000. Nuevos Orometopidae (Asaphida, Trilobita) de la Formación Saladillo, Tremadoc temprano de la Cordillera

- Oriental argentina. *14º Congreso Geológico Boliviano* (La Paz), *Memorias* 1: 131–135.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Aceñolaza, G.F. 1996. Trace fossils and sedimentary facies from a Late Cambrian–Early Ordovician tide-dominated shelf (Santa Rosita Formation, northwest Argentina): Implications for ichnofacies models of shallow marine successions. *Ichnos* 5: 53–88.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Muñiz Guinea, F. 2002. *Rusophycus moyensis* n. isp. en la transición cámbrica-tremadociana del noroeste argentino: implicancias paleoambientales y bioestratigráficas. *Revista Brasileira de Paleontología* 4: 35–44.
- Mángano, M.G., Buatois, L.A. y Muñiz Guinea, F. 2005. Ichnology of the Alfarcito Member (Santa Rosita Formation) of northwestern Argentina: animal-substrate interactions in a lower Paleozoic wave-dominated shallow sea. *Ameghiniana* 42: 641–668.
- Moya, M.C. 1988. Lower Ordovician in the southern part of the Argentine Eastern Cordillera. En: H. Bahlburg, Ch. Breitzkreuz y P. Giese (Eds.), *The Southern Central Andes. Lecture Notes in Earth Sciences* 17: 55–69.
- Moya, M.C. 2008. El paleozoico inferior en el noroeste argentino. Evidencias, incógnitas, propuestas para la discusión. En: B. Coira y E.O. Zappettini (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy. 17º Congreso Geológico Argentino* (San Salvador de Jujuy), *Relatorio*, p. 74–84.
- Moya, M.C., Malanca, S. y Monteros, J.A. 2003. The Cambrian–Tremadocian units of the Santa Victoria Group (northwestern Argentina): a new correlation scheme. *Serie Correlación Geológica (INSUGEO)* 17: 105–111.
- Müller, K.J. 1959. Kambrische Conodonten. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 111: 434–485.
- Nicoll, R.S., Miller, J.F., Nowlan, G.S., Repetski, J.E. y Ethington, R.L. 1999. *Iapetonodus* (New Genus) and *Iapetognathus* Landing, unusual earliest Ordovician multielement conodont taxa and their utility for biostratigraphy. *Brigham Young University Geology Studies* 44: 27–101.
- Oschmann, W. 1991. Anaerobic-Poikiloaerobic-Aerobic: a new facies zonation for modern and ancient neritic redox facies. En: G. Einsele, W. Ricken y A. Seilacher (Eds.), *Cycles and events in stratigraphy*. Springer-Verlag, Berlin, p. 565–571.
- Pander, C.H. 1856. *Monographie der fossilen Fische des silurischen Systems der russisch-baltischen Gouvernements*. Buchdruckerei Akademie der Wissenschaften, San Petersburgo, 91 p.
- Raiswell, R. y Berner, R.A. 1985. Pyrite formación in euxinic and semi-euxinic sediments. *American Journal of Science* 285: 710–724.
- Rao, R.I. y Tortello, M.F. 1998. Tremadocian conodonts and trilobites from the Cardonal Formation, Incamayo Creek, Salta Province, northwestern Argentina. *Palaeontologia Polonica* 58: 31–45.
- Rasetti, F. 1944. Upper Cambrian trilobites from the Levis Conglomerate. *Journal of Paleontology* 18: 229–258.
- Raw, F. 1908. The trilobite fauna of the Shineton Shales. *Reports of the British Association for the advancement of Science, London* (1907): 511–513.
- Robison, R.A. y Pantoja-Alor, J. 1968. Tremadocian trilobites from the Nochitlán region, Oaxaca, Mexico. *Journal of Paleontology* 42: 767–800.
- Rubinstein, C.V., Mángano, M.G. y Buatois, L.A. 2003. Late Cambrian acritarchs from the Santa Rosita Formation: implications for the Cambrian–Ordovician boundary in the Eastern Cordillera, northwest Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología* 6: 43–48.
- Salter, J.W. 1864. A monograph of British trilobites. Part 1. *Monograph of the Palaeontographical Society*: 1–80.
- Salter, J.W. 1866. A monograph of British trilobites. Part 3. *Monograph of the Palaeontographical Society*: 129–176.
- Serpagli, E., Ferretti, A., Nicoll, R.S. y Serventi, P. 2008. The conodont genus *Teridontus* (Miller, 1980) from the early Ordovician of Montagne Noire, France. *Journal of Paleontology* 82: 612–620.
- Steinmann, G. y Hoek, H. 1912. Das Silur und Cambrium des Hochlandes von Bolivia und ihre Fauna. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 34: 176–252.
- Swinerton, H.H. 1915. Suggestions for a revised classification of trilobites. *Geological Magazine (new series)* 6: 487–496, 538–545.
- Tortello, M.F. y Aceñolaza, G.F. 2010. Trilobites tremadocianos de Abra de Zenta (Cordillera Oriental, provincias de Jujuy y Salta, Argentina). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66: 156–163.
- Tortello, M.F. y Clarkson, E.N.K. 2003. Ontogeny of the Early Ordovician olenid trilobite *Jujuyaspis keideli* Kobayashi from northwestern Argentina. *Ameghiniana* 40: 257–275.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 2003a. Trilobites del Cámbrico Tardío de la Formación Lampazar (sierra de Cajas, Jujuy, Argentina). Implicancias bioestratigráficas y paleoambientales. *Ameghiniana* 40: 323–344.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 2003b. Lower Ordovician stratigraphy and trilobite faunas from the southern Famatina Range, La Rioja, Argentina. *Special Papers in Palaeontology* 70: 213–239.
- Tortello, M.F. y Rao, R.I. 2000. Trilobites y conodontes del Ordovícico Temprano del Angosto de Lampazar (provincia de Salta, Argentina). *Boletín Geológico y Minero* 111: 61–84.
- Turner, J.C. 1960. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* (Córdoba) 41: 163–196.
- Vaccari, N.E., Waisfeld, B.G. y Balseiro, D. 2008. Una discontinuidad estratigráfica en el límite Furongiano–Tremadociano de la Formación Santa Rosita en la quebrada de Humahuaca, Cordillera Oriental, Argentina. *17º Congreso Geológico Argentino* (San Salvador de Jujuy), *Actas* 3: 1059–1060.
- Vergel, M.M., Aceñolaza, G.F. y Aráoz, L. 2007. La Formación Casa Colorada en la quebrada de Moya (Cambro-Ordovícico): aportes a la cronoestratigrafía de una localidad clásica de la Cordillera Oriental de Jujuy (Argentina). *Ameghiniana* 44: 621–630.
- Viira, V. 1970. Konodonty Varanguskoj pachki (Verchnij Tremadok Estonii) [Conodonts of the Varangu Member (Estonian upper Tremadoc)]. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Keemia-Geoloogia* 19: 224–233.
- Waisfeld, B.G. y Vaccari, N.E. 2003. Trilobites. En: J.L. Benedetto (Ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, p. 295–409.
- Wetzel, A. 1991. Stratification in Black Shales: depositional models and timing – an overview. En: G. Einsele, W. Ricken y A. Seilacher (Eds.), *Cycles and events in stratigraphy*. Springer-Verlag, Berlin, p. 508–523.
- Wignall, P.B. 1994. *Black Shales*. Clarendon Press, Oxford, 127 p.
- Zeballos, F.J. 2011. [Bioestratigrafía de conodontes y graptolitos, y fósiles asociados, de las secuencias cambro-ordovícicas del flanco oriental de la Quebrada de Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina]. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 362 p. Inédito]
- Zeballos, F.J. y Albanesi, G.L. 2009. Conodontes cámbricos y *Jujuyaspis keideli* Kobayashi (Trilobita) en el Miembro Alfarcito de la Formación Santa Rosita, quebrada de Humahuaca, Cordillera Oriental de Jujuy. *Ameghiniana* 46: 537–556.
- Zeballos, F.J. y Albanesi, G.L. (en prensa). New conodont species and biostratigraphy of the Santa Rosita Formation (upper Furongian–Tremadocian) in the Tilcara Range, Cordillera Oriental of Jujuy, Argentina. *Geological Journal*.
- Zeballos, F.J. y Tortello, M.F. 2005. Trilobites del Cámbrico Tardío–Ordovícico Temprano del área de Alfarcito, Tilcara, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. *Ameghiniana* 42: 127–142.
- Zeballos, F.J., Albanesi, G.L. y Ortega, G. 2005. Conodontes y graptolitos de las formaciones Alfarcito y Rupasca (Tremadociano) en el área de Alfarcito, Tilcara, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. Parte 2: Paleontología sistemática. *Ameghiniana* 42: 47–66.

doi: 10.5710/AMGH.23.05.2012.452

Recibido: 17 de diciembre de 2010**Aceptado:** 23 de julio de 2012