

Trilobites del Cámbrico Tardío de la Formación Lampazar (sierra de Cajas, Jujuy, Argentina). Implicancias bioestratigráficas y paleoambientales

M. Franco TORTELLO¹ y Susana B. ESTEBAN²

Abstract. LATEST CAMBRIAN TRILOBITES FROM THE LAMPAZAR FORMATION (CAJAS RANGE, JUJUY, ARGENTINA). BIOSTRATIGRAPHIC AND PALEOENVIRONMENTAL IMPLICATIONS. The Lampazar Formation is well exposed in the northern part of Cajas Range, at the Azul and Llama Creeks (Jujuy, Eastern Cordillera, Argentina). It is mainly composed of shales and subordinate sandstones representing an outer shelf setting with some transitions to shallower environments. Oxygen and energy levels were not uniform during deposition: fine grained sediments vary from laminated black and dark grey shales (Facies 1 and 2) in the lower part of the formation to laminated greenish shales (Facies 3) with intercalations of siltstones and sandstones (Facies 4-7) in the middle and upper parts. The unit contains the trilobites *Lotagnostus* (*Distagnostus*) sp., *Gymnagnostus bolivianus* (Hoek in Steinmann and Hoek), *Gymnagnostus perinflatus* (Harrington and Leanza), *Micragnostus vilonii* Harrington and Leanza, *Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *tmetus* Harrington and Leanza, *Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *corrugatus* (Suárez-Soruco), *Akoldinioidia* sp., *Parabolina* (*Neoparabolina*) *frequens argentina* (Kayser), *Angelina hyeronimi* (Kayser), *Parabolinella coelatifrons* Harrington and Leanza, *Beltella ulrichi* (Kayser), *Plicatolina scalpta* Harrington and Leanza, and *Asaphellus* cf. *aspinus* Robison and Pantoja-Alor. Some agnostoids previously described from the Azul Creek are revised here. Trilobites are assignable to the lower part of the *Parabolina frequens argentina* Biozone (*Pseudorhaptagnostus-Gymnagnostus* subzone; latest Cambrian). Olenid-agnostoid assemblages are especially diverse in dark shales, corroborating the suggestion that these faunas were especially adapted to low-oxygen-water bottom conditions. The Lampazar Formation in Cajas Range is correlated with the lower part of the Volcancito Formation (Famatina Range).

Resumen. La Formación Lampazar se encuentra bien expuesta en la parte norte de la sierra de Cajas, en las quebradas Azul y de la Llama (Jujuy, Cordillera Oriental, Argentina). Esta unidad estratigráfica está constituida predominantemente por pelitas y areniscas subordinadas, representando ambientes de plataforma externa con algunas transiciones hacia ambientes más someros. Durante la depositación los niveles de oxigenación y energía no fueron constantes: los sedimentos de grano fino varían desde lutitas negras y gris oscuro laminadas (Facies 1 y 2) en la parte inferior de la formación hasta lutitas verdes laminadas (Facies 3) con intercalaciones de limolitas y areniscas (Facies 4-7) en las secciones media y superior. La unidad contiene los trilobites *Lotagnostus* (*Distagnostus*) sp., *Gymnagnostus bolivianus* (Hoek in Steinmann y Hoek), *Gymnagnostus perinflatus* (Harrington y Leanza), *Micragnostus vilonii* Harrington y Leanza, *Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *tmetus* Harrington y Leanza, *Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *corrugatus* (Suárez-Soruco), *Akoldinioidia* sp., *Parabolina* (*Neoparabolina*) *frequens argentina* (Kayser), *Angelina hyeronimi* (Kayser), *Parabolinella coelatifrons* Harrington y Leanza, *Beltella ulrichi* (Kayser), *Plicatolina scalpta* Harrington y Leanza, y *Asaphellus* cf. *aspinus* Robison y Pantoja-Alor. Algunos agnóstidos previamente descriptos para la quebrada Azul son revisados aquí. Los trilobites son asignables a la parte inferior de la Biozona de *Parabolina frequens argentina* (Subzona de *Pseudorhaptagnostus-Gymnagnostus*; Cámbrico Tardío alto). Las comunidades de agnóstidos-olénidos son especialmente diversas en las facies de lutitas oscuras, corroborándose que estas faunas estaban especialmente adaptadas a vivir en ambientes pobres en oxígeno. La Formación Lampazar en la sierra de Cajas se correlaciona con la parte inferior de la Formación Volcancito (Sistema de Famatina).

Key words. Lampazar Formation. Jujuy. Argentina. Latest Cambrian. Trilobites. Biostratigraphy. Paleoenvironment.

Palabras clave. Formación Lampazar. Jujuy. Argentina. Cámbrico Tardío alto. Trilobites. Bioestratigrafía. Paleambiente.

Introducción

La Biozona de *Parabolina frequens argentina* fue descripta por Harrington y Leanza (1957) sobre la base de trilobites de amplia distribución en el noroeste

argentino y sur de Bolivia. Estos últimos consisten principalmente en olénidos que, de acuerdo a lo expresado en los pioneros trabajos de Kayser (1876, 1897), Steinmann y Hoek (1912) y Kobayashi (1936, 1937), comparten cierta afinidad con las "faunas de *Olenus*" del Cámbrico Tardío de Escandinavia, Inglaterra, Gales y Canadá. La transición Cámbrico-Ordovícico se encuentra bien representada en la biozona (Ahlfeld y Branisa, 1960; Benedetto, 1977a, 1977b; Rushton, 1982; Ludvigsen, 1982; Aceñolaza, 1983; Salfity *et al.*, 1984; Ortega y Rao,

¹Departamento Científico Paleontología Invertebrados, Museo de Ciencias Naturales, Paseo del Bosque s/nº, 1900 La Plata, Argentina. tortello@museo.fcny.unlp.edu.ar

²Instituto Superior de Correlación Geológica, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Miguel Lillo 205, 4000 Tucumán, Argentina. insugeo@unt.edu.ar

1995; Tortello y Esteban, 1999; Tortello *et al.*, 1999), siendo *Jujuyaspis keideli* Kobayashi (Trilobita) y *Rhabdinopora flabelliformis* (Eichwald) (Graptolithina) los elementos guía de la base del Tremadociano (Aceñolaza, 1983).

Tortello (2003) describió formalmente la Subzona de *Pseudorhaptagnostus-Gymnagnostus* (Cámbrico Tardío alto) en la parte inferior de la Biozona de *P. frequens argentina* y le asignó un estratotipo compuesto, representado por las secciones de río Volcancito (parte inferior de la Fm. Volcancito; sierra de Famatina, La Rioja) (Harrington y Leanza, 1957; Esteban, 1999; Tortello y Esteban, 1997, 1999) y la quebrada Azul (Fm. Lampazar; sierra de Cajas, Jujuy) (Aceñolaza, 1968). En el presente trabajo se describen los trilobites de la Formación Lampazar aflorante en el flanco occidental de la sierra de Cajas, en las quebradas de la Llama y Azul. También se revisan algunos trilobites agnóstidos de esta última sección, originalmente descritos por Tortello y Aceñolaza (1993). Las faunas estudiadas son particularmente diversas en facies de lutitas oscuras, en ambientes de plataforma externa por debajo de la base de olas de tormenta. Se discuten aquí las implicancias bioestratigráficas y paleoambientales de su registro y se establecen correlaciones con otros perfiles clásicos de la Cordillera Oriental y el Sistema de Famatina.

Procedencia geográfica y estratigráfica

La sierra de Cajas (Departamento de Humahuaca, Jujuy) representa un anticlinal volcado al oeste, con su eje axial de rumbo norte-sur, localizado en el borde occidental de la Cordillera Oriental (Aceñolaza, 1968; Méndez, 1973) (figura 1). La Formación Lampazar (Cámbrico Superior) se encuentra bien representada en el tramo norte del flanco oeste de la sierra (Aceñolaza, 1966, 1968). Esta unidad está conformada por lutitas oscuras y verdosas con escasos niveles de areniscas y areniscas carbonáticas intercalados (Aceñolaza, 1968). La misma se apoya en forma concordante sobre las cuarcitas de la Formación Padrioc (Cámbrico Superior) y se dispone por debajo de las areniscas, cuarcitas y calizas de la Formación Cardonal (Cámbrico cuspidal-Tremadociano inferior; véase Rao y Hünicken, 1995; Ortega y Rao, 1995; Rao, 1999; Tortello *et al.*, 1999).

Aceñolaza (1966, 1968) designó a la sección de la quebrada Azul como la más representativa de la Formación Lampazar en la región de Cajas (figura 1). Del mismo perfil, Aceñolaza (1968) mencionó asociaciones de trilobites dominadas por *Parabolina frequens argentina* (Kayser), Aceñolaza y Fernández (1978) identificaron las trazas fósiles *Cruziana*, *Rusophycus* y *Planolites*, y Tortello y Aceñolaza (1993) describieron

Figura 1. Mapa de ubicación representando el sector norte de la sierra de Cajas / Location map representing the northern part of Cajas Range.

trilobites agnóstidos de la parte inferior de la Biozona de *P. frequens argentina*. Otros antecedentes de la Fm. Lampazar corresponden al flanco oriental de la sierra de Cajas, sobre la quebrada de La Vizcacha, en la que Benedetto (1977b) dio a conocer una asociación de trilobites cámbricos, Rao (1999) describió conodontes de la Biozona de *Cordylodus proavus* (Subzona de *Hirsutodontus hirsutus*), y Sánchez (2000) hizo lo propio con una fauna de moluscos rostroconquios.

Facies, ambiente sedimentario y paleoecología

Facies sedimentarias

La sucesión estudiada consiste predominantemente de pelitas con intercalaciones, principalmente en los tramos medios y superiores de los perfiles, de bancos arenosos generalmente delgados (figura 2). La descripción de las facies sedimentarias se ha llevado a cabo teniendo en cuenta los aspectos litológicos, estructuras primarias, geometría de los cuerpos y contenido fósil. En el caso de las facies pelíticas también se ha tenido en cuenta su color, dado que se documenta un cambio de tonalidad muy marcado entre ellas.

Facies 1: lutitas arcillosas grises finamente laminadas. Esta facies está constituida por lutitas arcillosas gris oscuras con laminación plana-paralela poco marcada a simple vista. Microscópicamente esta estructura queda definida por la alternancia de láminas claras y oscuras de diferente composición. Las láminas claras son las más delgadas (menos de 0,1 mm de espesor) y están constituidas casi exclusivamente por minerales arcillosos (caolinita-illita). Las láminas oscuras tienen un espesor que ronda los 0,5 mm y están

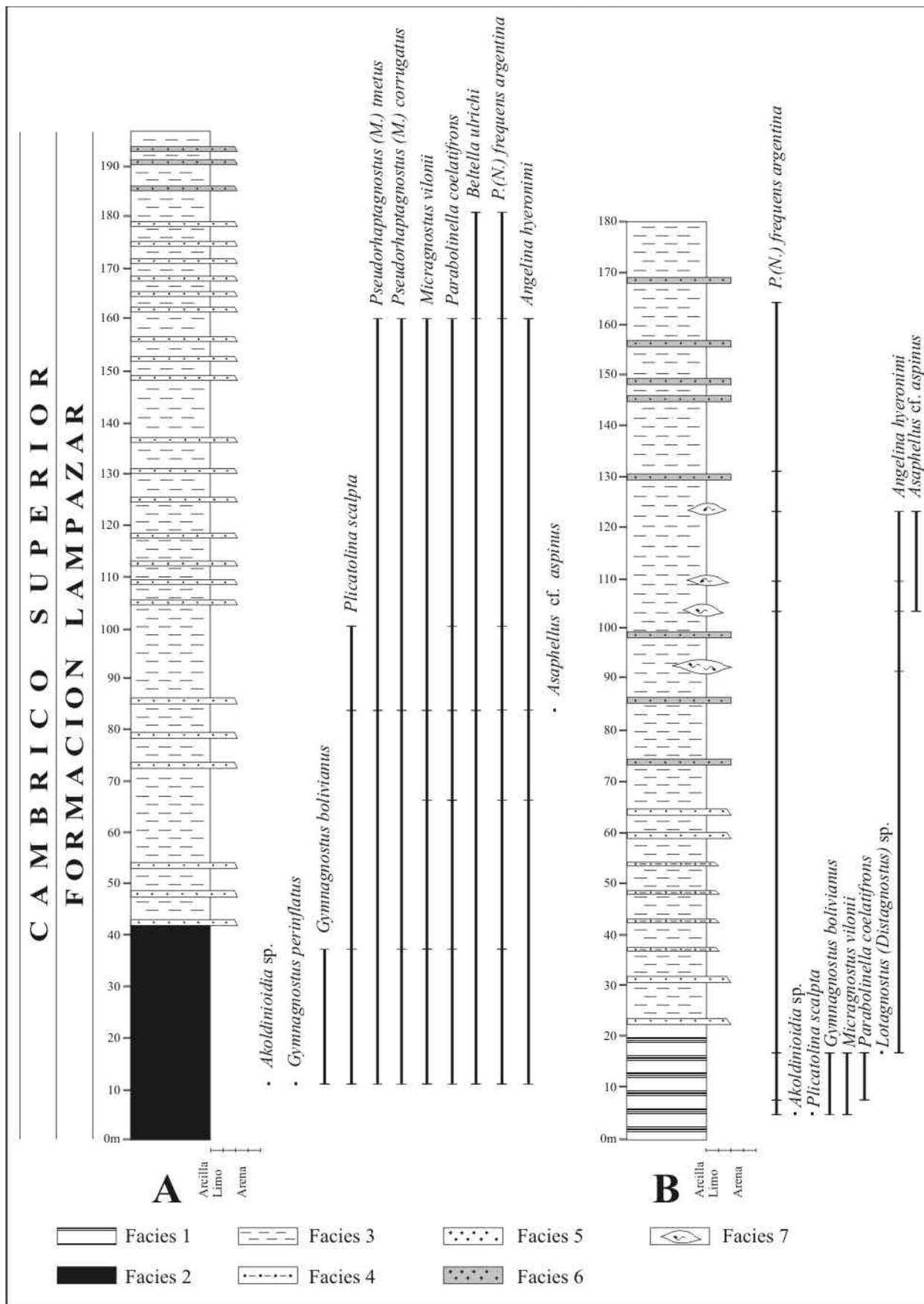


Figura 2. Perfil de la quebrada Azul (A) y de la Llama (B) con la distribución estratigráfica de las faunas de trilobites / Azul Creek (A) and Llama Creek (B) sections with the stratigraphic range of the trilobite faunas.

compuestas predominantemente por minerales arcillosos y materia orgánica, con escasos granos de cuarzo de tamaño limo grueso a arena muy fina. La materia orgánica se presenta bajo la forma de laminillas delgadas paralelas a la estratificación y mayormente como agregados de partículas finas. En algunas láminas oscuras existe evidencia de microbioturbación, representada por pequeños tubos verticales rellenos con sedimentos clásticos de grano fino (arcillas). El contenido de materia orgánica varía entre las distintas láminas oscuras, llegándose a observar algunas que por su alta concentración presentan un aspecto homogéneo al microscopio.

Esta facies forma un paquete potente en la parte inferior del perfil de la quebrada de la Llama, en la cual se hallaron asociaciones diversas de trilobites de la Biozona de *Parabolina frequens argentina* en tres niveles (4,8 m, 7,2 m y 16,8 m de la base, véase figura 2), con un alto porcentaje de mudas y ejemplares completos articulados. El tipo de laminación y la litología fina de esta facies indica que la misma se habría originado por decantación lenta de material en suspensión, en un ambiente de muy baja energía dentro de la plataforma externa. La alternancia de láminas de composición diferente indica una variación en el tipo de aporte. Las láminas claras responden a un aporte principalmente terrígeno, mientras que las capas oscuras, ricas en materia orgánica, evidencian un aporte intracuencial asignable a períodos de mayor productividad orgánica.

El color oscuro de estas rocas y la presencia de materia orgánica indican condiciones reductoras en el ambiente depositacional. No obstante, la macrofauna bentónica y la evidencia de microbioturbación sugiere que el oxígeno en el fondo marino no estaba totalmente ausente, sino más bien en bajas concentraciones. Siguiendo el modelo de biofacies relacionadas con el oxígeno de Bottjer y Savrda (1993), la facies aquí descrita podría corresponder a la biofacies exaeróbica, caracterizada por presentar fauna bentónica *in situ* asociada a sedimentos laminados. Las asociaciones faunísticas asignadas a esta biofacies son mayormente monoespecíficas, sin embargo Savrda y Bottjer (1991) sostienen que en algunos casos esta biofacies puede presentar una considerable diversidad.

Facies 2: lutitas limosas negras laminadas. Esta facies corresponde a lutitas limosas negras con laminación plana-paralela. Al microscopio se observa una alternancia de láminas claras limosas de 0,3 a 2,5 mm de espesor y láminas oscuras arcillosas delgadas (0,1 a 0,3 mm de espesor). Las láminas claras son ricas en cuarzo y muestran una gradación interna en el tamaño del grano, que varía de limo grueso en la base de las láminas a limo fino/arcilla hacia el techo. Las láminas oscuras son ricas en arcillas y materia orgánica,

y suelen tener aisladamente granos de cuarzo tamaño limo. La materia orgánica se presenta bajo la forma de pequeños pelets o como delgadas laminillas, orientadas en forma paralela a la estratificación.

Esta facies se encuentra muy bien desarrollada en el tramo inferior del perfil de la quebrada Azul, en donde se registra una variada fauna de trilobites que incluye numerosos ejemplares completos, articulados. La gradación observada en las láminas limosas estaría indicando una rápida depositación del sedimento, en tanto que las láminas ricas en arcilla y materia orgánica representarían un proceso más lento de depositación, correspondiente a una decantación normal del material en suspensión. El proceso depositacional inferido para este tipo de sedimentos es la rápida acumulación de la carga transportada en suspensión por corrientes generadas por tormentas cuando disminuye su velocidad (Reineck y Singh, 1972). Láminas limosas gradadas han sido citadas para el Jurásico inferior de Dinamarca e interpretadas como capas de tormenta de grano fino depositadas por debajo de la base de olas de tormenta y en sectores externos de la plataforma (Pedersen, 1985). Capas limosas como las aquí descritas también han sido mencionadas por Brenchley (1985) como depósitos de tormenta generados bajo condiciones menos violentas que las capas arenosas más gruesas. Según dicho autor, estos depósitos indicarían períodos en los que sedimento más grueso que el normal es transportado sobre la plataforma.

De acuerdo a las características faunísticas y sedimentológicas, la facies 2 también puede ser encuadrada dentro de la biofacies exaeróbica de Savrda y Bottjer (1991) y Bottjer y Savrda (1993). No obstante, la presencia en esta facies de láminas limosas gradadas sugieren condiciones relativamente mejores en la oxigenación del fondo con respecto a la facies 1 debido a eventuales tormentas.

Facies 3: lutitas verdes laminadas. Esta facies está constituida por lutitas verde amarillentas a gris verdosas, con laminación muy poco marcada a simple vista. A nivel microscópico se observa una laminación plano-paralela dominante y ocasionalmente una microlaminación entrecruzada unidireccional. La laminación es debida principalmente a variaciones en el tamaño de los granos observándose láminas claras donde predomina el tamaño limo grueso a arena muy fina, y láminas oscuras en donde el tamaño del grano es mayoritariamente limo fino y arcilla. La composición mineral de las láminas claras es predominantemente cuarzosa con filosilicatos (muscovitas y cloritas) subordinados. Las láminas oscuras están constituidas principalmente por illita y sericita con pequeños granos de cuarzo y delgadas láminas de muscovita. En estas láminas se identificaron además, pequeños granos redondeados opacos (sulfuros?) y materia orgánica.

La facies de lutitas verdes predomina en los dos perfiles estudiados en las quebradas de la Llama y Azul constituyendo los tramos medios a superior. Estas pelitas están generalmente interestratificadas con bancos arenosos mayormente delgados, y en la quebrada de la Llama están también asociadas a areniscas coquinoideas lentiformes. La facies contiene trilobites de la Biozona de *Parabolina frequens argentina*, aunque la diversidad es menor a la documentada en las pelitas oscuras infrayacentes. No se aprecian evidencias de bioturbación.

La presencia de micro-laminación entrecruzada de corriente permite inferir que la Facies 3 se originó en un ambiente de mayor energía que los correspondientes a las facies 1 y 2. La migración de *micro-ripples*, debida a la acción de corrientes de fondo fluyendo a muy baja velocidad, parece haber sido el proceso generador de esta microestructura. Estas corrientes pueden haber sido producidas por tormentas suaves, que interrumpen ocasionalmente la sedimentación normal de la cuenca representada por la decantación lenta de los fangos en suspensión. Rine y Ginsburg (1985) han asignado la presencia de micro-laminación entrecruzada en los sedimentos fangosos modernos de Surinam a corrientes generadas por tormentas. Fangos con laminación entrecruzada unidireccional a pequeña escala han sido mencionados por O'Brien (1996) dentro de los tipos de laminación de "shales" influenciados por corrientes de fondo. La variación en la energía del medio también es sugerida por la presencia de bancos arenosos delgados y lentos coquinoideos interestratificados (facies 4-7).

El color verde de la facies 3 y su menor contenido de materia orgánica están indicando un incremento en la oxigenación del fondo marino con respecto a la depositación de las facies 1 y 2. Sin embargo, la ausencia de bioturbación sugiere que dicho incremento habría sido relativamente pequeño, sin llegar a pasar al rango de oxigenación de la biofacies disaeróbica establecido entre 0,1 y 1,0 ml/l de O₂ disuelto (Rhoads y Morse, 1971; Savrda y Bottjer, 1991; Bottjer y Savrda, 1993). Este leve aumento en el contenido de oxígeno del fondo marino parece haber sido suficiente para generar una disminución en la diversidad faunística de la macrofauna descripta (véase ambiente sedimentario y paleoecología).

Facies 4: limolitas arcillosas con laminación entrecruzada de bajo ángulo. Esta facies corresponde a capas delgadas, de 1 a 3 cm de espesor, de limolitas arcillosas verde amarillentas, con bases netas y techos suavemente ondulados. Internamente presentan una laminación entrecruzada de bajo ángulo, con una morfología "hummocky" a pequeña escala. Microscópicamente, la facies muestra un predominio de láminas limosas ricas en cuarzo, en donde el tamaño de los granos varía de 20 - 50 µm (limo medio

a grueso). Delgadas láminas arcillosas, constituidas principalmente por illita, caolinita y laminillas aciculares de muscovita, se encuentran separando las láminas limosas. Las láminas de grano más fino contienen además, cuarzo y opacos de manera muy subordinada.

Estas rocas se disponen interestratificadas con las lutitas verdes de la facies 3 en el perfil de la quebrada de la Llama. La presencia de bases netas y de laminación entrecruzada de bajo ángulo refleja procesos relacionados con tormentas. Las estructuras de tipo *micro-hummocky* permiten inferir una depositación por encima de la base de olas de tormenta, bajo condiciones menos violentas que las que originaron los bancos de areniscas de la facies 6. Esta unidad es semejante a la facies de fangolitas y limolitas laminadas (F3) descrita por Brenchley *et al.* (1986) en la plataforma ordovícica de la Península Ibérica. De acuerdo a dichos autores, estos depósitos corresponden a facies distales de tormenta y su origen puede ser atribuido a una decantación rápida del limo a partir de nubes densas generadas por tormentas, con un retrabajo posterior del sedimento por la acción de las olas.

Facies 5: areniscas muy finas y finas con laminación paralela a entrecruzada. Esta facies consiste en areniscas muy finas y finas, verdes a gris verdosas, estratificadas en bancos delgados de 3 a 10 cm de espesor. La geometría de las capas es tabular y sus contactos netos, con base y techos planos. Internamente presentan laminación plana-paralela en la base, pasando hacia el techo a una laminación entrecruzada unidireccional de pequeña escala. Estos bancos se encuentran interestratificados con las facies de grano fino, estando ausente la amalgamación de estratos. En algunas de estas capas se observan calcos de carga y otras marcas de base pobremente preservadas.

La facies 5 se distribuye principalmente en el perfil de la quebrada Azul y en el tramo inferior a medio de la quebrada de la Llama intercalada con las pelitas verdes de la facies 3. La base neta de estos depósitos, la presencia de marcas subestratales y su estructura interna, sugieren una depositación rápida a partir de corrientes de fondo. El rol de flujos unidireccionales en la depositación de la arena es inferido a partir de la laminación plana-paralela y de la laminación entrecruzada originada por la migración de pequeños "ripples". Depósitos similares han sido considerados como facies de arenas de tormentas acumuladas en sectores de la plataforma ubicados por debajo de la base de olas de tormenta ("*turbidite-like storm sandstones*" de Brenchley, 1985). Según Brenchley *et al.* (1993), en la plataforma externa los flujos unidireccionales son fuertes con respecto a la componente oscilatoria, motivo por el cual los depósitos arenosos de tormentas en este sector de la plataforma carecen de estructuras formadas por olas.

Facies 6: areniscas finas con estratificación entrecruzada *micro-hummocky*. Esta facies está representada por areniscas finas, gris verdosas a verde amarillentas, estratificadas en bancos de 3 a 20 cm de espesor. En el tramo medio a superior del perfil de la quebrada de la Llama se han llegado a observar algunos bancos de mayor potencia. La geometría de estas capas es tabular, con contactos netos, bases planas y techos ondulados. Internamente muestran una estratificación entrecruzada *micro-hummocky*, con láminas de bajo ángulo hasta horizontal que desarrollan montículos ("*hummockys*") y cubetas ("*swaleys*") muy chatos. La laminación plano-paralela puede estar presente en la base de los estratos y en los techos; muy ocasionalmente se preservan pequeñas ondulitas simétricas a ligeramente asimétricas. La amalgamación de estratos está ausente y por lo general los paquetes pelíticos que separan estos bancos arenosos son de varios metros de espesor. Únicamente en el tramo superior del perfil de la quebrada de la Llama se han verificado niveles pelíticos más delgados separando dichas capas. Trazas fósiles correspondientes a los icnogéneros *Cruziana* y *Planolites* han podido ser observadas en algunos de estos bancos, especialmente en aquellos aflorantes en la quebrada de la Llama.

La presencia de estratificación entrecruzada *micro-hummocky* indica que esta facies fue depositada a partir de corrientes generadas por tormentas, que transportaron la arena desde la zona de "*nearshore*" hacia la plataforma interna, por encima de la base de olas de tormenta. Esta facies puede ser atribuida a la acción de flujos combinados, en donde predominan las estructuras formadas por olas. El rol de las corrientes en la depositación de la arena es sugerido por la laminación paralela presente en la base de algunos estratos arenosos. En esta facies se registra un aumento en la energía depositacional de los flujos de tormenta con respecto a la facies 5.

Areniscas finas y tabulares con un pobre desarrollo de la estratificación entrecruzada *hummocky* como las que se describen aquí, son típicamente registradas como tempestitas distales (Brenchley *et al.*, 1993). Estas facies se caracterizan por presentar continuidad lateral y una estratificación entrecruzada *hummocky* de bajo ángulo. La erosión poco profunda en la base de los estratos y raras ondulitas en sus techos son otros rasgos distintivos de estos depósitos distales (Brenchley *et al.*, 1986).

Facies 7: areniscas coquinoideas lenticulares. Esta facies consiste de areniscas coquinoideas de color marrón y geometría lenticular, las cuales no superan los 30 cm de espesor. Los lentes poseen bases netas y una gradación interna en donde la granulometría más gruesa se encuentra en la base de los mismos. Presentan una cementación margosa que le confiere

al nivel tintes amarillentos y una apariencia no litificada. Se caracterizan por presentar una escasa selección, abundante fragmentación y la desorganización interna de los bioclastos. Los bioclastos corresponden mayoritariamente a fragmentos de trilobites (*Parabolina frequens argentina* (Kayser), *Angelina hyeronimi* (Kayser), *Asaphellus* cf. *aspinus* Robison y Pantoja-Alor) y conchillas de braquiópodos de composición carbonática.

Esta facies está presente en el tramo medio del perfil de la quebrada de la Llama, asociada a la facies de lutitas verdes y a los bancos arenosos con icnofósiles. La misma se interpreta como relacionada a fenómenos episódicos y violentos ocurridos sobre la plataforma y que interrumpen la sedimentación normal. El registro de estos lentes coquinoideos interestratificados con pelitas indica el transporte de fragmentos orgánicos sobre los fangos de la plataforma y un repentino y corto cambio en las condiciones de energía que varían de bajas a altas.

Recientemente, Aceñolaza y Nieva (2001) han hecho un estudio de las acumulaciones bioclásticas halladas en el norte argentino en las unidades correspondientes al Cámbrico superior- Tremadociano inferior (Formaciones Lampazar, Cardonal, Saladillo y equivalentes). Según dichos autores, los niveles identificados en la Formación Lampazar corresponderían a acumulaciones de tormentas de tipo para-autóctonas y de origen mixto, resultando de dos o más tipos de procesos de acumulación (acumulación mixta sedimentaria-diagenética).

Ambiente sedimentario y paleoecología

La Formación Lampazar en la sierra de Cajas está constituida predominantemente por facies de grano fino con delgados bancos arenosos interestratificados. La abundancia de fango con respecto a las capas de material más grueso (areniscas de grano muy fino y fino) y las características de estas últimas (poco espesor, continuidad lateral y pobre desarrollo de estructuras de oleaje) sugieren un ambiente de plataforma mayormente externa con algunas transiciones hacia la plataforma interna.

El proceso sedimentario predominante dentro de esta formación fue la decantación, la cual dio lugar a la acumulación continua de potentes paquetes de fango. Este proceso se llevó a cabo mayormente de una manera lenta (acumulación normal), aunque la presencia de fangos gradados en la facies de lutitas limosas sugiere para éstos una depositación mucho más rápida desde carga en suspensión transportada por corrientes (generadas por tormentas). El ingreso a la cuenca de esporádicos flujos de fondo de mayor energía dio lugar a la depositación de las capas de material más grueso (arena-limo). La presencia en es-

tos depósitos de estructuras generadas mayormente por flujos unidireccionales (laminación paralela y entrecruzada de "ripples" de corriente) indica que las mismas se habrían formado por debajo de la base de olas de tormenta y dentro del ámbito de la plataforma externa. Por otro lado, el hallazgo de algunos niveles limosos y arenosos con estratificación entrecruzada de bajo ángulo y techos ondulosos y de lentes coquinoideos en la quebrada de la Llama sugieren ambientes de plataforma menos profundos por encima de la base de olas de tormenta.

En términos generales, puede considerarse a la Formación Lampazar en la sierra de Cajas como una secuencia regresiva. Dicha tendencia está mejor representada en el tramo medio a superior del perfil de la quebrada de la Llama, donde se observa el desarrollo de depósitos de mayor energía. Esta regresión podría estar relacionada con alguno de los eventos eustáticos reconocidos por distintos autores para el Cámbrico tardío (Erdtmann, 1986; Miller, 1984, 1992; Nicoll *et al.*, 1992).

El cambio de color de los sedimentos de grano fino permite inferir variaciones en las condiciones de oxigenación de la cuenca. En la base de la Formación Lampazar los depósitos finos son negros a gris oscuro y pasan hacia arriba a sedimentos claros, mayormente verdosos, que son los que predominan dentro de los perfiles estudiados. Las pelitas negras a gris oscuras son consideradas como típicas facies de "black shale" (Wignall, 1994), formadas en ambientes tranquilos y bajo condiciones de escaso oxígeno que permite la preservación de la materia orgánica. Siguiendo el modelo de biofacies de Bottjer y Savrda (1993), este ámbito correspondería a la zona exaeróbica, en donde coexisten sedimentos laminados y una fauna bentónica *in situ*. De acuerdo a este modelo, la concentración de oxígeno en las aguas del fondo marino es muy bajo, apenas levemente superior a 0,1 ml/l O₂ disuelto. En cuanto a las pelitas verdosas, las mismas corresponderían a depósitos más oxigenados acumulados en ambientes de mayor energía, tal como lo evidencia la escasez de materia orgánica y la presencia de bancos arenosos, a veces portadores de icnofauna interstratificados con las mismas.

Las faunas de trilobites estudiadas consisten básicamente en agnóstidos y olénidos, a los que se suman los registros puntuales de un shumárdido y un asáfido en diferentes niveles de la secuencia (véase figura 2). En general, los trilobites agnóstidos son formas bien representadas en ambientes de plataforma externa y talud continental. Si bien este grupo ha sido tradicionalmente considerado de hábito pelágico (Robison, 1972), Müller y Walossek (1987) sugirieron que también podría haber estado adaptado a nadar y/o flotar cerca del fondo marino, en niveles particularmente ricos en materia orgánica ("floculent zone").

Por otro lado, ciertos olénidos eran formas bentónicas muy especializadas, capacitadas para vivir en ambientes profundos con escasa energía y bajos niveles de oxígeno (Fortey, 1975, 1985; Fortey y Owens, 1987). De acuerdo a Fortey (1985), la presencia de un exoesqueleto delgado, provisto de un axis angosto (tr.), pleuras proporcionalmente anchas (tr.) y un elevado número de segmentos torácicos constituye una adaptación a ambientes disaeróbicos (morfotipo *Olenus*, Henningsmoen, 1957). La presencia de ciegos genales de buen desarrollo por debajo del exoesqueleto sería, asimismo, un carácter asimilable a dicho ambiente (Jell, 1978; Fortey y Owens, 1987). De manera similar, los shumárdidos se habrían desarrollado sobre el fondo marino, preferentemente en ámbitos profundos y lodosos (Fortey y Rushton, 1980).

Las comunidades de agnóstidos-olénidos están mejor representadas en los niveles inferiores de las quebradas Azul y de la Llama, comprendiendo géneros que han sido clásicamente descritos en ámbitos neríticos externos, con libre acceso a mar abierto (*Pseudorhaptagnostus*, *Lotagnostus*; ej. Shergold, 1977). Los niveles de lutitas grises y negras (Facies 1 y 2) contienen las asociaciones más diversas. Algunos taxa se registran exclusivamente en este tipo de litología [*Lotagnostus* (*Distagnostus*) sp., *Gymnagnostus bolivianus*, *G. perinflatum*, *Plicatolina scalpta*, *Akoldinioidia* sp.], mientras que otros se registran en estas facies y, además, en pelitas verdosas (Facies 3), exhibiendo un rango ecológico algo más amplio [*Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *tmetus*, *P. (M.) corrugatus*, *Micragnostus vilonii*, *Parabolinella coelatifrons*, *Beltella ulrichi*]. La mayor diversidad y abundancia de agnóstidos en niveles de lutitas oscuras podría indicar cierta preferencia del grupo por las facies 1 y 2, reflejando la conveniencia de permanecer cerca de un fondo marino rico en materia orgánica y escasa competencia. Por su parte, los olénidos más representativos de este ambiente son *Plicatolina scalpta* y *Parabolinella coelatifrons*, con una morfología especialmente adaptada al mismo.

El cambio progresivo en las condiciones del medio, con un aumento de energía y de los niveles de oxígeno (Facies 3), explicaría la disminución en la diversidad de agnóstidos y olénidos bentónicos (morfotipo *Olenus*) de los tramos medios a superiores de la Formación Lampazar. Por su parte, el asáfido *Asaphellus* cf. *aspinus* está bien representado en la facies 7, la cual es asignable a un ambiente de plataforma menos profunda y bien oxigenada.

Por último, es importante señalar que *Angelina hyeronimi* y *Parabolina frequens argentina* se registran en casi todos los tramos de la sucesión (figura 2). *Angelina hyeronimi* posee un exoesqueleto más convexo que el del tipo *Olenus*, ajustándose al morfotipo *Peltura* (Henningsmoen, 1957). A su vez, *P. frequens*

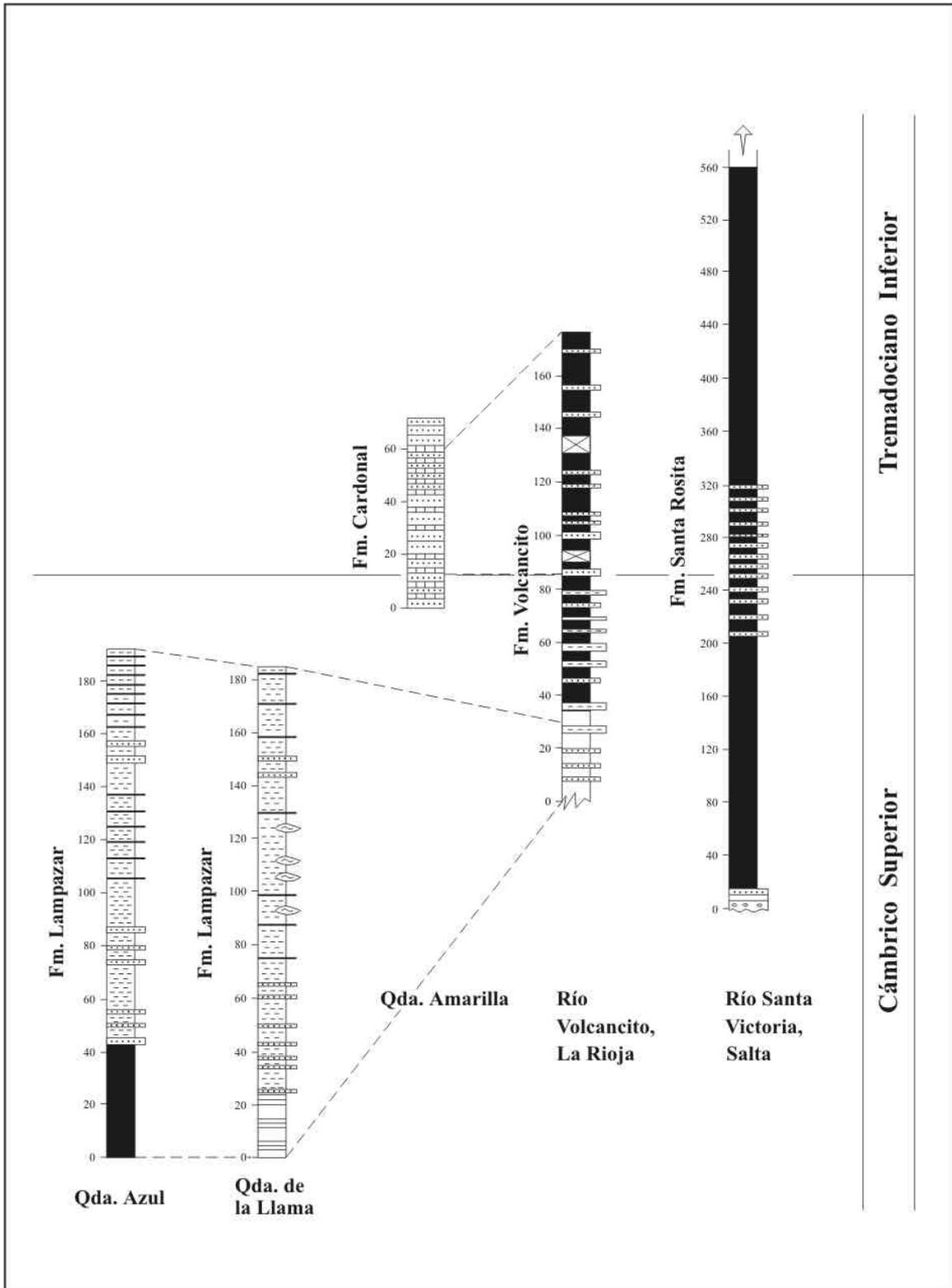


Figura 3. Correlación de las secciones de la sierra de Cajas (quebrada Azul, de la Llama y Amarilla) con las de Famatina (río Volcancito) y la Cordillera Oriental (río Santa Victoria). Información de la quebrada Amarilla tomada de Rao y Hünicken (1995), Ortega y Rao (1995), Rao (1999) y Tortello *et al.* (1999); información de río Volcancito tomada de Esteban (1999), Tortello y Esteban (1999) y Albanesi *et al.* (1999); información de río Santa Victoria tomada de Harrington y Leanza (1957). El límite Cámbrico-Ordovícico está señalado por la aparición del trilobite *Jujuyaspis keideli* / Correlation of the sections of Cajas Range (Azul, Llama and Amarilla Creeks) with sections of Famatina (río Volcancito) and Eastern Cordillera (río Santa Victoria); information on the Amarilla Creek from Rao and Hünicken (1995), Ortega and Rao (1995), Rao (1999), and Tortello *et al.* (1999); information on río Volcancito from Esteban (1999), Tortello and Esteban (1999), and Albanesi *et al.* (1999); information on río Santa Victoria from Harrington and Leanza (1957). The Cambrian-Ordovician boundary is indicated by the first appearance of the trilobite *Jujuyaspis keideli*.

argentina es el taxón más abundante en todas las facies reconocidas, hecho que sugiere cierta independencia del sustrato. *Parabolina frequens* sería asimilable al tipo morfológico de *Irvingella*, al que se le atribuye un posible hábito de vida neotónico (Fortey, 1985).

Bioestratigrafía

La parte inferior de la Biozona de *Parabolina frequens argentina* está caracterizada por una asociación de trilobites compuesta principalmente por *Lotagnostus* (*Lotagnostus*) sp., L. (*Semagnostus*) *zuninoi* (Harrington y Leanza), *Micragnostus vilonii* Harrington y Leanza, *M. calviformis* Harrington y Leanza, *Strictagnostus?* *micropeltis* (Harrington y Leanza), *Pseudorhaptagnostus* (*Machairagnostus*) *tmetus* Harrington y Leanza, *P. (M.) corrugatus* (Suárez-Soruco), *P. (Machairagnostus)* sp., *Gymnagnostus bolivianus* (Hoek), *G. perinflatus* Harrington y Leanza, *Leiagnostus turgidulus* Harrington y Leanza, *Parabolina (Neoparabolina) frequens argentina* (Kayser), *Parabolinella coelatifrons* Harrington y Leanza, *Angelina hyeronimi* (Kayser), *Onychopyge riojana* Harrington y Leanza, y *Plicatolina scalpta* Harrington y Leanza. Esta asociación de agnóstidos y poliméridos está bien representada en la parte inferior de la Formación Volcancito en la sierra de Famatina, en niveles situados por debajo del límite Cámbrico-Ordovícico (Biozona de *Cordylodus proavus*, Cámbrico Tardío alto) (véase Esteban, 1999; Tortello y Esteban, 1997, 1999; Albanesi *et al.*, 1999), así como en la parte basal de la Formación Santa Rosita en la Cordillera Oriental (ej. cerro Colorado y San Isidro, Iruya, Harrington y Leanza, 1957; Tortello, 2003). Tortello (2003) describió la Subzona de *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus)-Gymnagnostus* (Cámbrico Tardío) sobre la base de esta fauna.

Varios trilobites agnóstidos de la subzona poseen una gran utilidad bioestratigráfica. *Lotagnostus (Lotagnostus)* es un fósil guía del Cámbrico Tardío que provee bases firmes para establecer correlaciones globales (véase Manca, 1992; Tortello y Esteban, 1997, 1999). Por su parte, *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus)* posee una morfología muy peculiar asimilable al grupo *bilobus* (Shergold, 1977, 1981) y un rango estratigráfico acotado a la transición Cámbrico-Ordovícico, con un mayor desarrollo en el Cámbrico cuspidal. Este subgénero se encuentra bien representado en el Cámbrico Superior de Kazakhstan (Zona de *Eolotagnostus scrobicularis*) (Ergaliev, 1983), China (Zona de *Bulbolenus*) (Zhang, 1981; Xiang y Zhang, 1985; Lu *et al.*, 1984), Corea (fauna de *Fatocephalus*) (Sohn y Choi, 2002) y Tasmania (Jell *et al.*, 1991), con registros aislados en el Tremadociano de Kazakhstan (Lisogor, 1977) y Siberia (Sinjakov y

Fedjanina, 1962; véase Nielsen, 1997). De manera similar, se conocen formas muy afines a *Gymnagnostus bolivianus* en el Cámbrico Tardío de Méjico (*G. mexicanus*, Biozona de *Cordylodus proavus*; Robison y Pantoja-Alor, 1968), Newfoundland Oeste (*G. mexicanus*, Biozona de *Missisquoia typicalis*; Fortey *et al.*, 1982) y China ("*Lotagnostus*" ? sp., Biozona de *Hysterolenus*; Lu y Lin, 1984), mientras que *G. perinflatus* guarda una mayor similitud con material descrito en China (*Gymnagnostus ellipticus*, Biozona de *Lotagnostus hedini*; Lu y Lin, 1984) y Gales ("*Leiagnostus*" aff. *turgidulus*; Zona de *Clonograptus tenellus*, Owens *et al.*, 1982).

Otras especies de la subzona [ej. *Parabolina frequens argentina* (Kayser), *Angelina hyeronimi* (Kayser)] poseen un valor bioestratigráfico más reducido, debido a que están representadas tanto en el Cámbrico cuspidal como en el Ordovícico basal (Kayser, 1876; Harrington y Leanza, 1943, 1957; Frederickson, 1958; Robison y Pantoja-Alor, 1968; Suárez-Soruco, 1976; Pribýl y Vaněk, 1980; Pratt, 1988; Tortello y Esteban, 1999; Tortello *et al.*, 1999; Tortello y Rao, 2000).

Los trilobites de las quebradas de la Llama y Azul son comparables con la fauna descrita en la parte inferior de la Formación Volcancito (Tortello y Esteban, 1997, 1999). A su vez, en el presente trabajo se documentan nuevas formas que remarcan el carácter cámbrico de las asociaciones estudiadas. *Lotagnostus (Distagnostus)* posee un biocrón restringido al Cámbrico tardío alto y una distribución geográfica amplia, que incluye Queensland, Australia (Biozona de *Rhaptagnostus bifax-Neoagnostus denticulatus* y Biozona de *Rhaptagnostus clarki maximus-R. papilio*; Shergold, 1972, 1975), China [Zona de *Lotagnostus punctatus* y Zona de *L. hedini*, Lu y Lin, 1984; Zona de *Probilacunaspis nasalis-Peichiashania hunanensis* y Subzona de *Lotagnostus (Distagnostus) celatus-Charchaia glabrescens*, Peng, 1992], Nevada (Biozona de *Saukiella pyrene*; Palmer, 1955), Quebec (Biozona de *Missisquoia*; Raymond, 1924; Shaw, 1951), la Precordillera argentina (Rusconi, 1951; Tortello y Bordonaro, 1997) y, probablemente, Suecia (Biozona de *Parabolina longicornis*) y Tianshan (véase Shergold, 1975).

Por su parte, *Akoldinioidia* Zhou y Zhang es un género representado por 17 especies del Cámbrico Tardío alto de China, Corea, Australia, Kazakhstan, Irán y Méjico, más un registro puntual en el Ordovícico (Tremadociano Temprano) de Bolivia (véase Peng, 1992; Sohn y Choi, 2002). *Akoldinioidia* sp. es muy similar a *A. longa* Lu y Lin, del Cámbrico cuspidal de NChina (Zona de *Mictosaukia-Fatocephalus* y Zona de *Richardsonella-Platypeltoides*; Qian, 1986), SChina (parte inferior de la Zona de *Hysterolenus-Onychopyge*; Lu y Lin, 1984) y Corea (fauna de *Fatocephalus*; Sohn y Choi, 2002). A su vez, *Beltella ulrichi* (Kayser)

se registra en el Cámbrico Tardío de Polonia (Zona de *Acerocare* "sensu lato", Zylńska, 2001) y Noruega (Nikolaisen y Henningsmoen, 1985); y *Asaphellus aspinus* Robison y Pantoja-Alor fue descrito en la Biozona de *Cordylodus proavus* en Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968).

La fauna estudiada constituye un referente del Cámbrico cuspidal fosilífero en el suroeste de Gondwana. Un cuadro de correlación de las secciones relevadas con algunos perfiles clásicos del noroeste argentino es representado en la figura 3.

Paleontología sistemática

El material se encuentra depositado en la Colección Paleoinvertebrados de la Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán (PIL); y en el Departamento Paleontología Invertebrados del Museo de Ciencias Naturales de La Plata (MLP), Argentina.

Orden AGNOSTIDA Salter, 1864

Familia AGNOSTIDAE M'Coy, 1849

Subfamilia AGNOSTINAE M'Coy, 1849

Género *Lotagnostus* Whitehouse, 1936

Subgénero *L. (Distagnostus)* Shergold, 1972

Especie tipo. *Distagnostus ergodes* Shergold, 1972, por designación original.

Lotagnostus (Distagnostus) sp.

Figuras 4.A-D

Material. Un ejemplar completo, un céfalo, tres pigidios y un fragmento pigidial (MLP 29950, 29959, 29961, 29965, 29974, 29979), quebrada de la Llama.

Descripción. Céfalo subcircular, de longitud y anchura subiguales, moderadamente convexo, con un alto grado de alisamiento ("effacement"). Glabella larga y estrecha, apenas definida por surcos axiales muy tenues, poco elevada por sobre el nivel de las genas; la misma ocupa un 76% de la longitud cefálica. Anteroglabela subtriangular, ocupando un 35% de la longitud de la glabella. F3 transverso, recto a suave-

mente cóncavo hacia delante, muy somero. Posteroglabela levemente enangostada hacia adelante, suavemente constricta al nivel de F2. El estado de conservación del material no permite evaluar la presencia o ausencia de un nodo axial. Lóbulos basales de buen desarrollo, enteros, más largos que anchos. Acrolóbulo no constricto. Genas lisas, separadas por un surco preglabellar mediano muy tenue. Borde angosto y convexo, con espinas intergenales muy pequeñas, delimitado por un surco marginal somero.

Tórax con anillos axiales divididos en un lóbulo medio y un par de lóbulos laterales. Pleuras cortas (tr.), curvadas hacia adelante.

Pigidio subcircular, algo más ancho que largo, de convexidad moderada, con un grado de alisamiento algo menor que el del céfalo. Los moldes internos muestran un relieve mejor definido que los exoesqueletos (véase figura 4.D). Pigaxis muy largo, moderadamente convexo, definido por surcos axiales muy tenues, ocupando un 82-84% de la longitud del pigidio. M1 suavemente enangostado hacia atrás, dividido en un lóbulo central y dos lóbulos laterales de contorno trapezoidal. F1 con su porción central lisa. M2 levemente constricto, con un tubérculo central conspicuo. F2 muy tenue, recto y transverso. Posteroaxis largo, con un contorno variable, semioval a ogival; su longitud representa un 64-65% de la longitud pigaxial. Campos pleurales lisos, con su región posterior reducida (sag.). Acrolóbulo no constricto. Borde estrecho y convexo, delimitado por un surco marginal somero, desprovisto de espinas posterolaterales.

Observaciones. El material muestra cierta similitud con *Gymnagnostus* Robison y Pantoja-Alor, 1968, en especial con la especie tipo *G. gongros*, del Cámbrico Superior de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968: lám. 97, figs. 24-33). No obstante, el primero presenta un grado de alisamiento ("effacement") menor, lóbulos basales más largos y un acrolóbulo pigidial no constricto. La presencia de surco preglabellar, un lóbulo glabellar anterior largo y de contorno subtriangular, lóbulos basales de buen desarrollo, pigaxis largo y trilobulado, con un M2 constricto y un M3 elon-

Figura 4 A-D, *Lotagnostus (Distagnostus)* sp.; **A**, ejemplar completo / complete specimen, MLP 29950, X7,7; **B**, céfalo y tórax incompleto / cephalon and incomplete thorax, MLP 29974, X7,6; **C**, pigidio / pygidium, MLP 29979, X5,5; **D**, pigidio / pygidium, MLP 29965, X5. **E-J, *Micragnostus vilonii*** Harrington y Leanza; **E**, céfalo / cephalon, PIL 13907, X7,8; **F**, pigidio / pygidium, PIL 13840, X7,6; **G**, pigidio / pygidium, PIL 13839, X7; **H**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13905, X7,5; **I**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13904, X7,8; **J**, céfalo / cephalon, PIL 13840, X7. **K-N, *Gymnagnostus bolivianus*** (Hoek in Steinmann y Hoek); **K**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13847a, X8,3; **L**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13847b, X7; **M**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 15075, X8,7; **N**, céfalo y tórax / cephalon and thorax, PIL 13960, X9,8. **O, *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) tmetus*** Harrington y Leanza, céfalo / cephalon, PIL 15085, X7,1. **P-S, *Gymnagnostus bolivianus*** (Hoek in Steinmann y Hoek); **P**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 15073, X7; **Q**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 15081, X7; **R**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13847c, X9,6; **S**, ejemplar completo / complete specimen, PIL 13847d, X10,7. **T, *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) tmetus*** Harrington y Leanza, céfalo / cephalon, PIL 15085, X7,3. **U, *Gymnagnostus perinflatus*** (Harrington y Leanza), pigidio / pygidium, PIL 14081, X6,7. **V-Z, AA-EE, *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) corrugatus*** (Suárez-Soruco); **V**, céfalo / cephalon, PIL 13983, X5,7; **W**, céfalo / cephalon, PIL 13970, X7,5; **X**, céfalo / cephalon, PIL 13974, X8; **Y**, céfalo / cephalon, PIL 13843, X8,4; **Z**, céfalo / cephalon, PIL 13975, X6,8; **AA**, céfalo / cephalon, PIL 13842, X6,3; **BB**, céfalo / cephalon, PIL 13973, X7,8; **CC**, pigidio / pygidium, PIL 13983, X8,2; **DD**, pigidio / pygidium, PIL 13844, X9,2; **EE**, pigidio / pygidium, PIL 13984, X6,5.

gado (sag.) de contorno semioval a ogival, justifica la asignación a *Lotagnostus* Whitehouse, 1936 (Shergold *et al.*, 1990; Whittington *et al.*, 1997). Por su parte, el alto grado de alisamiento del material indica una mayor afinidad con el subgénero *L. (Distagnostus)* (Shergold, 1972; Shergold *et al.*, 1990).

Lotagnostus (Distagnostus) sp. difiere de la especie tipo *L. (D.) ergodes* Shergold, del Cámbrico cuspidal de Queensland, Australia (Shergold, 1972: lám. 4, figs. 1-7, text-fig. 5; Whittington *et al.*, 1997: fig. 218.3a-b) porque el primero posee un acrolóbulo cefálico menos liso, un pigaxis más largo (sag.), un posteroaxis desprovisto, en apariencia, de un nodo terminal, y un borde pigidial sin espinas posterolaterales. *Lotagnostus (Distagnostus) irretitus* Shergold, del Cámbrico cuspidal de Queensland (Shergold, 1975: lám. 14, figs. 1-6, text-figs. 17-18; Shergold *et al.*, 1990: fig. 10.1a-b) exhibe una variabilidad en el grado de expresión de los surcos dorsales muy afín a la forma aquí descrita. Esta última se distingue porque carece de ornamentación externa y espinas posterolaterales, y su pigaxis es proporcionalmente más elongado (sag.), con un M3 liso. A su vez, *Lotagnostus (Distagnostus)* sp. contrasta con *L. (D.) ejinensis* (Lu *et al.*, 1984: lám. 1, figs. 2-4) y *L. (D.) celatus* Peng (1992: fig. 7.I-N), del Cámbrico Superior de China, porque su glabela y su pigaxis son proporcionalmente más largos. Se diferencia de *L. (D.) celatus*, además, porque exhibe un céfalo con un grado de alisamiento menor.

Lotagnostus (Distagnostus) sp. también es comparable con *L. (D.) obscurus* (Palmer), del Cámbrico Superior de Nevada, Norteamérica (Palmer, 1955: lám. 19, figs. 5-7, 10). La forma de Argentina se diferencia porque presenta un tubérculo pigidial menos elongado (sag.), un posteroaxis liso (no dividido longitudinalmente en tres lóbulos) y un borde pigidial sin espinas. "*Homagnostus*" sp., del Cámbrico cuspidal de Vermont (Shaw, 1951: lám. 24, figs. 7-8; Raymond, 1924: lám. 12, fig. 1; véase Shergold, 1975) se distingue de *L. (Distagnostus)* sp. esencialmente por su anteroglabela más redondeada.

Finalmente, cabe destacar la notable afinidad de *L. (Distagnostus)* sp. con *L. (Distagnostus) lasherensis* (Rusconi), del Cámbrico Superior de la Precodillera de Mendoza (Rusconi, 1951: fig. 10; véase Tortello y Bordonaro, 1997: fig. 3.5), y con *L. (D.) cf. ergodes* (Lu y Lin, 1984: lám. 4, fig. 1) y *L. (Distagnostus)* sp. (Lu y Lin, 1984: lám. 4, fig. 3), del Cámbrico cuspidal de China. Desgraciadamente, estos últimos fueron descritos sobre la base de céfalos o pigidios aislados.

Género ***Gymnagnostus*** Robison y Pantoja-Alor, 1968

Especie tipo. *Gymnagnostus gongros* Robison y Pantoja-Alor, 1968, por designación original.

Gymnagnostus bolivianus (Hoek in Steinmann y Hoek, 1912)

Figuras 4.K-N, P-S

1912. *Aagnostus bolivianus* sp. nov. Steinmann y Hoek: 212, lám. 7, fig. 6.
 ?1984. *Lotagnostus (Trilobagnostus)* (?) sp. Lu y Lin: 61-62, lám. 4, figs. 4-5.
 1993. *Gymnagnostus bolivianus* (Hoek). Tortello y Aceñolaza: 180, lám. 1, figs. 5-6 (véase sinonimia).
 1999. *Gymnagnostus bolivianus* (Hoek). Tortello y Esteban: 383, figs. 5.N-O.

Material. 30 ejemplares completos, 17 céfalos, 23 pigidios (MLP 29948, 29957, 29963, 29966, 29984, 29987-29988, 29993, 29996; PIL 13846, 13847, 13960-13965, 14089, 15073, 15075-15076, 15079-15081), quebradas Azul y de La Llama.

Observaciones. Las afinidades familiares de los agnóstidos lisos son, en muchos casos, difíciles de establecer. La especie tipo *Gymnagnostus gongros* Robison y Pantoja-Alor presenta evidencias de un pigaxis que no alcanza a ponerse en contacto con el borde pigidial, indicando cierta relación con los géneros *Micragnostus-Homagnostus* (Robison y Pantoja-Alor, 1968). Algunos especímenes de *G. bolivianus* muestran el pigaxis suavemente esbozado (figura 4.P). Éste es de forma subcilíndrica, con un M3 semioval proporcionalmente largo y una longitud (sag.) que representa un 75-77% de la longitud pigidial máxima, lo que indica una mayor afinidad con la Familia Agnostidae (Subfamilia Agnostinae).

El material estudiado exhibe cierta variabilidad intraespecífica asignable, en parte, a variaciones preservacionales. Los acrolóbulos presentan un contorno subcircular (figura 4.S) a subelíptico (ej. figura 4.P) y una convexidad que puede ser de moderada a muy baja, mientras que los lóbulos basales y los nodos axiales pueden estar esbozados (figuras 4.N, 4.Q) o completamente lisos (ej. figura 4.S). En algunos casos el céfalo posee una convexidad algo menor que la del pigidio.

Dentro del género *Gymnagnostus*, es posible diferenciar un grupo de formas que presentan el borde pigidial mucho más ancho (sag.) que el borde cefálico [ej. *G. perinflatus* (Harrington y Leanza), *G. ellipticus* (Lu y Lin)], mientras que en otras especies este contraste no es tan marcado. *Gymnagnostus bolivianus* pertenece a esta última categoría. Algunos ejemplares de *G. bolivianus* presentan un borde pigidial de iguales dimensiones que el borde cefálico (figura 4.Q), mientras que otros exhiben un borde pigidial apenas más ancho (sag.) (ej. figura 4.K). La especie más afín a *G. bolivianus* es *G. mexicanus* Robison y Pantoja-Alor, del Cámbrico Superior alto de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968: lám. 97, figs. 15-16, 19-22) y Canadá (Fortey in Fortey *et al.*, 1982: lám. 2, fig. 6; Pratt, 1988: fig. 6.Q). Esta última se diferencia por

poseer un acrolóbulo pigidial constricto y estadios tempranos con una glabela mejor definida. Por su parte, *G. bolivianus* no se distingue de dos céfalos asignados a *Lotagnostus (Trilobagnostus) (?)* sp., del Tremadociano basal de China (Lu y Lin, 1984: lám. 4, figs. 4-5).

Gymnagnostus bolivianus se diferencia más claramente de la especie tipo *Gymnagnostus gongros* Robison y Pantoja-Alor, del Cámbrico cuspidal de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968: 778, lám. 97, figs. 24-33), por poseer un pigidio con el acrolóbulo no constricto, un tubérculo axial apenas esbozado o ausente, un surco marginal de profundidad uniforme, y el borde desprovisto de espinas marginales (Tortello y Esteban, 1999).

Gymnagnostus perinflatu (Harrington y Leanza, 1957)
Figura 4.U

1957. *Leiagnostus? perinflatu* sp. nov. Harrington y Leanza: 76, fig. 21.3 (véase sinonimia).

1999. *Gymnagnostus perinflatu* (Harrington y Leanza). Tortello y Esteban: 382, figs. 5.P-T (véase sinonimia).

Material. Un pigidio (PIL 14081), quebrada Azul.

Observaciones. Este pigidio posee un contorno oval y un acrolóbulo liso, fuertemente convexo en su mitad anterior, con evidencia de un nodo axial redondeado; y un borde conspicuo, levemente enangostado hacia adelante, plano en su porción posterior y suavemente cóncavo anterolateralmente. Estos caracteres permiten asignarlo a *Gymnagnostus perinflatu* (Harrington y Leanza). Esta es la primera referencia de la especie en la Cordillera Oriental. La misma fue previamente descrita en el Cámbrico Tardío de la Formación Volcancito, en la provincia de La Rioja (Harrington y Leanza, 1957; Tortello y Esteban, 1999).

Género ***Micragnostus*** Howell, 1935

Especie tipo. *Agnostus calvus* Lake, 1906, por designación original.

Micragnostus vilonii Harrington y Leanza, 1957
Figuras 4.E-J

1957. *Geragnostus (Micragnostus) vilonii* sp. nov. Harrington y Leanza: 68, figs. 12 y 13(7-8) (véase sinonimia).

1999. *Micragnostus vilonii* Harrington y Leanza. Tortello y Esteban: 379, figs. 5.E-F (véase sinonimia).

Material. 18 ejemplares completos, 32 céfalos y 21 pigidios (MLP 29988-29990, 29994; PIL 13834-13840, 13901-13910, 15074, 15077-15078, 15082), quebradas Azul y de La Llama.

Observaciones. Harrington y Leanza (1957), Tortello y Aceñolaza (1993) y Tortello y Esteban (1999) describieron la especie en la Cordillera Oriental y el Sistema de Famatina. Como indicaron Harrington y Leanza (1957), *M. vilonii* tiene un parecido notable

con *Micragnostus bisectus* (Matthew), del Cámbrico Tardío de Vermont (véase Shaw, 1951: lám. 23, figs. 11-18). La glabela de lados paralelos y la anteroglabela proporcionalmente grande son caracteres peculiares de estas taxa. Asimismo, el posteroaxis de ambas especies exhibe un contorno y dimensiones muy variables. *Micragnostus bisectus* se distingue porque presenta un axis pigidial más globoso, lo que sugeriría una afinidad, de acuerdo a la definición de Nielsen (1997), con el género *Trilobagnostus* Harrington.

Familia DIPLAGNOSTIDAE Whitehouse, 1936

Subfamilia PSEUDAGNOSTINAE Whitehouse, 1936

Género ***Pseudorhaptagnostus*** Lermontova, 1951

Subgénero ***P. (Machairagnostus)*** Harrington y Leanza, 1957

Especie tipo. *Machairagnostus tmetus* Harrington y Leanza, 1957, por designación original.

Observaciones. Se sigue aquí la diagnosis subgenérica de Shergold *et al.* (1990), complementada por Nielsen (1997), que contempla la presencia de un exoesqueleto “*en grande tenue*” (aunque con surcos glabulares parcialmente lisos), surco preglabular, una glabela proporcionalmente corta, acrolóbulos con “*scrobicules*”, un deuterolóbulo mal definido, y un axis intranotular preservado.

Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) tmetus
Harrington y Leanza, 1957
Figuras 4.O, T

1957. *Machairagnostus tmetus* sp. nov. Harrington y Leanza: 64, figs. 6-7(1-5).

1963. *Machairagnostus tmetus* Harrington y Leanza. Castellaro: 58, 1 fig.

1982. *Machairagnostus tmetus* Harrington y Leanza. Alonso *et al.*: 25, lám. 1, fig. 1.

1999. *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) tmetus* Harrington y Leanza. Tortello y Esteban: fig. 5J.

Material. Cuatro céfalos y 1 pigidio (PIL 13967-13969, 15085), quebrada Azul.

Observaciones. El material reúne los caracteres de la especie tipo, *P. (Machairagnostus) tmetus* Harrington y Leanza, previamente descrita en el Cámbrico Superior de diferentes localidades de la Cordillera Oriental y Famatina (Harrington y Leanza, 1957: figs. 6, 7.1-5; Alonso *et al.*, 1982: lám. 1, fig. 1; Tortello y Esteban, 1999: fig. 5.J). *Pseudorhaptagnostus (M.) tmetus* se distingue de “*Pseudagnostus (Sulcatagnostus)*” sp., del Cámbrico Tardío de Tasmania (Jell *et al.*, 1991: figs. 3.J-K; véase Sohn y Choi, 2002) porque exhibe “*scrobicules*” algo más tenues y la anteroglabela más reducida. A su vez, *P. (M.) tmetus* se diferencia más claramente de *P. (M.) kentauiensis* (Ergaliev), del Cámbrico Tardío de Kazakhstan y Corea (véase Sohn y Choi, 2002: fig. 3.L-Q), porque el primero posee el céfalo y el pigidio con un contorno subcuadrado, la

anteroglabela menos acuminada, el extremo posterior de la glabela más agudo, el pigaxis menos enangostado hacia atrás, y un axis intranotular más ancho (tr.). Otras especies del subgénero [*P. (M.) ornatus* Lisogor; *P. (M.) houchengensis* (Zhang); *P. (M.) mirus* (Xiang y Zhang); *P. (M.) multisulcata* (Lu *et al.*); *P. (M.) corrugatus* (Suárez-Soruco)] presentan, entre otros contrastes, “*scrobicules*” mucho más conspicuas que las del genotipo.

Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) corrugatus (Suárez-Soruco, 1975)

Figuras 4.V-Z, AA-EE

1975. *Tarayagnostus corrugatus* sp. nov. Suárez-Soruco: 133, lám. 1, fig. 5.

1993. *Neoagnostus (Machairagnostus) tmetus* Harrington y Leanza. Tortello y Aceñolaza: 182, lám. 1, figs. 8-11.

1999. *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus)* cf. *tmetus* Harrington y Leanza. Tortello y Esteban: 381, figs. 5.K-L.

Material. 14 céfalos, 6 pigidios, 1 tórax-pigidio (PIL 13841-13845, 13970-13985), quebrada Azul.

Diagnosis. *Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus)* con céfalo y pigidio de contorno subcircular. Surco preglabellar, “*scrobicules*”, axis intranotular y surcos marginales de buen desarrollo. Glabela de lados subparalelos a suavemente convergentes hacia adelante, con su extremo anterior suavemente acuminado. Margen glabellar posterior redondeado. Lóbulos basales de tamaño moderado. Anteroaxis pigidial conspicuo, con M1-M3 bien definidos. Acrolóbulo pigidial suavemente constricto.

Pseudorhaptagnostus (Machairagnostus) with cephalon and pygidium subcircular in outline; preglabellar furrow, scrobicules, intranotular axis and marginal furrows well developed; glabella subparallel-sided to tapering slightly forwards, with its anterior end slightly pointed; glabellar culmination rounded; basal lobes moderately developed; anteroaxis conspicuous, with M1-M3 well defined. Pygidial acrolobe slightly constricted.

Descripción. Céfalo de contorno subcircular, algo más ancho que largo, moderadamente convexo. Glabela bien definida por surcos axiales subparalelos a ligeramente convergentes hacia adelante, abarcando el 60-65% de la longitud (sag.) del céfalo. Anteroglabela con su extremo anterior suavemente acuminado, con una longitud que representa un tercio de la longitud glabellar. Surco transglabellar anterior (F3) muy somero, apenas perceptible, en forma de V. Posteroglabela de lados subparalelos a suavemente convergentes, constricta al nivel de F2, provista de un tubérculo medio largo (sag.), el cual está en contacto con F3 y se ensancha posteriormente. Margen glabellar posterior redondeado. Lóbulos basales triangulares, de tamaño moderado. Acrolóbulo no constricto. Surco preglabellar profundo, de desarrollo uniforme. Genas moderadamente convexas, de anchura uniforme, con “*scrobicules*” conspicuos, representados por

orificios y surcos cortos de disposición radial. Surco marginal de excepcional desarrollo, profundo, de anchura algo variable. Borde bien definido, convexo. Surco y borde abarcan, en conjunto, un 12-15% de la longitud cefálica (sag.).

Pigidio subcircular, algo más ancho que largo, moderadamente convexo. Anteroaxis bien definido por un par de surcos axiales que convergen suavemente hacia atrás, trisegmentado, ocupando un 38-40% de la longitud (sag.) del pigidio y un tercio de la anchura pigidial (al nivel de M2); con un tubérculo central conspicuo, alargado sagitalmente a través de M1-M3, suavemente expandido (lat.) en sus extremos anterior y posterior; M1 y M2 con un par de lóbulos laterales de contorno trapezoidal; M2 más largo (sag.) que M1; M3 más pequeño, con un par de lóbulos laterales de contorno subredondeado. Posteroaxis con axis intranotular prominente, definido por dos hileras de orificios dispuestos sagitalmente desde el extremo posterior del anteroaxis hasta el surco marginal, mejor definido en la mitad anterior. Surcos accesorios muy tenues, sigmoideos, dirigidos posterolateralmente en un ángulo alto respecto de la línea sagital, delimitando la porción anterior del deuterolóbulo. Acrolóbulo suavemente constricto. Campos pleurales de convexidad moderada, provistos de “*scrobicules*” de buen desarrollo (orificios y surcos cortos). Surco marginal ancho y profundo. Borde convexo, suavemente enangostado hacia adelante, con un par de espinas posterolaterales de tamaño medio. Borde y surco marginal abarcan, en conjunto, un 10-12% de la longitud pigidial.

Observaciones. Esta especie fue previamente descrita en la transición Cámbrico-Ordovícico de Bolivia (Suárez-Soruco, 1975: lám. 1, fig. 5). La misma fue originalmente ilustrada con un esquema, hecho que dificultó las posteriores discusiones sobre sus afinidades sistemáticas. No obstante, Suárez-Soruco (1975) describió claramente sus caracteres diagnósticos, entre los que se cuentan el céfalo y el pigidio de contorno subcircular, un surco marginal ancho, genas y campos pleurales con “*scrobicules*”, un F3 en forma de V, un anteroaxis trisegmentado, y surco preglabellar y axis intranotular bien definidos. “*Tarayagnostus*” *corrugatus* Suárez-Soruco fue correctamente reasignada a *P. (Machairagnostus)* por Nielsen (1997: 473). Parte del material aquí descrito fue erróneamente asignado a *P. (M.) tmetus* por Tortello y Aceñolaza (1993) (véase Tortello y Esteban, 1999).

Pseudorhaptagnostus (M.) corrugatus se distingue de la especie tipo, *P. (M.) tmetus* Harrington y Leanza, del Cámbrico Superior de Cordillera Oriental y Famatina [Harrington y Leanza, 1957: figs. 6-7(1-5); Alonso *et al.*, 1982: lám. 1, fig. 1; Tortello y Esteban, 1999: fig. 5.J], porque el primero presenta el céfalo y el pigidio de contorno redondeado, “*scrobicules*” más

conspicuas, la glabella menos subcilíndrica, el extremo glabellar posterior redondeado, lóbulos basales más reducidos, surcos marginales más profundos, y el borde pigidial proporcionalmente más delgado. Por su parte, los estadios holáspidos tardíos de *P. (M.) corrugatus* alcanzan un tamaño mayor.

Pseudorhaptagnostus (M.) corrugatus comparte con *P. (M.) houchengensis* (Zhang, 1981; véase Xiang y Zhang, 1985: lám. 4, figs. 7-8; lám. 8, fig. 1), *P. (M.) mirus* (Xiang y Zhang, 1985: lám. 4, figs. 9-11; lám. 8, figs. 2, 6, 7) y *P. (M.) multisulcata* (Lu et al., 1984: lám. 1, figs. 10-11), del Cámbrico Tardío alto de China, la presencia de genas y campos pleurales con “*scrobicules*” de buen desarrollo. La especie argentino-boliviana apenas se distingue de *P. (M.) houchengensis* porque posee el acrolóbulo pigidial menos constricto y las *scrobicules* y el axis intranotular más profundos, aunque este último contraste podría ser de índole

preservacional y, por lo tanto, carecer de valor sistemático. Por su parte, *P. (M.) corrugatus* se diferencia de *P. (M.) mirus* por su anteroaxis pigidial más conspicuo, con los lóbulos de M3 mejor definidos; y se distingue de *P. (M.) multisulcata* porque exhibe el céfalo y el pigidio de contorno subcircular, la glabella proporcionalmente más larga (sag.), la anteroglabella suavemente acuminada, y los surcos preglabellar y marginales más profundos.

El pigidio de *P. (M.) corrugatus* se diferencia de *P. (Machairagnostus) sp.*, del Cámbrico Superior de Famatina (Tortello y Esteban, 1999: fig. 5.M), esencialmente por poseer un axis intranotular, mejor definido y un surco marginal profundo. Por su parte, *P. (M.) corrugatus* contrasta con *P. (M.) kentauensis* (Ergaliev), del Cámbrico Tardío de Kazakhstan y Corea (véase Sohn y Choi, 2002: figs. 3.L-Q), por sus “*scrobicules*” más fuertes y los surcos marginales de mayor desarrollo.

Figura 5. A-B, *Parabolinella coelatifrons* Harrington y Leanza; **A**, ejemplar completo / *complete specimen*, PIL 14243, X1,6; **B**, ejemplar completo / *complete specimen*, PIL 14246, X3,7. **C, *Beltella ulrichi*** (Kayser), tórax y pigidio / *thorax and pygidium*, PIL 14242, X1,5. **D-E, *Plicatolina scalpta*** Harrington y Leanza; **D**, céfalo y tórax / *cephalon and thorax*, MLP 29923, X2,8; **E**, cranidio / *cranidium*, PIL 14244, X5,2. **F, *Beltella ulrichi*** (Kayser), céfalo y tórax incompleto / *cephalon and incomplete thorax*, PIL 14263, X2,7. **G-I, *Parabolina (Neoparabolina) frequens argentina*** (Kayser); **G**, cranidio, tórax y pigidio / *cranidium, thorax and pygidium*, PIL 13905, X2,3; **H**, cranidio, tórax y pigidio / *cranidium, thorax and pygidium*, PIL 13904, X2,4; **I**, tórax y pigidio / *thorax and pygidium*, PIL 15086, X2,7. **J, *Beltella ulrichi*** (Kayser), ejemplar completo / *complete specimen*, PIL 14263, X3,8.

Orden PTYCHOPARIIDA Swinnerton, 1915
 Suborden PTYCHOPARIINA Richter, 1933
 Familia SHUMARDIIDAE Lake, 1907

Género *Akoldinioidia* Zhou y Zhang, 1984

Especie tipo. *Akoldinioidia pustulosa* Zhou y Zhang, 1984, por designación original.

Observaciones. Se sigue aquí la definición genérica propuesta por Zhou y Zhang (1984), que agrupa a shumárdidos con una glabela cilíndrica o enangostada hacia adelante, bien definida anteriormente, con lóbulos antero-laterales de tamaño reducido. Estos autores incluyeron en este género a varias especies previamente asignadas a *Koldinioidia* Kobayashi (véase Zhou y Zhang, 1984; Peng, 1992), restringiendo este último a su especie tipo, *K. typicalis* Kobayashi.

***Akoldinioidia* sp.**

Figura 6.H

Material. Un ejemplar completo, con el pigidio mal preservado, y 1 cranidio (PIL 14241, MLP 29925), quebradas Azul y de la Llama.

Descripción. Cranidio de contorno subtrapezoidal, moderadamente convexo. Glabela convexa, bien definida por surcos axiales profundos, de lados subparalelos, con lóbulos anterolaterales reducidos y el extremo anterior acuminado; este último está delimitado claramente por un surco preglabellar angosto, el cual es más somero que los surcos axiales. La longitud de la glabela (excluido el anillo occipital) representa ca. 62% de la longitud cranial. Surcos glabellares S1 y S2 apenas esbozados, representados por dos pares de depresiones someras, de tamaño reducido, en contacto con los surcos axiales. Surco occipital angosto, somero, de disposición transversa. Anillo occipital liso, de ancho (sag., exsag.) uniforme, ocupando un 22% de la longitud cranial. Área frontal reducida, convexa. Fixígenas lisas, subtriangulares, con una convexidad más acusada en la región marginal. Surco del borde posterior delgado y profundo. Borde posterior convexo (exsag.), ensanchado hacia afuera.

Tórax compuesto por siete segmentos. Axis moderadamente convexo, con una anchura (tr.) que supera un tercio de la anchura torácica máxima, suavemente enangostado hacia atrás. Pleuras angostas (tr.), provistas de surcos pleurales anchos y profundos. Las pleuras del cuarto segmento se prolongan en un par de espinas largas, dirigidas hacia atrás. Pigidio imperfectamente preservado.

Observaciones. Ésta es la primera referencia de *Akoldinioidia* en Argentina. El contorno subcilíndrico de la glabela y el grado de desarrollo de los lóbulos glabellares anterolaterales señalan una fuerte afinidad con la especie tipo *A. pustulosa* Zhou y Zhang (1984: lám. 25, figs. 1-3), del Cámbrico Tardío de China. No obs-

tante, *Akoldinioidia* sp. se distingue por su exosqueleto desprovisto de ornamentación, la glabela proporcionalmente más angosta, el surco occipital más somero y el anillo occipital liso.

Por su parte, el material estudiado es casi idéntico a *A. longa* (Lu y Lin), del Cámbrico Tardío de China y Korea (Lu y Lin, 1984: lám. 7, figs. 1-4; Sohn y Choi, 2002: fig. 4.K-P, y referencias citadas allí), pero el primero presenta evidencias de surcos glabellares, y un anillo occipital liso y suavemente más ancho (exsag.). *Akoldinioidia* sp. se diferencia más claramente de *A. sinuosa* (Pribýl y Vaněk), del Tremadociano Temprano de Bolivia (Pribýl y Vaněk, 1980: lám. 10, fig. 6; text-fig. 3), porque exhibe un cranidio subtrapezoidal, la glabela más acuminada anteriormente, surcos glabellares menos marcados, y el borde posterior del céfalo más delgado (exsag.). Por su parte, el holotipo de *A. expansa* Qian, del Cámbrico Tardío de China (Qian, 1986: lám. 67, fig. 14), exhibe la porción anterior de la glabela más expandida lateralmente. Estas especies poseen una morfología transicional al género *Conophrys* Callaway, el cual posee lóbulos anterolaterales de la glabela mejor definidos.

Como *Akoldinioidia* sp., otras especies del género poseen una glabela subcilíndrica [*A. cylindrica* (Shergold); *A. iranensis* Peng, Geyer y Hamdi; *A. intermedia* (Lu, Zhou y Zhou)], pero éstas se diferencian principalmente por presentar un surco preglabellar redondeado o subredondeado. A su vez, otras formas contrastan más claramente porque exhiben la glabela enangostada hacia adelante [ej. *A. aspinosa* (Kobayashi); *A. sulcata* (Robison y Pantoja-Alor); *A. panytonensis* (Shergold); *A. dydimacantha* Peng].

Suborden OLENINA Burmeister, 1843
 Familia OLENIDAE Burmeister, 1843
 Subfamilia OLENINAE Burmeister, 1843

Género *Parabolina* Salter, 1849

Subgénero *P. (Neoparabolina)* Nikolaisen y Henningsmoen, 1985

Especie tipo. *Parabolina frequens* (Barrande, 1868), por designación original.

Parabolina (Neoparabolina) frequens argentina
 (Kayser, 1876)
 Figuras 5.G-I

1876. *Olenus argentinus* sp. nov. Kayser: 6, lám. 1, figs. 1-3.
 1957. *Parabolina argentina* (Kayser). Harrington y Leanza: 81-85, figs. 25-26.
 1957. *Parabolina argentina* (Kayser). Henningsmoen: 116-117 (véase sinonimia).
 1980. *Parabolina frequens argentina* (Kayser). Pribýl y Vaněk: 14-15, láms. 2-5 (véase sinonimia).
 2000. *Parabolina (Neoparabolina) frequens argentina* (Kayser). Tortello y Rao: 69, figs. 3.D-I (véase sinonimia).

Figura 6 A-D, ?E-F, G, *Angelina hyeronimi* (Kayser); **A**, cranidio / *cranidium*, MLP 30078, X3,3; **B**, cranidio / *cranidium*, MLP 30027a, X3,1; **C**, cranidio / *cranidium*, MLP 30033, X2,8; **D**, cranidio / *cranidium*, MLP 30027b, X2,7; **E**, cranidio / *cranidium*, MLP 30032, X3,4; **F**, cranidio / *cranidium*, MLP 30031, X2,2; **G**, pigidio / *pygidium*, MLP 30058, X3,6. **H**, *Akoldinioidia* sp., exoesqueleto preservado parcialmente / *partially preserved exoskeleton*, PIL 14241, X9,1. **I-Q**, *Asaphellus* cf. *aspinus* Robison y Pantoja-Alor; **I**, cranidio / *cranidium*, MLP 30088, X2,1; **J**, cranidio / *cranidium*, MLP 30041, X2,3; **K**, cranidio / *cranidium*, MLP 30097, X2,4; **L**, pigidio / *pygidium*, MLP 30048, X4,6; **M**, pigidio / *pygidium*, MLP 30044a, X1,7; **N**, pigidio / *pygidium*, MLP 30044b, X1,7; **O**, pigidio / *pygidium*, MLP 30036, X1,8; **P**, pigidio / *pygidium*, MLP 30047, X2; **Q**, pigidio / *pygidium*, PIL 14262, X2,1.

Material. Numerosos ejemplares completos, crani-dios, librígenas, tórax-pigidios y pigidios (PIL 13904-13905, 14249, 14250, 14252, 14255, 14256, 14263, 14267-14271, 15082-15088; MLP 29919-29922, 29924-29947, 29949, 29951-29953, 29955-29956, 29958, 29960, 29962, 29964, 29967-29978, 29980-29981, 29983, 29985-29986, 29988-29989, 29991-29992, 29994-29999, 30001, 30015, 30018-30019, 30021, 30023, 30025-30027, 30030, 30033-30034, 30037-30038, 30040-30043, 30045, 30047, 30049-30053, 30055-30062, 30064-30070, 30072, 30074-30078, 30083, 30085-30090, 30092, 30098-30100, 30102-30104), quebradas Azul y de la Llama.

Observaciones. Harrington y Leanza (1957) demostraron que "*Parabolina argentina*" presenta una serie de caracteres cefálicos altamente variables, entre los que

se cuentan el contorno de la glabella, el diseño de los surcos glabellares, el trazo de las ramas anteriores de la sutura facial, y las dimensiones del campo preglabellar y del borde anterior. Přebyl y Vaněk (1980) señalaron la fuerte similitud de este taxón con *Parabolina frequens* (Barrande, 1868), del Tremadociano Temprano de Alemania (Sdzuy, 1955), indicando que el primero apenas se diferencia porque posee un pigaxis más largo y, en algunos casos, un par menos de espinas pigidiales. Přebyl y Vaněk (1980) consideran a estos contrastes de valor subespecífico, mientras que Rushton (1982) y Zylinska (2001) consideran a *Parabolina argentina* como un sinónimo posterior de *Parabolina frequens*. La longitud del pigaxis constituye un carácter estable en los numerosos ejemplares coleccionados en

la Fm. Lampazar, lo que distingue al material argentino de los especímenes de *P. frequens frequens* descritos para el Cámbrico Tardío de Gales (Rushton, 1982: lám. 2, fig. 15; Prigmore *et al.*, 1999) y el Ordovícico basal de Alemania (Sdzuy, 1955: lám. 3, figs. 66-68).

Género **Angelina** Salter, 1859

Especie tipo. *Angelina sedgwickii* Salter, 1859 (Vogdes, 1890).

Angelina hyeronimi (Kayser, 1876)

Figuras 6.A-D, ?E, ?F, G

1876. *Arionellus hyeronimi* sp. nov. Kayser: 7, lám. 1, fig. 5.

1957. *Angelina hyeronimi* (Kayser). Harrington y Leanza: 99-101, fig. 35,1-11 (véase sinonimia).

1988. *Angelina hyeronimi* (Kayser). Pratt: 1605, fig. 8,I-K (véase sinonimia).

1999. *Angelina hyeronimi* (Kayser). Tortello *et al.*: 12-13, figs. 3.S-V.

Material. Dos ejemplares completos, 103 cranidios, 4 librígenas, 6 tórax-pigidios, 10 pigidios (PIL 14243, 14253, 14255-14256, 14265; MLP 30002-30011, 30013-30014, 30017, 30020, 30022, 30024, 30026, 30027, 30030-30035, 30037-30038, 30041-30043, 30045, 30048-30049, 30051-30053, 30057-30058, 30060, 30063, 30065, 30069-30070, 30072-30074, 30078-30081, 30083-30084, 30087, 30091, 30093-30094, 30096-30097), quebradas Azul y de la Llama.

Observaciones. *Angelina hyeronimi* se encuentra ampliamente representada en el Cámbrico Tardío-Ordovícico basal de Argentina y el sur de Bolivia (ej. Harrington y Leanza, 1957), así como en el Cámbrico Tardío de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968) y el ?Ordovícico Temprano de Canadá (Pratt, 1988). Harrington y Leanza (1957), Robison y Pantoja-Alor (1968) y Pratt (1988) discutieron sus caracteres diagnósticos y ampliaron su lista sinonímica. Como es común en la especie, el material de la Formación Lampazar exhibe cierta variabilidad en el grado de expresión de los surcos glabulares, los cuales se presentan apenas esbozados o ausentes. Por su parte, el material posee un surco occipital extremadamente somero, asemejándose en mayor medida al ejemplar ilustrado en Robison y Pantoja-Alor (1968: lám. 101, fig. 4).

Los cranidios ilustrados en las figuras 6.E-F se asignan a *A. hyeronimi* con dudas, ya que presentan un campo preglabular más reducido que el del resto de los ejemplares descritos para la especie.

Género **Parabolinella** Brögger, 1882

Especie tipo. *Parabolinella limitis* Brögger, 1882 (Bassler, 1915).

Parabolinella coelatifrons Harrington y

Leanza, 1957

Figuras 5.A-B

1957. *Parabolinella coelatifrons* sp. nov. Harrington y Leanza: 109, figs. 39,3a-h.

Material. Siete ejemplares completos, 4 cranidios-tórax-pigidios, 1 cranidio-tórax y 13 cranidios (PIL 13834, 13846, 14243, 14245-14247, 14250, 14256, 14258, 14266; MLP 29982, 23983), quebradas Azul y de la Llama.

Observaciones. Robison y Pantoja-Alor (1968) señalaron la alta correspondencia morfológica entre *Parabolinella coelatifrons* Harrington y Leanza (1957: figs. 39,3a-h) y *Angelina hyeronimi* (Kayser) (Harrington y Leanza, 1957: fig. 35,1-11), sugiriendo que el primero podría ser un sinónimo posterior de este último (véase también Tortello *et al.*, 1999; Zylinska, 2001). No obstante, Harrington y Leanza (1957) describieron finas estrías en el campo preglabular de *P. coelatifrons*, las cuales están ausentes en *Angelina hyeronimi*. Esta ornamentación se encuentra ampliamente representada en las especies del género *Parabolinella* Brögger y es visible, con luz lateral, en el holotipo de *P. coelatifrons* y en los ejemplares estudiados aquí.

Parabolinella coelatifrons se diferencia de la especie tipo *P. limitis* Brögger, del Tremadociano Tardío de Noruega (Henningsmoen, 1957: lám. 1, fig. 8; lám. 12, figs. 1-5), porque exhibe surcos glabulares más someros y las ramas anteriores de la sutura facial subparalelas. A su vez, se diferencia de *P. tumifrons* Robison y Pantoja-Alor, del Cámbrico Tardío de Méjico (Robison y Pantoja-Alor, 1968: lám. 102, figs. 10-16), por su campo preglabular plano o levemente convexo y el surco preglabular menos redondeado. Otras especies del género se distinguen más claramente de *P. coelatifrons* porque poseen una glabella subrectangular [ej. *P. argentinensis* Kobayashi; *P. triarthra* (Callaway); *P. triarthroides* Harrington].

Subfamilia PELTURINAE Hawle y Corda, 1847

Género **Beltella** Lake, 1919

Especie tipo. *Ellipsocephalus depressus* Salter, 1859, por designación original.

Beltella ulrichi (Kayser, 1897)

Figuras 5.C, F, J

1897. *Liostracus ulrichi* sp. nov. Kayser: 277, lám. 7, figs. 1, 1a, 4.

1957. *Beltella ulrichi* (Kayser). Harrington y Leanza: 88-89, fig. 28.1 (véase sinonimia).

2001. *Leptoplastides ulrichi* (Kayser). Zylinska: 364-366, text-fig. 20, lám. 12, figs. 8-13, lám. 13, figs. 1-2 (véase sinonimia).

Material. 27 ejemplares completos, cranidios, céfalotórax y tórax-pigidios (PIL 14242, 14244, 14259, 14263, 14264), quebrada Azul.

Observaciones. *Beltella ulrichi* ha sido descrito en escasas localidades del noroeste argentino y Bolivia (Iruya, río Santa Victoria, Salitre; véase Harrington y Leanza, 1943, 1957; Pribýl y Vaněk, 1980) formando parte de asociaciones asignables al Cámbrico Tardío. A su vez, la especie también fue descrita en el Cámbrico Tardío de Polonia (Zylinska, 2001) y Escandinavia (Nikolaisen y Henningsmoen, 1985).

Beltella ulrichi es muy afín a la especie tipo *Beltella depressa* (Salter), del Tremadociano basal de Gales y Newfoundland (Fortey y Owens, 1989: text.-fig. 2, lám. 1.A-F; Rushton, 1982: lám. 3, fig. 12), pero la primera se distingue porque presenta un pigidio más elongado lateralmente (Fortey y Owens, 1989) (véase figura 5.C).

Subfamilia PLICATOLININAE Robison y Pantoja-Alor, 1968

Género *Plicatolina* Shaw, 1951

Especie tipo. *Plicatolina kindlei* Shaw, 1951, por designación original.

Plicatolina scalpta Harrington y Leanza, 1957
Figuras 5.D-E

1957. *Plicatolina scalpta* sp. nov. Harrington y Leanza: 111, 113, figs. 40, 41.1-9 (véase sinonimia).

Material. Dos céfalo-tórax, 3 cranidios, 2 fragmentos torácicos (PIL 14244, 14248, 14254; MLP 29923), quebradas Azul y de La Llama.

Observaciones. Harrington y Leanza (1957: figs. 40, 41.1-9) describieron *P. scalpta* con gran detalle y destacaron su similitud con la especie tipo *P. kindlei* Shaw, del Cámbrico Tardío de Vermont (Shaw, 1951) y Gales (Rushton, 1982) y el Cámbrico Tardío-Ordovícico Temprano de China (Lu y Lin, 1984). El material estudiado exhibe el campo preglabellar más reducido que otros ejemplares ilustrados del taxón, contraste que carecería de valor específico.

Orden ASAPHIDA Salter, 1864 *emend.* Fortey y Chatterton, 1988

Superfamilia ASAPHOIDEA Burmeister, 1843
Familia ASAPHIDAE Burmeister, 1843

Género *Asaphellus* Callaway, 1877

Especie tipo. *Asaphus homfrayi* Salter, 1866, por designación original.

Asaphellus cf. *aspinus* Robison y Pantoja-Alor, 1968
Figuras 6.I-Q

Material. 14 cranidios, 5 librigenas fragmentarias y 18 pigidios (PIL 14262; MLP 30026, 30036-30038, 30040-30041, 30044-30049, 30051-30054, 30057, 30060, 30062, 30070-30071, 30077, 30082, 30084, 30088, 30094-30095, 30097), quebradas Azul y de la Llama.

Observaciones. El material es muy similar a *Asaphellus aspinus* Robison y Pantoja-Alor (1968: lám. 98, figs. 1-11), del Cámbrico Tardío de Méjico, en virtud de que presenta una glabela de contorno semielíptico, apenas definida por surcos axiales muy tenues, con un nodo axial delicado; un área frontal cóncava de buen desarrollo; ramas anteriores de la sutura facial divergentes; lóbulos palpebrales casi en contacto

con la glabela, situados por detrás del punto medio de esta última; un pigidio semicircular, con un axis poco diferenciado de los campos pleurales y un doblez ventral amplio, provisto de una protuberancia axial que se sitúa entre el extremo posterior del pigaxis y el margen pigidial. Si bien los ejemplares descritos aquí exhiben un nodo glabellar mejor definido, el surco del borde pigidial algo más somero y la región post-pigaxial más amplia (sag.), estos contrastes podrían carecer de valor específico.

Asaphellus cf. *aspinus* se distingue de *A. convexus* Benedetto, del Cámbrico Tardío de la quebrada de la Vizcacha (sierra de Cajas) (Benedetto, 1977b: lám. 2, figs. 8-13), porque posee un borde cranial anterior más amplio (sag.), librigenas sin espinas, un surco del borde pigidial más somero, la región posterior de los campos pleurales más amplia, y una singular protuberancia sobre el doblez ventral.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a F. G. Aceñolaza y A. C. Riccardi por su asesoramiento y la lectura crítica del manuscrito. G. F. Aceñolaza colaboró activamente en los trabajos de campo. R. Suárez-Soruco proporcionó información sobre *Tarayagnostus* y D. Choi facilitó bibliografía específica. D. Ruiz Holgado realizó los esquemas, V. Melemenis llevó a cabo tareas técnicas y J. Rodríguez tuvo a cargo el revelado y copiado de las fotografías. E. W. Marquina y O. Orozco (Minera Aguilar) brindaron hospedaje y apoyo durante las campañas. Las valiosas sugerencias de los revisores, E. Clarkson y B. Waisfeld, mejoraron el manuscrito original. Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, el Instituto Superior de Correlación Geológica y la Universidad Nacional de La Plata.

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1966. [Contribución al conocimiento geológico y paleontológico de la región del Espinazo del Diablo, Dpto. Humahuaca, Jujuy. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Inédito].
- Aceñolaza, F.G. 1968. Geología estratigráfica de la región de la Sierra de Cajas, Dpto. Humahuaca (Provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 23: 207-222.
- Aceñolaza, F.G. 1983. The Tremadocian beds and the Cambrian-Ordovician boundary problems in Latin America. En: *Papers for the Symposium on the Cambrian-Ordovician and Ordovician-Silurian Boundaries*, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, Nanjing, pp. 88-93.
- Aceñolaza, F.G. y Fernández, R.I. 1978. Trazas fósiles en el Ordovícico Inferior de la sierra de Cajas, Jujuy. *Acta Geológica Lilloana, Supl.* 14: 33-37.
- Aceñolaza, G.F. y Nieva, S. 2001. Sobre algunas acumulaciones fosilíferas en el Ordovícico Inferior de la Cordillera Oriental Argentina. *Boletín Geológico y Minero* 112: 35-42.
- Ahlfeld, F. y Branisa, L. 1960. *Geología de Bolivia*. Ed. Don Bosco, La Paz, Bolivia, 245 pp.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B. y Barnes, C.R. 1999. Conodontes del intervalo del límite Cámbrico-Ordovícico en la Formación Volcancito, Sistema de Famatina, Argentina. *Temas Geológico-Mineros, Instituto Tecnológico Geominero de España* 26: 521-526.
- Alonso, R.N., Malanca, S. y Sureda, R.J. 1982. Consideraciones sobre el Ordovícico de la sierra de Aguilar, Jujuy, Argentina.

- Revista del Instituto de Ciencias Geológicas, Universidad Nacional de Jujuy* 5: 15-37.
- Barrande, J. 1868. *Faune Silurienne des environs de Hof, en Baviere*. Prague, pp. 31-110, 1 pl.
- Bassler, R.S. 1915. Bibliographic index of American Ordovician and Silurian fossils. *Bulletin of the United States Natural Museum* 92: 1-152.
- Benedetto, J.L. 1977a. Algunas consideraciones acerca de la posición del límite Cambro-Ordovícico en América del Sur. *Geos* 23: 3-11.
- Benedetto, J.L. 1977b. Una nueva fauna de trilobites tremadocianos de la Provincia de Jujuy (Sierra de Cajas), Argentina. *Ameghiniana* 14: 186-214.
- Bottjer, D. y Savrda, C. 1993. Oxygen-related mudrock biofacies. *Sedimentology Review* 1: 92-102.
- Brenchley, P. 1985. Storm influenced sandstone beds. *Modern Geology* 9: 369-396.
- Brenchley, P., Romano, M. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1986. Proximal and distal hummocky cross-stratified facies on a wide Ordovician shelf in Iberia. En: R. Knight. y J. McLean (eds.), *Shelf sands and sandstones*, Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir II: 241-255.
- Brenchley, P., Pickerill, R. y Stromberg, S. 1993. The role of wave reworking on the architecture of storm sandstone facies, Bell Island Group (Lower Ordovician), eastern Newfoundland. *Sedimentology* 40: 359-382.
- Brögger, W.C. 1882. Die Silurischen Etagen 2 und 3 im Kristianiagebiet und auf Eker. *Universitats programm, Kristiania* (Oslo) viii + 376 pp., 14 pls. .
- 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, pl. 24.
- Castellano, H.A. 1963. Faunas Ordovícicas. En: *Guía Paleontológica Argentina*, Publicación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina: 41-145.
- Erdtmann, B.D. 1986. Early Ordovician eustatic cycles and their bearing on punctuations in early nematophorid (planktic) graptolite evolution. *Lecture Notes in Earth Sciences* 8: 139-152.
- Ergaliev, G.K. 1983. Some Upper Cambrian and Lower Ordovician trilobites of Bolyshoi Karatau and Ulutau. En: M.K. Apollonov, S. M. Bandaletov y N.K. Ivshin (eds.), *The Lower Palaeozoic Stratigraphy and Palaeontology of Kazakhstan*, Nauka Kazakh SSR Publishing House, Alma-Ata, pp. 35-66.
- Esteban, S.B. 1999. [Estratigrafía, geología sedimentaria y paleontología del Ordovícico basal del Sistema de Famatina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán. Inédito].
- 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 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 *Beltella*. *Proceedings of the Bristol Naturalists' Society* 49: 69-79.
- Fortey, R.A. y Rushton, A.W.A. 1980. *Acanthopleurella* Groom, 1902: origin and life habits of a miniature trilobite. *Bulletin of the British Museum (Natural History) Geology* 33: 79-89.
- Fortey, R.A., Landing, E. y Skevington, D. 1982. Cambrian-Ordovician boundary sections in the Cow-Head Group, Western Newfoundland. En: M.G. Basset y W.T. Dean (eds.), *The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossils distributions, and correlations*, National Museum of Wales, Geological Series 3: 95-129.
- Frederickson, E.A. 1958. Lower Tremadocian trilobites from Venezuela. *Journal of Paleontology* 32: 541-543.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1943. La faunula del Tremadociano inferior de Salitre, Bolivia. *Revista del Museo de La Plata, (nueva serie), Sección Paleontología*, 2: 343-356.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. Ordovician trilobites of Argentina. *Department of Geology, University of Kansas Special Publication* 1: 1-276.
- Henningsmoen, G. 1957. The trilobite family Olenidae, with description of Norwegian material and remarks on the Olenid and Tremadocian Series. *Skrifter Utgitt av det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo I Matematisk-Naturvidenskapelig Klasse* 1957(1): 303 pp., 31 pls.
- Howell, B.F. 1935. Cambrian and Ordovician trilobites from Hérault, southern France. *Journal of Paleontology* 9: 222-238.
- Jell, P.A. 1978. Trilobite respiration and genal caeca. *Alcheringa* 2: 251-260.
- Jell, P.A., Hughes, N.C. y Brown, A.I. 1991. Late Cambrian (post-Idamean) trilobites from the Higgins Creek area, western Tasmania. *Memoirs of the Queensland Museum* 30: 455-485.
- Kayser, E. 1876. Über primordiale und untersilurische Fossilien aus der Argentinischen Republik. *Palaeontographica, Supplementum* 3, Lieferung 2, Theil II. En: *Actas de la Academia Nacional de Ciencias* 8: 297-332, tablas 1-5 (traducción al español).
- Kayser, E. 1897. Beiträge zur Kenntnis einiger paläozoischer Faunen Südamerikas. *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft* 49: 274-317, pls. 7-12.
- Kobayashi, T. 1936. On the *Parabolinella* Fauna from Province Jujuy, Argentina with a note on the Olenidae. *Japanese Journal of Geology and Geography* 13: 85-102.
- Kobayashi, T., 1937. The Cambro-Ordovician shelly faunas of South America. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo, Section 2*, 4: 369-522, 8 pls.
- Lake, P. 1906. A Monograph of the British Cambrian Trilobites. *Palaeontographical Society, London, Monograph*, pp. 1-28, pls. 1-2.
- Lake, P. 1919. A Monograph of the British Cambrian Trilobites. *Palaeontographical Society, London, Monograph*, pp. 89-120, pls. 11-14.
- Lermontova, E.V. 1951. Upper Cambrian trilobites and brachiopods from Boshchekul (northeast Kazakhstan). *Vsesoiuznyi Nauchno-Issledovatel'skii Geologicheskii Institut, Gosudarstvennoe Izdatel'stvo*, Moscow, 49 pp.
- Lisogor, K.A. 1977. Upper Cambrian and Tremadoc biostratigraphy and trilobites of Malyy Karatau (southern Kazakhstan). *Trudy Instituta Geologii i Geofiziki Novosibirsk* 313: 197-265.
- Lu, Y. y Lin H. 1984. Late late Cambrian and earliest Ordovician trilobites of Jiangshan-Changshan Area. En: *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary*, Anhui Science and Technology Publishing House, Nanjing, 1: 45-143.
- Lu, Y., Zhou Z.Q. y Zhou Z.Y. 1984. New materials of *Onychopyge* faunas, with a discussion on the evolution of *Onychopyge* (Trilobita). *Bulletin of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica* 7: 69-126.
- Ludvigsen, R. 1982. The Cambrian-Ordovician boundary in the western District of Mackenzie, Canada. En: M.G. Basset y W.T. Dean (eds.), *The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossils distributions, and correlations*, National Museum of Wales, Geological Series 3: 141-153.
- Manca, N. 1992. El género *Lotagnostus* (Trilobita, Agnostida) en la Formación Santa Rosita (Jujuy, Argentina) y su significado cronológico. *Ameghiniana* 29: 45-48.
- Méndez, V. 1973. Geología de la comarca de Mina "Aguilar" y alrededores, Departamento Humahuaca (Provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 28: 319-330.
- Miller, J.K. 1984. Cambrian and earliest Ordovician conodont evolution, biofacies and provincialism. *Geological Society of America Special Paper* 196: 43-68.
- Miller, J.F. 1992. The Lange Ranch Eustatic Event: a regressive-transgressive couplet near the base of the Ordovician System. En: B.D. Webby y J.R. Laurie (eds.), *Global perspectives on Ordovician Geology*, Rotterdam, pp. 395-407.
- Müller, K.J. y Walossek, D. 1987. Morphology, ontogeny, and life

- habit of *Agnostus pisiformis* from the Upper Cambrian of Sweden. *Fossils and Strata* 19: 1-124.
- Nicoll, R.S., Nielsen, A.T., Laurie, J.R. y Shergold, J.H. 1992. Preliminary correlation of latest Cambrian to Early Ordovician sea level events in Australia and Scandinavia. En: B.D. Webby y J.R. Laurie (eds.), *Global perspectives on Ordovician Geology*, Rotterdam, pp. 381-394.
- Nielsen, A.T. 1997. A review of Ordovician agnostid genera (Trilobita). *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* 87: 463-501.
- Nikolaisen, F. y Henningsmoen, G. 1985. Upper Cambrian and Lower Tremadoc olenid trilobites from the Digermul peninsula, Finnmark, northern Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse Bulletin* 400: 1-49.
- O'Brien, N. 1996. Shale lamination and sedimentary processes. En: A. Kemp (ed.), *Palaeoclimatology and palaeoceanography from laminated sediments*, Geological Society Special Publication 116: 23-36.
- Ortega, G. y Rao R.I. 1995. Nuevos hallazgos de graptolitos (Ordovícico Inferior) en la sierra de Cajas, Departamento Humahuaca, Provincia de Jujuy, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias* 60: 293-316.
- Owens, R.M., Fortey, R.A., Cope, J.C.W., Rushton, A.W.A. y Bassett, M.G. 1982. Tremadoc faunas from the Carmarthen district, South Wales. *Geological Magazine* 119: 1-38.
- Palmer, A.R. 1955. Upper Cambrian agnostidae of the Eureka district, Nevada. *Journal of Paleontology* 29: 86-101.
- Pedersen, G. 1985. Thin, fine-grained storm layers in muddy shelf sequences: an example from the Lower Jurassic in the Stenhille 1 Well, Denmark. *Journal of the Geological Society of London* 142: 357-373.
- Peng, S.C. 1992. Upper Cambrian biostratigraphy and trilobite faunas of the Cili-Taoyuan area, northwestern Hunan, China. *Memoir of the Association of Australasian Palaeontologists* 13: 1-119.
- Pratt, B.R. 1988. An Ibexian (Early Ordovician) trilobite faunule from the type section of the Rabbitkettle Formation (southern Mackenzie Mountains, Northwest Territories). *Canadian Journal of Earth Sciences* 25: 1595-1607.
- Pribýl, A. y Vaněk, J. 1980. Ordovician trilobites of Bolivia. *Rozpravy Československé Akademie Ved* 90(2): 1-90, 24 pl.
- Prigmore, J.K., Rushton, A.W.A. y Owens, R.M. 1999. Tremadoc Series in Wales and England. pp. 97-124. En: A.W.A. Rushton, A.W. Owen, R.M. Owens y J.K. Prigmore (eds.), *British Cambrian to Ordovician Stratigraphy*, Geological Conservation Review Series, Peterborough, 435 pp.
- Qian, Y. 1986. Trilobites. En: J.Y. Chen (ed.), *Aspects in Cambrian-Ordovician boundary in Dayangcha, China*, China Prospect Publishing House, Beijing, pp. 255-313.
- Rao, R.I. 1999. Los conodontes Cambro-Ordovícicos de la sierra de Cajas y del Espinazo del Diablo, Cordillera Oriental, República Argentina. *Revista Española de Micropaleontología* 31: 23-51.
- Rao, R.I. y Hünicken, M.A. 1995. Conodont biostratigraphy of the Cambrian-Ordovician boundary in northwestern Argentina. *Ordovician Odyssey: Short Papers for the seventh International Symposium on the Ordovician System*, 125-128.
- Raymond, P.E. 1924. New Upper Cambrian and Lower Ordovician trilobites from Vermont. *Proceedings of the Boston Society of Natural History* 37: 389-466, lám. 12-14.
- Reineck, H. y Singh, I. 1972. Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud. *Sedimentology* 18: 123-128.
- Rhoads, D.C. y Morse, J. W. 1971. Evolutionary and ecologic significance of oxygen deficient marine basins. *Lethaia* 4: 413-428.
- Rine, J. y Ginsburg, R. 1985. Depositional facies of a mud shoreface in Suriname, South America - a mud analogue to sandy shallow-marine deposits. *Journal of Sedimentary Petrology* 55: 633-652.
- Robison, R.A. 1972. Mode of life of agnostoid trilobites. *International Geological Congress, 24th Session (Montreal), Section 7*, 33-40.
- Robison, R.A. y Pantoja-Alor, J. 1968. Tremadocian trilobites from the Nochixtlán region, Oaxaca, Mexico. *Journal of Paleontology* 42: 767-800.
- Rusconi, C. 1951. Más trilobitas cámbricos de San Isidro, Cerro Pelado y Canota. *Revista del Museo de Historia Natural de Mendoza* 5: 3-30.
- Rushton, A.W.A. 1982. The biostratigraphy and correlation of the Merioneth-Tremadoc Series boundary in North Wales. En: M.G. Bassett y W.T. Dean (eds.), *The Cambrian-Ordovician boundary: sections, fossils distributions, and correlations*, National Museum of Wales, Geological Series 3: 41-59.
- Salfity, J.A., Malanca, S., Moya, M.C., Monaldi, C.R. y Brandán, E.M. 1984. El límite Cámbrico-Ordovícico en el norte de la Argentina. *9° Congreso Geológico Argentino, Actas* 1: 568-575.
- Salter, J.W. 1849. Figures and descriptions illustrative of British organic remains. *Memoirs Geological Survey U. K., decade 2*, 39 pp.
- Salter, J.W. 1859. En: R.I. Murchinson, *Siluria* (3rd. edition), London, John Murray.
- Salter, J.W. 1866. A Monograph of British Trilobites, Part 3. *Palaeontographical Society, London, Monograph, volume for 1864*, pp. 129-176, pls. 15-25.
- Sánchez, T.M. 2000. The oldest record of Rostroconchia (Mollusca) from western Gondwana (Cordillera Oriental, northwestern Argentina). *Ameghiniana* 37: 265-269.
- Savrdá, C. y Bottjer, D. 1991. oxygen-related biofacies in marine strata: an overview and update. En: R. Tyson y T. Pearson (eds.), *Modern and Ancient Continental Shelf Anoxia*, Geological Society Special Publication 58: 201-219.
- Sdzuy, K. 1955. Die Fauna der Leimitz-Schiefer (Tremadoc). *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft* 492: 1-74.
- Shaw, A.B. 1951. The paleontology of northwestern Vermont. I. New Late Cambrian trilobites. *Journal of Paleontology* 25: 97-114.
- Shergold, J.H. 1972. Late Upper Cambrian trilobites from the Gola Beds, western Queensland. *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bulletin* 112: 1-127.
- Shergold, J.H. 1975. Late Cambrian and Early Ordovician trilobites from the Burke River Structural Belt, Western Queensland, Australia. *Bulletin of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics* 153 (2 volúmenes), 251 pp., 58 lám.
- Shergold, J.H. 1977. Classification of the trilobite *Pseudagnostus*. *Palaeontology* 20: 69-100.
- Shergold, J.H. 1981. Towards a global Late Cambrian agnostid biochronology. *2° International Symposium on the Cambrian System, Short Paper*: 208-214.
- Shergold, J.H., Laurie, J.R. y Sun, X. 1990. Classification and review of the trilobite Order Agnostida Salter, 1864: an Australian perspective. *Report of the Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics* 296, 93 pp.
- Sinjakov, V.I. y Fedjanina, E.S. 1962. Lower Ordovician deposits of the Kazaskogo iron ore layer in the Sorii Mountains. *Material Geologii Zapadnoi Sibiri* 63: 41-55.
- Sohn, J.W. y Choi, D.K. 2002. An Uppermost Cambrian trilobite fauna from the Yongwol Group, Taebaeksan Basin, Korea. *Ameghiniana* 39: 59-76.
- 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.
- Suárez-Soruco, R. 1975. Nuevos trilobites del Tremadociano inferior del sur de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos* 4: 129-146.
- Suárez Soruco, R. 1976. El Sistema Ordovícico en Bolivia. *Revista Técnica YPF* 5(2): 111-223.
- Tortello, M.F. 2003. Biostratigraphic significance of the latest Cambrian-earliest Ordovician agnostoid trilobites from northwestern Argentina. *Geologica Acta* 1: 61-72.
- Tortello, M.F. y Aceñolaza, G.F. 1993. Trilobites agnóstidos del li-

- mite Cámbrico-Ordovícico de la Formación Lampazar, Sierra de Cajas, Provincia de Jujuy, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 8: 177-184.
- Tortello, M.F. y Bordonaro, O.L. 1997. Cambrian agnostoid trilobites from Mendoza, Argentina: a systematic revision and biostratigraphic implications. *Journal of Paleontology* 71: 74-86.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 1997. Significado bioestratigráfico de una asociación de trilobites del tramo basal de la Formación Volcancito (Sistema de Famatina, La Rioja, Argentina). *Ameghiniana* 34: 265-270.
- Tortello, M.F. y Esteban, S.B. 1999. La transición Cámbrico-Ordovícico en la Formación Volcancito (sierra de Famatina, La Rioja, Argentina). *Ameghiniana* 36: 371-387.
- 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.
- Tortello, M.F., Rábano, I., Rao, R.I. y Aceñolaza, F.G. 1999. Los trilobites de la transición Cámbrico-Ordovícico en la quebrada Amarilla (sierra de Cajas, Jujuy, Argentina). *Boletín Geológico y Minero* 110: 555-572.
- Vogdes, A.W. 1890. A bibliography of Palaeozoic Crustacea from 1698 to 1889, including a list of North American species and a systematic arrangement of genera. *U.S. Geological Survey Bulletin* 63: 177 pp.
- Whitehouse, F.W. 1936. The Cambrian faunas of north-eastern Australia. Part 1: Stratigraphical outline; Part 2: Trilobita (Miomera). *Memoirs of the Queensland Museum* 11: 59-112, fig. 1-4, lám. 8-10.
- Whittington, H.B. et al. 1997. *Treatise on Invertebrate Paleontology*, Part O, Arthropoda 1, Trilobita (Revised).
- Wignall, P.B. 1994. *Black shales*. Clarendon Press, Oxford, 127 pp.
- Xiang, L.W. y Zhang, T.R. 1985. Systematic description of trilobites. En: J.B. Wang (ed.), *Stratigraphy and Trilobite Faunas of the Cambrian in the Western Part of Northern Tianshan, Xinjiang*. Geological Memoirs of the Ministry of Geology and Mineral Resources of People's Republic of China (Series 2) 4: 64-136.
- Zhang, T.R. 1981. Trilobita. En: *Paleontological Atlas of Northwest China, Xinjiang, Volume 1*, Geological Publishing House, Beijing, pp. 134-213.
- Zhou, Z.Y. y Zhang, J.L. 1984. Uppermost Cambrian and lowest Ordovician trilobites of Northeast China. En: *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China, Cambrian-Ordovician Boundary (2)*, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Anhui Science and Technology Publishing House, Hefei, pp. 63-163.
- Zylinska, A. 2001. Late Cambrian trilobites from the Holy Cross Mountains, central Poland. *Acta Geologica Polonica* 51: 333-383.

Recibido: 10 de setiembre de 2002.

Aceptado: 12 de diciembre de 2002.