

Conodontes y graptolitos de las formaciones Alfarcito y Rupasca (Tremadociano) en el área de Alfarcito, Tilcara, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina.

Parte 1: Bioestratigrafía



Fernando J. ZEBALLO¹, Guillermo L. ALBANESI² y Gladys ORTEGA²

Abstract. CONODONT AND GRAPTOLITE FAUNAS FROM THE ALFARCITO AND RUPASCA FORMATIONS (TREMADOCIAN) FROM THE ALFARCITO AREA, TILCARA, ORIENTAL CORDILLERA OF JUJUY, ARGENTINA. PART 1: BIOSTRATIGRAPHY. The conodont fauna corresponds to the *Cordylodus angulatus* and *Paltodus deltifer* zones (*Paltodus deltifer pristinus* Subzone), and graptolites represent *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald). The conodonts recovered suggest a late early to early late Tremadocian age, and the graptolite species is the youngest representative of the group registered in the Eastern Cordillera up to date. A preliminary biostratigraphic scheme with mentioned biozones and associated trilobites is presented for the study area. The conodont fauna is similar to that of the Atlantic Realm, but it includes also some characteristic taxa of the Midcontinent Realm. This mixture of taxa, typical of northwestern Argentina, is assigned to the Transitional Faunal Realm.

Resumen. Se analizan las faunas de conodontes y graptolitos de las formaciones Alfarcito y Rupasca en la localidad tipo de estas unidades, el área de Alfarcito, en cercanías de Tilcara, provincia de Jujuy. La fauna de conodontes corresponde a las zonas de *Cordylodus angulatus* y *Paltodus deltifer* (Subzona de *Paltodus deltifer pristinus*). Los graptolitos pertenecen a la especie *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald). La asociación de conodontes sugiere una edad tremadociana temprana alta a tardía baja y los registros de graptolitos son los más jóvenes hasta ahora hallados para esta especie en la Cordillera Oriental. Se presenta un esquema bioestratigráfico preliminar con las biozonas mencionadas y los registros de trilobites asociados para el área. La fauna de conodontes se asemeja a la del Reino Atlántico, si bien incluye algunos taxones característicos del Reino Midcontinent. Esta asociación de taxones, típica del noroeste argentino, se asigna al Reino Faunístico de Transición.

Key words. Conodonts. Graptolithina. Early Ordovician. Alfarcito. Jujuy. Argentina. Biostratigraphy.

Palabras clave. Conodonts. Graptolithina. Ordovícico temprano. Alfarcito. Jujuy. Argentina. Bioestratigrafía.

Introducción

El área de Alfarcito se enmarca en la provincia geológica de la Cordillera Oriental argentina, en el flanco oriental de la quebrada de Humahuaca. Se relevaron y muestrearon las secciones correspondientes a la quebrada de Casa Colorada y a la quebrada de San Gregorio, que junto a la quebrada de Rupasca confluyen en el río Huasamayo, tributario del río Grande (figura 1). Los afloramientos ordovícicos integran las formaciones Casa Colorada, Alfarcito y Rupasca, definidas por Harrington y Leanza (1957), quienes además estudiaron detalladamente los trilobites de estas unidades. Otros autores que contribu-

yeron al conocimiento del área fueron Daniel (1940), López y Nullo (1969) y Moya (1988).

La parte superior de la Formación Casa Colorada presenta un predominio de lutitas de color gris oscuro, con escasas intercalaciones de areniscas. La Formación Alfarcito es una unidad heterolítica de lutitas y areniscas potentes, con abundantes trazas en los paquetes psamíticos. En la quebrada de San Gregorio esta secuencia exhibe intercalaciones de calcarenitas en su mitad superior, y muestra la misma litología en la quebrada de Casa Colorada sólo en su porción cuspidal. La Formación Rupasca se presenta como una unidad eminentemente pelítica, de colores gris-oscuro y verdoso, con delgadas intercalaciones de areniscas y concreciones calcáreas. Una descripción más detallada de la geología del área de estudio puede encontrarse en Zeballo y Tortello (2005).

En la Formación Casa Colorada, hasta el momento, únicamente se hallaron trilobites pertenecientes a la Zona de *Parabolina frequens argentina*,

¹Museo de Paleontología, FCEfyN, Av. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina. fzeballo@hotmail.com

²CONICET - Museo de Paleontología, FCEfyN, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 299, 5000 Córdoba, Argentina. galbanes@com.uncor.edu, gcortega@arnet.com.ar

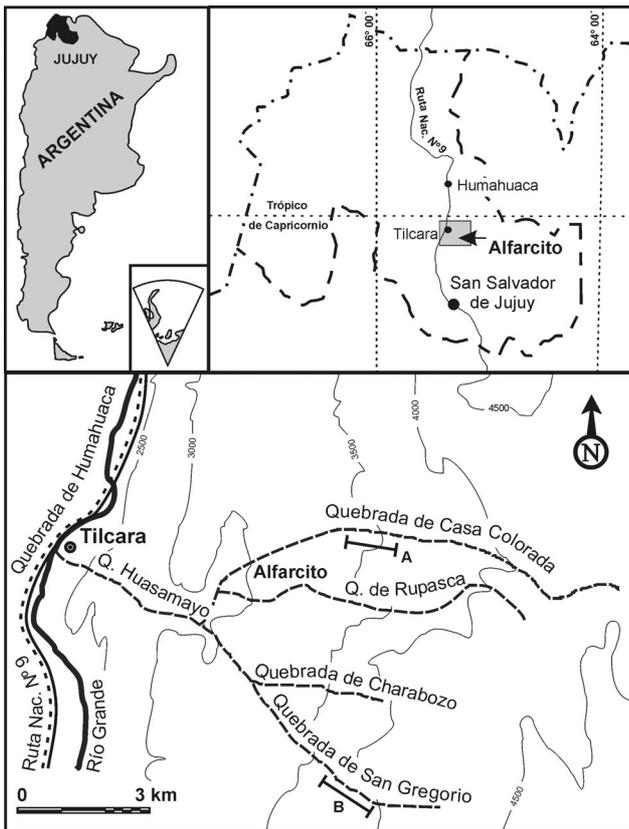


Figura 1. Mapa de ubicación del área de Alfarcito (modificado de López y Nullo, 1969, y Mon *et al.*, 1993). A y B, secciones estudiadas / Location map of the Alfarcito area (modified after López and Nullo, 1969, and Mon *et al.*, 1993). A and B, studied sections.

por lo cual en el presente trabajo sólo se tuvieron en cuenta a las formaciones Alfarcito y Rupasca, que además proporcionaron 23 muestras calcáreas con conodontes y microfósiles asociados. De éstas, 12 fueron tomadas de estratos calcareníticos de la primera unidad y 11 corresponden a concreciones calcáreas de la segunda unidad citada. En el tramo más alto de la Formación Alfarcito, en la quebrada de San Gregorio, se localizó un nivel arenoso con numerosos radosomas de graptolitos pertenecientes a la subespecie *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* (Eichwald).

Bioestratigrafía

Intervalo con *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*

Los registros de *Rhabdinopora flabelliformis* s.l. (Eichwald) en la Cordillera Oriental son numerosos (e.g., Turner, 1960 a-b; Aceñolaza, 1983; Moya *et al.*,

1994). El hallazgo de esta especie fue extensamente considerado como indicador de la base del Tremadociano. Sin embargo, en los últimos años se estableció que la base de este piso está marcada por la aparición del conodonte *lapetognathus fluctivagus* Nicoll *et al.* (1999). Cooper *et al.* (1998) reconocieron la presencia de varias subespecies de *R. flabelliformis*, extendiéndose por encima de la Zona de *R. praeparabola*, en el Tremadociano inferior. La diagnosis de muchos de los hallazgos de *R. flabelliformis* del noroeste argentino es, en general, incierta y requiere revisión.

Rhabdinopora f. flabelliformis se registra en el tramo superior de la Formación Alfarcito en el perfil de San Gregorio, asociado a conodontes de la Zona de *Cordylodus angulatus* (figura 2). Los graptolitos proceden de estratos arenosos con ondulitas. La colección, compuesta exclusivamente por *R. f. flabelliformis*, contiene abundantes radosomas maduros, pero escasos estadios astogenéticos tempranos, sículas y formas juveniles, lo que indicaría una selección hidrodinámica diferencial. Es particularmente destacable la presencia de estructuras de flotación (nematularios de tres membranas) en casi todas las colonias.

El registro puntual de *R. f. flabelliformis* en la Formación Alfarcito no permite reconocer la biozona a la que pertenece esta fauna. De acuerdo a estudios recientes, este taxón se extiende a través de la Zona de *Anisograptus matanensis* del Tremadociano inferior, pero también se registra en las Zonas de *R. f. anglica* (Tremadociano inferior alto) y *Adelograptus* (Tremadociano superior bajo) (Cooper *et al.*, 1998; Cooper, 1999).

La presencia de conodontes de la Zona de *Paltodus deltifer* (Subzona de *Paltodus deltifer pristinus*) 10 metros más arriba de los registros con *R. f. flabelliformis*, sugiere que el material estudiado pertenecería a las zonas de *R. f. anglica* (Tremadociano inferior alto) o de *Adelograptus* (Tremadociano superior bajo), siguiendo el esquema de correlación de Cooper (1999). Esta asignación constituye uno de los registros más altos para esta especie en Argentina.

El intervalo con *R. f. flabelliformis* de la Formación Alfarcito, ubicado en el tramo superior de la Zona de *C. angulatus*, puede correlacionarse tentativamente con la parte cuspidal de la Formación Cardonal en la sierra de Cajas, en la cual se identificara la asociación de *Adelograptus tenellus* con *C. angulatus* y *K. meridionalis* (Ortega y Rao, 1995). También es posible correlacionar este intervalo con la base de la Formación Saladillo aflorante en el Angosto de Lampazar, donde por encima de una asociación con *K. meridionalis* y *C. angulatus* se registra *Bryograptus* sp. (Tortello y Rao, 2000; Albanesi *et al.*, 2001; Ortega y Albanesi, 2002).

Zona de *Cordylodus angulatus*

El límite inferior de esta biozona en el área de Alfarcito está dado por la primera aparición de la especie epónima y el límite superior por la aparición de la especie *Paltodus deltifer pristinus* (Viira). Debido a la escasez de elementos cordylodiformes, el límite inferior en la quebrada de Casa Colorada lo constituye la fauna asociada, representada particularmente por la primera aparición de la especie *Rossodus tenuis* (Miller), registrada conjuntamente con *Cordylodus angulatus* Pander en otras localidades del mundo, e.g., Terranova, Canadá (Ji y Barnes, 1994). En la quebrada de San Gregorio, este límite está definido tentativamente por la aparición de *Cordylodus* sp., en asociación con *Teridontus nakamurai* (Nogami) (figura 2).

La fauna asociada a *Cordylodus angulatus* comprende algunas especies de amplio rango bioestratigráfico como *Teridontus nakamurai* s.l., *Teridontus obesus* Ji y Barnes, y *Drepanodus arcuatus* Pander. *Phakelodus elongatus* (An), *Problematoconites perforatus* Müller y *Coelocerodontus* sp. se encuentran también presentes en el Cámbrico Superior de Suecia y China, entre otros países (Müller, 1971; Müller y Hinz, 1991; An, 1982), por lo que es probable que algunos componentes de estas formas hayan sido retrabajados y transportados de niveles subyacentes. Un transporte de elementos alóctonos es previsible dada la naturaleza de las coquinas productoras de conodontes cuyo origen es mixto, es decir que pueden implicar varios procesos de acumulación con retrabajo y transporte anterior a su depositación final (Kidwell, 1991). La presencia de las nuevas especies *Drepanoistodus alfarцитensis* n. sp., *Drepanoistodus* n. sp. A, *Semiacontiodus striatus* n. sp., *Semiacontiodus minutus* n. sp. y *Utahconus* n. sp. A permite un mejor control bioestratigráfico del área. Las dos primeras especies aparecen igualmente, en ambas secciones, una a continuación de la otra y presentan abundancia de ejemplares, lo cual sugiere que podrían ser utilizadas en estudios posteriores como fósiles guías a nivel regional. *Cordylodus intermedius* Furnish es una especie de amplia distribución geográfica y representa a la biozona homónima, si bien en el presente caso constituye un hallazgo puntual. *Iapetognathus* sp. y *Cordylodus* sp. aparecen asociadas en esta biozona. Las especies de *Iapetognathus* y *Cordylodus* están mejor representadas en las biozonas subyacentes, y fueron utilizadas para la definición del límite Cámbrico-Ordovícico, si bien el rango de dichos géneros se extiende hasta el Tremadociano superior (Nicoll *et al.*, 1999). Rao *et al.* (1994) informan sobre el hallazgo de *Utahconus utahensis* (Miller) en el área de Purmamarca. *Variabiloconus variabilis* (Lindström) y *Rossodus tenuis* (Miller) se describen por primera vez para Argentina. *Rossodus manitouensis* Repetski y Ethington está documentada

por pocos elementos, y los morfotipos no resultan diagnósticos, por cuya razón su asignación es dudosa. En América del Norte, esta especie y *Rossodus tenuis* (Miller) dan nombre a las biozonas homónimas del reino paleobiogeográfico Midcontinent, indicando una edad tremadociana tardía baja (Ji y Barnes, 1994; Löfgren, 1997). *Monocostodus sevierensis* (Miller) es una especie característica del reino Midcontinent y se ha encontrado en abundancia en los niveles superiores de la Formación Cardonal en la quebrada de Incamayo, provincia de Salta (Rao y Tortello, 1998). Los elementos drepanodiformes de difícil clasificación fueron asignados tentativamente a *Drepanodus?* cf. *concaucus* (Branson y Mehl) (*sensu* Löfgren, 1997). La presencia de esta asociación fósil señala una edad tremadociana temprana alta a tardía baja.

Cordylodus angulatus Pander se presenta en diversas regiones (ver correlación bioestratigráfica) nominando a la biozona homónima, tanto para el reino paleobiogeográfico Atlántico como para el Midcontinent (e.g., Ethington y Clark, 1982; Miller, 1988; Ji y Barnes, 1994; Löfgren, 1997). Lindström (1971) define por primera vez esta unidad en la región báltica. En Argentina, Suárez Riglos *et al.* (1982) identifican especies de *Cordylodus*, tales como *C. proavus* y *C. oklahomensis*, en niveles superiores de la Formación Lampazar, en la sierra de Cajas, atribuyéndolas a la Zona de *C. angulatus*, si bien no hallaron la especie nominal. Rao y Hünicken (1995), Rao (1999) y Tortello y Rao (2000) definen esta biozona en el tramo inferior de la Formación Cardonal. Tortello *et al.* (1999) amplían su extensión hasta los niveles superiores de dicha formación. Esta biozona ha sido reconocida también en la Formación Volcancito, Sistema de Famatina (Albanesi *et al.*, 1999).

La biozona de *Cordylodus angulatus* se halla ampliamente representada a nivel mundial; e.g., México (Robison y Pantoja-Alor, 1968), Estados Unidos (Furnish, 1938; Orndorff, 1988; Orndorff *et al.*, 1988; Harris *et al.*, 1995), Canadá (Nowlan, 1985; Bagnoli *et al.*, 1987; Ji y Barnes, 1994), Rusia (Pander, 1856), Suecia (Lindström, 1955, 1971; van Wamel, 1974; Löfgren, 1996), Australia (Druce y Jones, 1971; Jones, 1971; Nicoll, 1990), Irán (Müller, 1973) y China (Chen y Gong, 1986; An, 1987; Chen *et al.*, 1988).

Zona de *Paltodus deltifer* (Subzona de *Paltodus deltifer pristinus*)

El límite inferior de esta biozona en el área de estudio está dado por la primera aparición de la especie epónima, en el tramo inferior de la Formación Rupasca en los perfiles de Casa Colorada y San Gregorio (figura 2). La presencia de la especie guía *Paltodus deltifer pristinus* en el área de Alfarcito y la ausencia

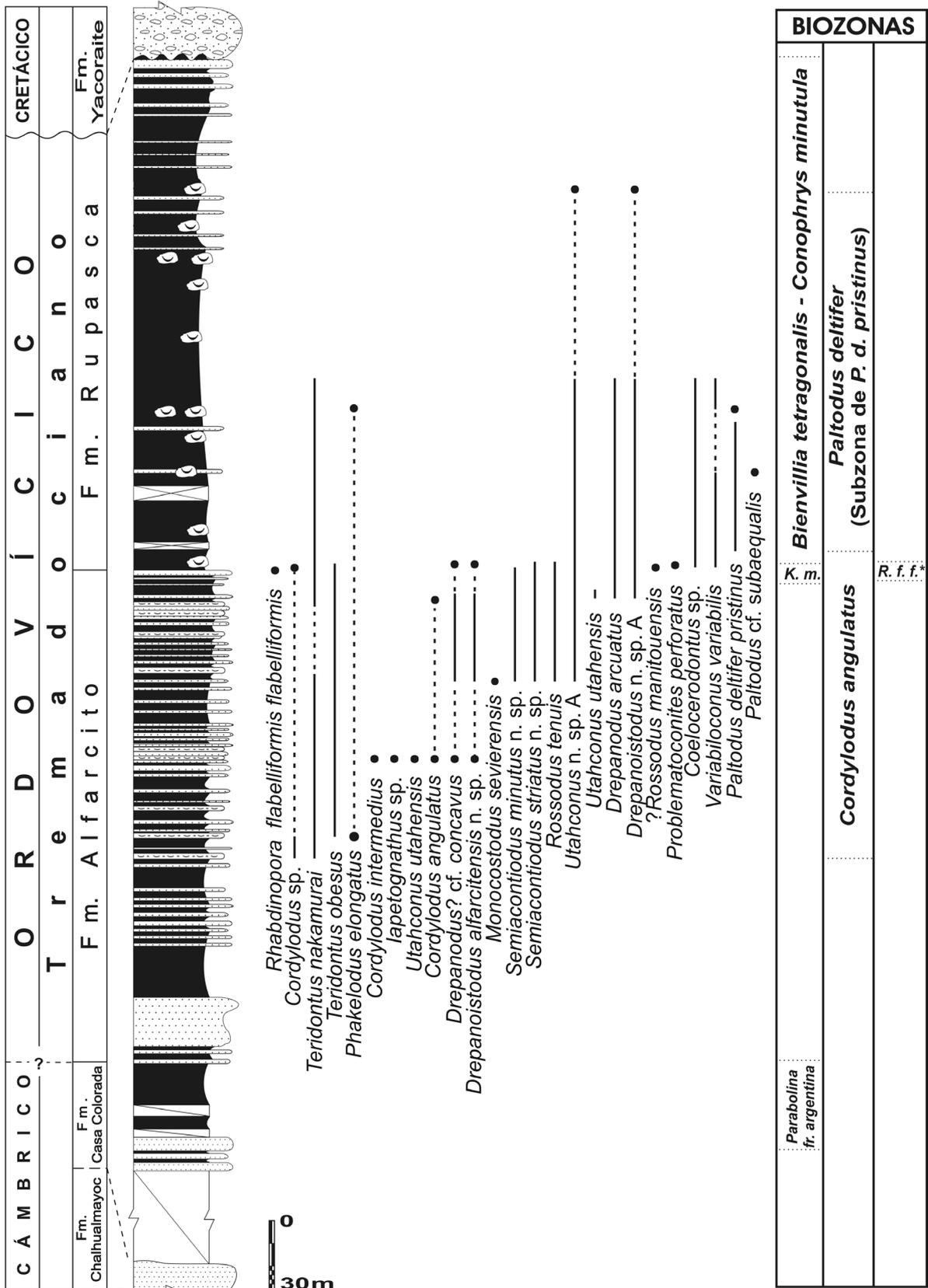


Figura 2. Columna estratigráfica compuesta del área de Alfarcito con los rangos de conodontes y graptolitos. / Composite stratigraphic column of the Alfarcito area with ranges of conodonts and graptolites. (P.f.a.: Zona de Parabolina frequens argentina / Parabolina frequens argentina Zone, K.m.: Zona de Kainella meridionalis / Kainella meridionalis Zone, R.f.f.*: Intervalo con Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis / Interval with Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis).

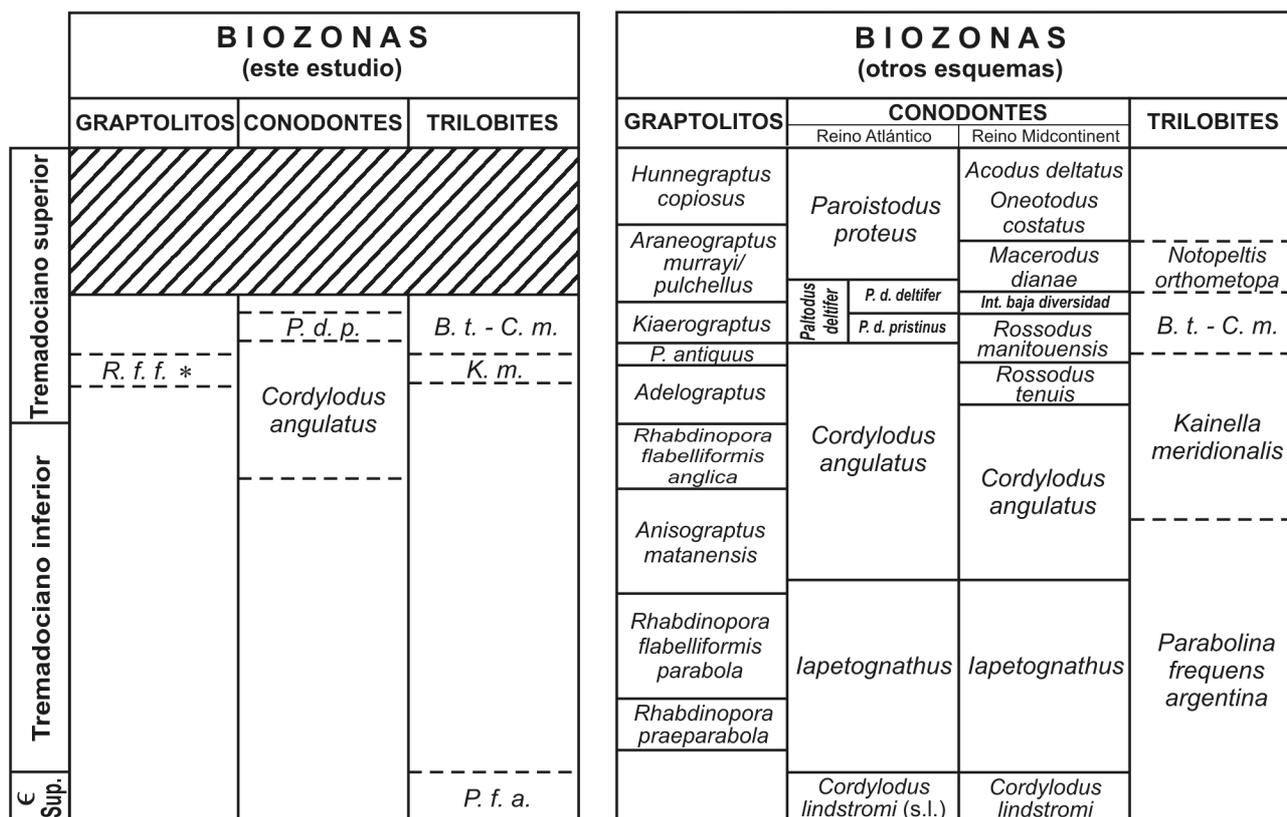


Figura 3. Esquema bioestratigráfico de este estudio (izquierda) y por otros autores (derecha) (modificado de Zeballo et al. (2003) / Biostratigraphic scheme from this study (left), and other authors (right) (modified from Zeballo et al. (2003) (Cooper, 1999; Löfgren, 1997; Harrington y Leanza, 1957; Moya et al., 1994; Tortello y Rao, 2000; Pyle y Barnes, 2002; Ortega y Albanesi, 2002). (P.f.a.: Zona de *Parabolina frequens argentina* / *Parabolina frequens argentina* Zone, K.m.: Zona de *Kainella meridionalis* / *Kainella meridionalis* Zone, B.t.-C.m.: Zona de *Bienvillea tetragonalis-Conophrys minutula* / *Bienvillea tetragonalis-Conophrys minutula* Zone, P.d.p.: Subzona de *Paltodus deltifer pristinus* / *Paltodus deltifer pristinus* Subzone, R.f.f. *: Intervalo con *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* / Interval with *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*).

de *P. d. deltifer*, acotarían el intervalo bioestratigráfico a la primera subzona homónima.

La fauna asociada en el área de Alfarcito incluye a las especies ya presentes en la biozona anterior como *Teridontus nakamurai* (Nogami), *Drepanoistodus* n. sp. A, *Drepanodus arcuatus* Pander, *Phakelodus elongatus* (An), *Coelocerodontus* sp. y *Utahconus* n. sp. A. *Variabiloconus variabilis* Lindström es un taxón que se distribuye hacia ambas márgenes del océano Iapetus en la parte más alta de la Biozona de *Paltodus deltifer* (Löfgren et al., 1999). *Paltodus* cf. *subaequalis* Pander se ha encontrado en Suecia, en la Biozona de *Paltodus deltifer*, junto con la especie *Paltodus deltifer deltifer* (Löfgren, 1997). La edad indicada por la asociación faunística descrita es tremadociana tardía baja.

Lindström (1971) define esta biozona para el Reino Atlántico. Posteriormente, Löfgren (1996) define dos subzonas para la Zona de *Paltodus deltifer*: la Subzona de *Paltodus deltifer pristinus* y la Subzona de *Paltodus deltifer deltifer*. La Biozona de *Paltodus deltifer*

fue citada por primera vez en Argentina por Keller et al. (1994), en la sección del cerro La Silla, Precordillera de San Juan. Lehnert (1995a, b) identifica una fauna en dicho tramo que relaciona con esta biozona. Heredia (1995) estudia una asociación de conodontes de esta biozona en el conglomerado basal de la Formación Empozada, Precordillera de Mendoza, si bien no se registró la presencia de la especie epónima. En la localidad de Nazareno, Cordillera Oriental de Salta, es reconocida por Manca et al. (1995) en la Formación Santa Rosita. Aceñolaza y Albanesi (1997) identifican una fauna asignable a esta biozona perteneciente a los niveles cuspidales de la misma formación, en la localidad de Chucalezna, provincia de Jujuy, incluyendo los géneros *Drepanodus*, *Drepanoistodus*, *Rossodus*, *Teridontus*, *Tropodus* y *Utahconus*. Una fauna compuesta por *Paltodus deltifer* y especies de *Drepanodus*, *Drepanoistodus*, *Utahconus*, *Paroistodus* y *Teridontus* es descrita por Rao y Flores (1998) para los niveles superiores de la Formación Acoite en la sierra de Aguilar, Cordillera Oriental de Jujuy.

La Biozona de *Paltodus deltifer* fue descrita en numerosas oportunidades y con particular detalle en Suecia (Lindström, 1971; van Wamel, 1974; Bagnoli *et al.*, 1988; Löfgren, 1997), y también se registró en Estonia (Viira, 1970), Letonia (Dubinina, 1983) y Polonia (Szaniawski, 1980).

Esquema bioestratigráfico

El esquema bioestratigráfico obtenido (figura 3) muestra la correlación de la Zona de *Kainella meridionalis* con la parte alta de la Zona de *Cordylodus angulatus*, del Reino Atlántico, y la Zona de *Rossodus tenuis*, del Reino Midcontinent, de edad tremadociana temprana alta a tardía baja. A su vez, se verifica la correspondencia de las zonas de *Paltodus deltifer* y *Bienvillia tetragonalis-Conophrys minutula*, de edad tremadociana tardía baja. El intervalo hallado con *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* se corresponde también con los registros más altos de la Zona de *Cordylodus angulatus* y equivale temporalmente a la Zona de *Rhabdinopora flabelliformis anglica* o, posiblemente, a la Zona de *Adelograptus* del esquema establecido por Cooper (1999).

Consideraciones paleobiogeográficas

La fauna de conodontes registrada es similar a la estudiada por Rao y Tortello (1998) en la quebrada de Incamayo, provincia de Salta, y Rao (1999) en la sierra de Cajas, provincia de Jujuy. A nivel global, esta fauna se asemeja a aquellas coetáneas de la Región Báltica o Reino Atlántico (Lindström, 1955; Löfgren, 1997), aunque muestra también algunos elementos característicos del Reino Midcontinent, como los géneros *Rossodus*, *Monocostodus* y *Utahconus* (Ji y Barnes, 1994; Orndorff, 1988; Nowlan, 1985).

Rao (1999) asigna la fauna de conodontes presente en la sierra de Cajas al Reino Faunístico de Transición (T), que Dubinina (1991) ubica en latitudes bajas a medias. A una interpretación comparable arriban Albanesi *et al.* (1999) para los paleoambientes de la Formación Volcancito, Sistema de Famatina. La composición faunística sería producto de mezcla de formas propias de los reinos fríos y cálidos propuestos por Miller (1984), que comenzarían a diferenciarse a partir del Tremadociano tardío.

Conclusiones

Se identificó un intervalo con *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis*, probablemente perteneciente a la Zona de *Adelograptus*. El hallazgo de *Rhabdinopora flabelliformis flabelliformis* 10 m por debajo de la Zona de

Paltodus deltifer constituye uno de los registros más altos conocidos para esta especie. Los rabdosomas encontrados pertenecen a ejemplares adultos con escasos estadios astogénéticos iniciales y se los halló, en algunos casos, sobre ondulitas. Estos datos indican la existencia de una selección por corrientes en un ambiente de alta energía.

Se determinaron dos biozonas de conodontes: *Cordylodus angulatus* y *Paltodus deltifer* (Subzona de *Paltodus deltifer pristinus*).

En base a la asociación faunística hallada se asigna una edad tremadociana temprana -tardía baja para la Formación Alfarcito y tremadociana tardía baja para la Formación Rupasca.

El índice de alteración del color 3 que exhiben los conodontes recuperados indica una temperatura de soterramiento de 110°-200° para las rocas portadoras. La fauna de conodontes es similar a la estudiada por Rao y Tortello (1998) en la quebrada de Incamayo, donde hay un predominio de formas del Reino Atlántico con participación de elementos del Reino Midcontinent. El área de Alfarcito, al igual que otras partes del noroeste argentino, pertenecería al Reino Faunístico de Transición (T) de latitudes bajas a medias (Dubinina, 1991).

Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1983. The Tremadocian beds and the Cambrian-Ordovician boundary problems in Latin America. *Papers for the Cambrian-Ordovician boundary, Academia Sinica*: 88-93.
- Aceñolaza, G.F. y Albanesi, G.L. 1997. Conodont-trilobite biostratigraphy of the Santa Rosita Formation (Tremadoc) from Chuculezna, Cordillera Oriental, northern Argentina. *Ameghiniana* 34: 113.
- 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 ITGE* 26: 521-526.
- Albanesi, G.L., Ortega, G. y Zeballo, F.J. 2001. Late Tremadocian conodont-graptolite biostratigraphy from NW Argentine basins. *The Guide Book, Abstracts and Ordovician Silurian Correlation Chart for the Joint Field Meeting of IGCP 410 and IGCP 421 in Mongolia, Ulan Bator; Extended Abstract*: 121-123.
- An, T.-X. 1982. [Study on the Cambrian conodonts from North Northeast China]. *Science Report of the Institute of Geoscience, section B* 3: 113-159.
- An, T.-X. 1987. [The Lower Paleozoic conodonts of South China]. Peking University Publication House, 238 pp.
- Bagnoli, G., Barnes, C. y Stevens, R. 1987. Lower Ordovician (Tremadocian) conodonts from Broom Point and Green Point, Western Newfoundland. *Bolletino della società Paleontologica Italiana* 25: 145-158.
- Bagnoli, G., Stouge, S. y Tongiorni, M. 1988. Acritarchs and conodonts from the Cambro-ordovician Furuhall (Köpingsklint) section (Öland, Sweden). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 94: 163-248.
- Chen, J.-Y. y Gong, W.-L. 1986. Conodonts. En: J.-Y. Chen (ed.), *Contributions to Dayangcha International Conference on Cambrian-Ordovician Boundary*. China Prospect Publishing House, pp. 93-223.

- Chen, J.-Y., Qian, Y.-Y., Zhang, J.-M., Lin, Y.-K., Yin, L.-M., Wang, Z.-H., Wang, Z.-Z., Yang, J.-D. y Wang, Y.-X. 1988. The recommended Cambrian-Ordovician global Boundary stratotype of the Xiaoyangqiao section (Dayangcha, Jilin Province), China. *Geological Magazine* 125: 415-444.
- Cooper, R.A. 1999. Ecostratigraphy, zonation and global correlation or earliest Ordovician planktic graptolites. *Lethaia* 32: 1-16.
- Cooper, R.A., Maletz, J., Haifeng, W. y Erdtmann, B.-D. 1998. Taxonomy and evolution of earliest Ordovician graptoloids. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 78: 3-32.
- Daniel, J. 1940. Sobre la constitución, deposición transgresiva y tectónica de los estratos mesozoicos de Alfarcito, departamento de Tilcara, provincia de Jujuy. *Universidad Nacional de La Plata, Tesis del Museo* 3: 1-69.
- Druce, E.C. y Jones, P.J. 1971. Cambro-Ordovician conodonts from the Burke river structural belt, Queensland. *Australian Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics, Bulletin* 110: 1-159.
- Dubinina, S.V. 1983. K stratigrafii po konodontam niznego i nizov srednego Ordovika severo-zapadnoj Latvii [Conodont stratigraphy of the Lower Ordovician and the lower part of the Middle Ordovician in North-West Latvia]. *Eesti Teaduste Akadeemia, Geologia* 32: 45-52.
- Dubinina, S.V. 1991. Upper Cambrian and Lower Ordovician conodont associations from open ocean paleoenvironments, illustrated by Batyrbay and Sarykum sections in Kazakhstan. En: C.R. Barnes y S.H. Williams (eds.), *Advances in Ordovician Geology. Geological Survey of Canada, Paper* 90-9: 107-124.
- Ethington, R.L. y Clark, D.L. 1982. Lower and Middle Ordovician conodonts in North America from the Ixex Area Western Millard County, Utah. *Brigham Young University Geology Studies* 28: 1-155.
- Furnish, W.M. 1938. Conodonts from the Prairie du Chien beds of the upper Mississippi Valley. *Journal of Paleontology* 12: 318-340.
- Harrington, H.J. y Leanza, A.F. 1957. *Ordovician trilobites of Argentina*. Department of Geology, University of Kansas. Special Publication 1, 276 pp.
- Harris, A.G., Repetski, J.E., Stamm, N.R. y Weary, D.J. 1995. Conodont age and CAI data for New Jersey. *United States Department of the Interior and United States Geological Survey, Open file report* 95-557: 1-31.
- Heredia, S.E. 1995. Conodontes Cámbricos y Ordovícicos en los bloques alóctonos del conglomerado basal de la Formación Empezada, Ordovicio Medio-Superior, San Isidro, Precordillera de Mendoza, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 60: 235-247.
- Ji, Z. y Barnes, C.R. 1994. Lower Ordovician conodonts of the St. George Group, Port au Port Peninsula, western Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana* 11: 1-149.
- Jones, P.J. 1971. Lower Ordovician conodonts from the Bonaparte Gulf Basin and the Daly River Basin, north-western Australia. *Australia Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Bulletin* 177: 1-80.
- Keller, M., Cañas, F., Lehnert, O. y Vaccari, N.E. 1994. The Upper Cambrian and Lower Ordovician of the Precordillera (Western Argentina): Some stratigraphic reconsiderations. *Newsletter on Stratigraphy* 31: 115-132.
- Kidwell, S.M., 1991. The stratigraphy of shell concentration. En: P.A. Allison y D.E.G. Briggs (eds.), *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. Plenum Press, New York: pp. 221-290.
- Lehnert, O. 1995a. Ordovizische Conodonten aus der Präkordillere Westargentiniens: Ihre Bedeutung für Stratigraphie und Paläogeographie. *Erlanger Geologische Abhandlungen* 125: 1-193.
- Lehnert, O. 1995b. The Tremadoc / Arenig transition in the Argentine Precordillera. En: J.D. Cooper, M.L. Droser y S.C. Finney (eds.), *Ordovician Odyssey: Short Papers for the Seventh International Symposium on the Ordovician System, Las Vegas, SEPM, Fullerton*: 145-148.
- Lindström, M. 1955. Conodonts from the lowermost Ordovician strata of south-central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 76: 517-604.
- Lindström, M. 1971. Lower Ordovician conodonts of Europe. En: W.C. Sweet y S.M. Bergström (eds.), *Symposium on conodont biostratigraphy. Memoirs of the Geological Society of America* 127: 21-61.
- Löfgren, A. 1996. Lower Ordovician conodonts, reworking, and biostratigraphy of the Orreholmen quarry, Västergötland, south-central Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 118: 169-183.
- Löfgren, A. 1997. Conodont faunas from the upper Tremadoc at Brattefors, south-central Sweden, and reconstruction of the *Paltodus* apparatus. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 119: 257-266.
- Löfgren, A.M., Repetski, J.E. y Ethington, R.L. 1999. Some trans-Iapetus conodont faunal connections in the Tremadocian. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 37: 159-173.
- López, C.R. y Nullo, F.E. 1969. Geología de la margen izquierda de la quebrada de Humahuaca, de Huacalera a Maimará, Departamento Tilcara, Provincia de Jujuy, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24: 173-182.
- Manca, N., Heredia, S.E., Hünicken, M.A. y Rubinstein, C. 1995. Macrofauna, Conodontes y Acritarcos de la Formación Santa Rosita (Tremadociano), Nazareno, Provincia de Salta, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 60: 267-276.
- Miller, J.F. 1984. Cambrian and earliest Ordovician conodont evolution, biofacies, and provincialism. En: D.L. Clark (ed.), *Conodont Biofacies and Provincialism. Geological Society of America, Special Paper* 196: 43-68.
- Miller, J.F. 1988. Conodonts as biostratigraphic tools for redefinition and correlation of the Cambrian-Ordovician boundary. *Geological Magazine* 125: 349-362.
- Mon, R., Rahmer, S. y Mena, R. 1993. Estructuras superpuestas en la Cordillera Oriental, Provincia de Jujuy, Argentina. *12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas* 3: 48-54.
- Moya, M.C. 1988. [Estratigrafía del Tremadociano en el tramo austral de la Cordillera Oriental argentina. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, 368 pp. Inédita].
- Moya, M.C., Malanca, S., Monteros, J.A. y Cuerda, A. 1994. Biostratigrafía del Ordovícico inferior en la Cordillera Oriental argentina basada en graptolitos. *Revista Española de Paleontología* 9: 91-104.
- Müller, K.J. 1971. Cambrian Conodont Faunas. *Memoirs of the Geological Society of America* 127: 5-20.
- Müller, K.J. 1973. Late Cambrian and Early Ordovician conodonts from Northern Iran. *Geological Survey of Iran, Report* 30: 5-76.
- Müller, K.J. y Hinz, I. 1991. Upper Cambrian conodonts from Sweden. *Fossils and Strata* 28: 1-153.
- Nicoll, R.S. 1990. The genus *Cordylodus* and a latest Cambrian-earliest Ordovician conodont biostratigraphy. *Journal of Australian Geology and Geophysics* 11: 529-558.
- Nicoll, R.S., Miller, J.F., Nowlan, G.S., Repetski, J.E. y Ethington, R.L. 1999. *Iapetonodus* (n. gen.) and *Iapetognathus* Landing, unusual earliest Ordovician multielement conodont taxa and their utility for biostratigraphy. *Brigham Young University Geology Studies* 44: 27-101.
- Nowlan, G.S. 1985. Late Cambrian and Early Ordovician conodonts from the Franklinian Miogeosyncline, Canadian Arctic Islands. *Journal of Paleontology* 59: 96-122.
- Orndorff, R.C. 1988. Latest Cambrian and Earliest Ordovician conodonts from the Conococheague and Stonehenge limestones of northwestern Virginia. *Bulletin of the United States Geological Survey* 1837-A: 1-18.

- Orndorff, R.C., Taylor, J.F. y Traut, R.W. 1988. Uppermost Cambrian and lowest Ordovician conodont and trilobite biostratigraphy in northwestern Virginia. *Virginia Minerals* 34: 13-20.
- Ortega, G. y Albanesi, G.L. 2002. Bioestratigrafía de graptolitos y conodontes del Tremadociano tardío de la Cordillera Oriental argentina. En: N. Cabaleri, C.A. Cingolani, E. Linares, M.G. López de Luchi, H.A. Osera y H.O. Panarello (eds.), *Actas del 15º Congreso Geológico Argentino* CD Rom, artículo nº 119: 542-547.
- 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 de Córdoba* 60: 293-316.
- Pander, C.H. 1856. *Monographie der fossilen Fische des silurischen Systems der russisch-baltischen Gouvernements*. Akademie der Wissenschaften, 91 pp.
- Pyle, L.J. y Barnes, C.R. 2002. *Taxonomy, evolution, and biostratigraphy of conodonts from the Kechika Formation, Skoki Formation, and Road River Group (Upper Cambrian to Lower Silurian), Northeastern British Columbia*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 227 pp.
- 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 Flores, F.J. 1998. Conodontes Ordovícicos (Tremadoc Superior) de la sierra de Aguilar, Provincia de Jujuy, República Argentina. Bioestratigrafía y tafonomía. *Revista Española de Micropaleontología* 30: 5-20.
- Rao, R.I. y Hünicken, M.A. 1995. Conodont biostratigraphy of the Cambrian-Ordovician boundary in northwestern Argentina. *7th International Symposium on the Ordovician System, Las Vegas*: 125-128.
- Rao, R.I. y Tortello, M.F. 1998. Tremadoc conodonts and trilobites from the Cardonal Formation, Incamayo Creek, Salta Province, northwestern Argentina. En: H. Szaniawski (ed.), *Proceedings of the 6th European Conodont Symposium (ECOS VI)*. *Palaeontologia Polonica* 58: 31-45.
- Rao, R.I., Hünicken, M.A. y Ortega, G. 1994. Conodontes y graptolitos del Ordovícico Inferior (Tremadociano-Arenigiano) en el área de Purmamarca, Provincia de Jujuy, Argentina. *Academia Brasileira de Ciencias. Anais* 66: 1-25.
- Robison, R.A. y Pantoja-Alor, J. 1968. Tremadocian trilobites from the Nochixtlán region, Oaxaca, México. *Journal of Paleontology* 42: 767-800.
- Suárez Riglos, M., Sarmiento, G.N. y Hünicken, M.A. 1982. La Zona de *Cordylodus angulatus* (Conodonto, Tremadociano inferior) en la sierra de Cajas, provincia de Jujuy, Argentina. *5º Congreso Latinoamericano de Geología*, Buenos Aires, *Actas* I: 775-778.
- Szaniawski, H. 1980. Conodonts from the Tremadocian chalcidony beds, Holy Cross Mountains (Poland). *Acta Palaeontologica Polonica* 25: 101-121.
- 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.
- Turner, J.C.M. 1960a. Estratigrafía de la sierra de Santa Victoria y adyacencias. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 41: 163-196.
- Turner, J.C.M. 1960b. Faunas graptolíticas de América del Sur. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 14: 5-180.
- van Wamel, W.A. 1974. Conodont biostratigraphy of the Upper Cambrian and Lower Ordovician of north-western Oland, south-eastern Sweden. *Utrecht Micropaleontology Bulletins* 10: 1-126.
- Viira, V. 1970. Konodonty Varanguskoj pachki (Verchnij Tremadok Estonii) [Conodonts of the Varangu Member (Estonian upper Tremadoc)]. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia, Keemia-Geoloogia* 19: 224-233.
- Zeballo, F.J. y Tortello, M.F. 2005. Trilobites del Cámbrico tardío-Ordovícico temprano del área de Alfarcito, Tilcara, Cordillera Oriental de Jujuy, Argentina. *Ameghiniana* 42:
- Zeballo, F.J., Albanesi, G.L., Ortega, G. y Tortello, M.F. 2003. Biostratigraphy of Ordovician sequences from Alfarcito area, Tilcara, Eastern Cordillera of Jujuy, Argentina. En: G.L. Albanesi, M.S. Beresi y S.H. Peralta (eds.), *Ordovician from the Andes. INSUGEO, Serie de Correlación Geológica* 17: 161-166.

Recibido: 30 de octubre de 2003.

Aceptado: 13 de mayo de 2004.