

REEVALUACIÓN DE LAS BIOZONAS DE *TETRAGRAPTUS PHYLLOGRAPTOIDES* Y *T. AKZHARENSIS* (ORDOVÍCICO INFERIOR, FLOIANO) DE LA CORDILLERA ORIENTAL ARGENTINA



BLANCA A. TORO¹ y BÁRBARA A. VENTO²

¹Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA Córdoba, Argentina. btorogr@mendoza-conicet.gob.ar

²Departamento de Geología y Paleontología, Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales, CCT-CONICET-Mendoza, C.C. 131, 5500 Mendoza, Argentina. bvento@mendoza-conicet.gob.ar

Resumen. En este trabajo se presentan nuevos ajustes y correlaciones del esquema bioestratigráfico del Ordovícico Inferior (Floiano) de la Cordillera Oriental. A partir de los registros de graptolitos de niveles correspondientes al tramo inferior de la Formación Acoite, expuestos en la Quebrada de Quinilicán (Sierra de Aguilar), se reevalúan las biozonas de *Tetragnostus phyllograptoides* y *T. akzharensis*. Se discute la distribución estratigráfica de los taxones y se compara con la observada en la comarca de Los Colorados. En la Biozona de *Tetragnostus phyllograptoides* se destaca, además de la especie guía, la presencia de *Tetragnostus approximatus* (Nicholson), *Tetragnostus* sp., *Balograptus geometricus* (Törnquist), *Cymatograptus demissus* (Törnquist) y *C. rigoletto* (Maletz, Rushton y Lindholm). En la parte inferior de la Biozona de *T. akzharensis* aparecen *T. amii* (Elles y Wood), *Cymatograptus protobalticus* (Monsen), *C. balticus* (Tullberg) y *Paradelograptus* sp., mientras que *Balograptus vacillans* (Tullberg), *Corymbograptus v-fractus tullbergi* (Monsen), *Trichograptus dilaceratus* (Herrmann), *Expansograptus latus* (Hall), *E. holmi* (Törnquist), *E. constrictus* (Hall), *Acrograptus gracilis* (Törnquist), y *A. filiformis* (Tullberg) se registran en la parte superior de la misma. Se corrobora la correlación regional de ambas biozonas en el borde occidental de la Cordillera Oriental. Se comenta la posible subdivisión de la Biozona de *T. akzharensis*, de acuerdo al esquema bioestratigráfico propuesto para Escandinavia, y se ajusta la correlación intercontinental de los niveles floianos del Noroeste Argentino. Se discuten las implicancias paleoecológicas de algunos taxones, las relaciones paleobiogeográficas con otras regiones de Gondwana, y se reafirma la fuerte afinidad con Baltoscandinavia durante el Ordovícico Inferior.

Palabras clave. Graptolitos. Ordovícico Inferior. Floiano. Cordillera Oriental. Bioestratigrafía. Correlación.

Abstract. REEVALUATION OF *TETRAGRAPTUS PHYLLOGRAPTOIDES* AND *T. AKZHARENSIS* BIOZONES (LOWER ORDOVICIAN, FLOIAN) FROM THE CORDILLERA ORIENTAL ARGENTINA. This paper presents new accuracies and correlations of the Lower Ordovician (Floian) biostratigraphic scheme of the Cordillera Oriental. The *Tetragnostus phyllograptoides* and *T. akzharensis* biozones are reevaluated based on graptolite records from the lower levels of the Acoite Formation, outcropping in the Quebrada de Quinilicán (Sierra de Aguilar). The stratigraphic range of the characteristic taxa is discussed and compared with that observed in Los Colorados area. In the *Tetragnostus phyllograptoides* Biozone, it is worth mentioning the presence of *Tetragnostus approximatus* (Nicholson), *Tetragnostus* sp., *Balograptus geometricus* (Törnquist), *Cymatograptus demissus* (Törnquist) and *C. rigoletto* (Maletz, Rushton and Lindholm) in addition to the index species. *Tetragnostus amii* (Elles y Wood), *Cymatograptus protobalticus* (Monsen), *C. balticus* (Tullberg) and *Paradelograptus* sp. appear in the lower part of the *T. akzharensis* Biozone, whereas *Balograptus vacillans* (Tullberg), *Corymbograptus v-fractus tullbergi* (Monsen), *Trichograptus dilaceratus* (Herrmann), *Expansograptus latus* (Hall), *E. holmi* (Törnquist), *E. constrictus* (Hall), *Acrograptus gracilis* (Törnquist), and *A. filiformis* (Tullberg) are recorded in the upper portion of the same biozone. The regional correlation of both biozones is corroborated on the western margin of the Cordillera Oriental. The possible subdivision of the *T. akzharensis* Biozone is commented, according to the biostratigraphic scheme recently proposed for Scandinavia, and a more accurate intercontinental correlation of Northwestern Argentina Floian levels is proposed. In addition, the paleoecological implications of some studied taxa and the paleobiogeographical relationships between Northwestern Argentina and other Gondwanan regions are discussed, and the strong affinity with Baltoscandinavia during the Lower Ordovician is validated.

Keywords. Graptolites. Lower Ordovician. Floian. Cordillera Oriental. Biostratigraphy. Correlation.

LAS revisiones taxonómicas, el análisis de las relaciones filogenéticas y las implicancias bioestratigráficas y paleoecológicas de las faunas de graptolitos del Paleozoico inferior se han incrementado notablemente en los últimos años (Maletz *et al.*, 2009; Rushton, 2011; Toro *et al.*, 2011; Cooper *et al.*, 2012). Esto consolida aún más el estudio de este grupo fósil

como una de las herramientas más importantes para el establecimiento de esquemas bioestratigráficos y de correlación geológica, tanto a escala local y regional como intercontinental (Webby *et al.*, 2004; Zalasiewicz *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2010). Siguiendo estas tendencias, los graptolitos ordovícicos del Noroeste Argentino también han sido intensi-

vamente estudiados durante la última década, especialmente aquellos provenientes de las sucesiones estratigráficas más ampliamente distribuidas y de mayor espesor, como las que representan el intervalo estratigráfico correspondiente a los pisos Tremadociano y Floiano de la Escala Cronoestratigráfica Internacional. Se definieron nuevas especies con criterios taxonómicos modernos, se revisaron aquellas poco conocidas y se propusieron esquemas bioestratigráficos más completos (Toro y Brussa, 2003; Toro y Maletz, 2007, 2008; Albanesi *et al.*, 2008; Moya y Monteros, 2011; entre otros). Sin embargo, las relaciones filogenéticas y paleoambientales de algunos de los taxones tradicionalmente utilizados como indicadores bioestratigráficos permanecen aún poco conocidas. El objetivo fundamental de este trabajo es discutir las nuevas precisiones cronoestratigráficas y de correlación surgidas a partir de la reevaluación taxonómica de los graptolitos de importancia bioestratigráfica del extremo norte de la Sierra de Aguilar y del área de Los Colorados. Este tipo de análisis constituye una base indispensable para ajustar las correlaciones geológicas previamente propuestas para el borde occidental de la Cordillera Oriental, como así también para avanzar en el conocimiento de otros aspectos menos desarrollados, como las implicancias paleoecológicas y paleogeográficas de los taxones estudiados. En un sentido más general, se pretende

aportar al conocimiento de la distribución global de los mismos, que permita postular correlaciones internacionales más precisas. Los resultados aquí presentados forman parte de la Tesis Doctoral de una de las autoras (B.V.).

El estudio taxonómico reciente del material coleccionado en el tramo inferior de la Formación Acoite, en la sección de Quinilicán (Sierra de Aguilar) brindó nuevos elementos para la identificación de la Biozona de *Tetragraptus phyllograptoides* y para el ajuste de la Biozona de *T. akzharensis*, y condujo a la revisión taxonómica y bioestratigráfica de los taxones registrados en niveles equivalentes expuestos más al sur, en la comarca de Los Colorados, donde estas biozonas fueron reconocidas previamente en las quebradas de Los Colorados y Agua Blanca (Fig. 1). Los ejemplares estudiados se encuentran comúnmente aplastados o rellenos con pirita. En algunos casos han sido afectados por distintos grados de deformación o metamorfismo incipiente, por lo que se hallan deficientemente preservados. Ocasionalmente se conservan ejemplares mejor conservados, sin deformación y en semi-relieve, que permiten la medición de las características morfométricas más importantes de la colonia y la observación de su extremo proximal. Las colecciones se encuentran depositadas en el repositorio de Paleoinvertebrados del Instituto Argentino de Nivología y Glaciología

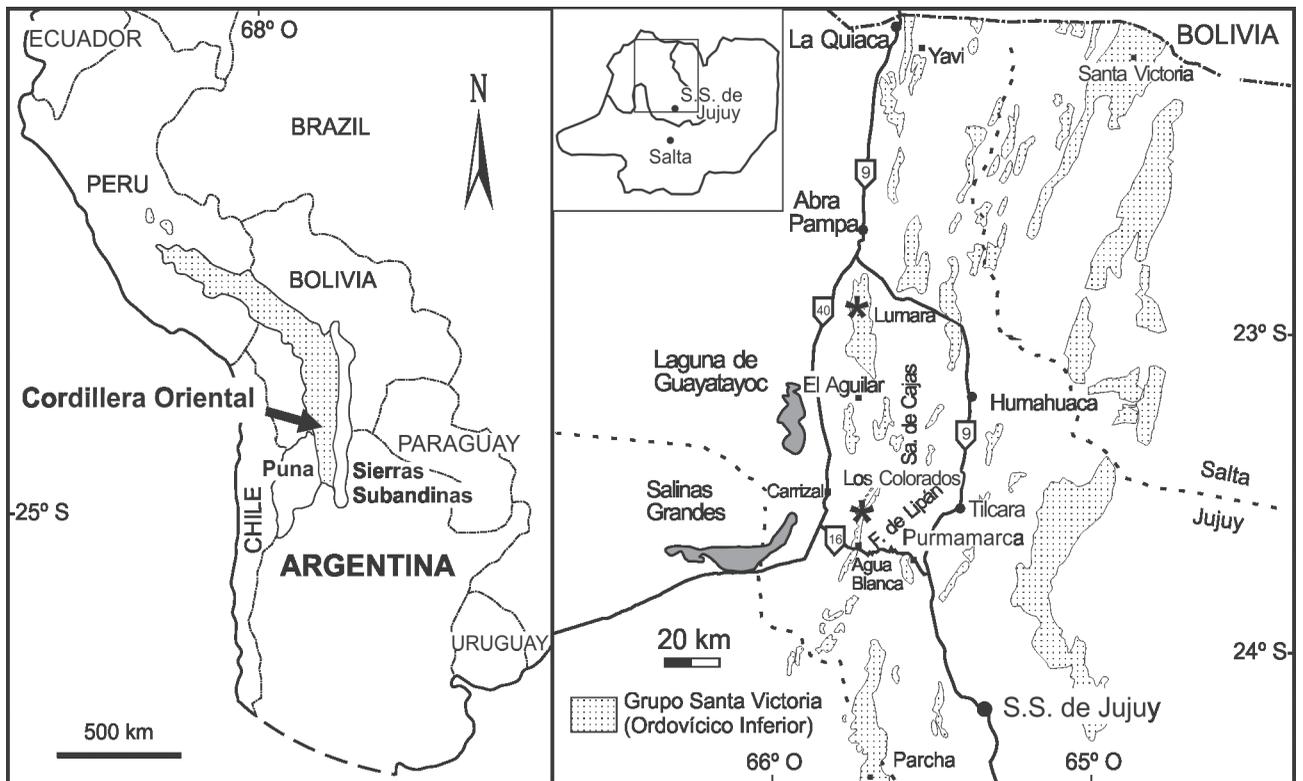


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio, modificado de Astini (2003).

del CCT-CONICET, Mendoza, Argentina, bajo la sigla **IANIGLA-PI**, y en el Centro de Investigaciones Paleobiológicas (CIPAL) de la Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina, correspondiendo a las numeraciones identificadas como **CEGH-UNC**.

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y MARCO GEOLÓGICO

El extremo norte de la Sierra de Aguilar y el área de Los Colorados constituyen dos comarcas clásicas para el estudio de la sucesión del Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. Ambas se encuentran ubicadas en longitudes similares, en la Provincia de Jujuy, y corresponden a los contrafuertes occidentales de la Cordillera Oriental (Fig. 1). Esta provincia geológica evolucionó en el sector sur de la Cuenca Andina Central de América del Sur, como parte del extenso sistema de antepaís desarrollado en el margen activo suroccidental de Gondwana (Bahlburg y Furlong, 1996; Astini, 2003). Los depósitos portadores de los graptolitos estudiados corresponden a la sucesión marina de plataforma del Grupo Santa Victoria (Cámbrico superior–Ordovícico Superior), que en el flanco occidental de la Cordillera Oriental se encuentra representado principalmente por las formaciones Santa Rosita y Acoite y separado del Grupo Mesón subyacente por la discordancia Irúyica. La discordancia Oclóyica lo separa de los depósitos glaciogénicos, equivalentes a la Formación Zapla, que lo suprayacen. De acuerdo a modelos geotectónicos recientes la sedimentación de la Formación Acoite se produjo sobre una rampa marina de bajo ángulo en el abultamiento periférico de la cuenca, correspondiente a la Cordillera Oriental, con aporte de sedimentos volcániclasticos desde el arco ubicado hacia el oeste y de abanicos deltaicos desarrollados hacia el este en el antepaís (Astini, 2003, 2008). Las secciones estratigráficas del extremo norte de la Sierra de Aguilar, correspondientes a dicha unidad, presentan un rumbo general NO–SE, poseen espesores del orden de los 600 m y se encuentran distantes aproximadamente 25 km al sur de la localidad de Abra Pampa. El acceso a las mismas se realiza desde la ruta nacional 40, pocos kilómetros hacia el este por caminos secundarios (Fig. 1). Los depósitos ordovícicos de la región han sido ampliamente estudiados tanto en relación a los yacimientos minerales, como a los distintos grupos fósiles que contienen, de los cuales los graptolitos constituyen el más abundante (Martin *et al.*, 1987; Sureda y Martín, 1990; Toro, 1996; Seggiaro, 2004, entre otros). Los niveles portadores de la graptofauna estudiada correspondientes al tramo inferior de la Formación Acoite, constituyen una sucesión de

pelitas arcillosas de color gris oscuro hacia la parte basal, que alternan con niveles de limolitas, bancos delgados de areniscas finas y materiales piroclásticos de colores amarillentos, grises claros y rosados hacia la parte media. Los bancos de areniscas finas a medias se vuelven más frecuentes hacia el techo y poseen escasos graptolitos. En la Figura 2 se representa la sección estratigráfica relevada en la Quebrada de Quinilicán y los rangos de distribución de los taxones y biozonas reconocidos. Se integran también algunos registros de taxones provenientes de las quebradas de Agua Chica y Lumará cuyas implicancias bioestratigráficas o paleoecológicas se discuten en el texto.

En la comarca de Los Colorados, que se extiende entre la Quebrada de Chamarra al norte y el Valle de Ronqui Agosto hacia el sur, el tramo inferior de la Formación Acoite se encuentra expuesto en las quebradas de Agua Blanca y Los Colorados (Astini *et al.*, 2004). Se accede a la Quebrada de

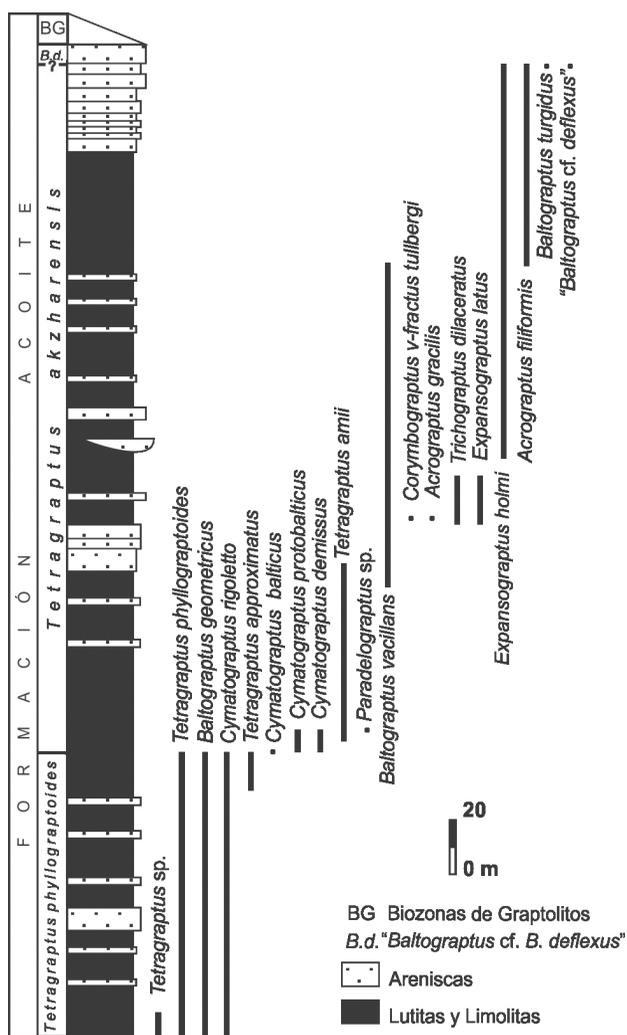


Figura 2. Columna estratigráfica generalizada del área de Quinilicán.

Los Colorados desde la ruta nacional 40 hacia el este, por el camino secundario que pasa por Carrizal, o desde la localidad de Purmamarca por la ruta nacional 52 hasta la localidad de Agua Blanca, y luego aproximadamente 14 km hacia el norte. El área ha sido objeto de numerosos trabajos paleontológicos (Astini y Waisfeld, 1993; Toro, 1997a; Toro y Maletz, 2008 y bibliografía allí citada). La estratigrafía del Paleozoico inferior y medio se encuentra ampliamente representada en esta comarca y ha sido exhaustivamente analizada por Astini *et al.* (2004). En la Figura 3 se presenta la columna estratigráfica integrada del tramo inferior de la Formación Acoite con la distribución de los taxones y las biozonas reconocidas

para el área de Los Colorados. Esta sección está constituida principalmente por lutitas y lutitas limosas grises oscuras y verdosas, que esporádicamente alternan con niveles de areniscas de pocos centímetros de espesor de grano fino a medio y concreciones estériles con estructuras "cono en cono". Estos depósitos han sido interpretados como correspondientes a una plataforma externa y su base se encuentra cubierta por relleno moderno en la Quebrada de Los Colorados y afectada por fallamiento en la Quebrada de Agua Blanca.

BIOESTRATIGRAFÍA

Los estudios realizados sobre los graptolitos de la Sierra de Aguilar resultan escasos hasta el presente. Martín *et al.* (1987) analizaron una graptofauna coleccionada en distintas localidades y brindaron una columna estratigráfica integrada para el Paleozoico inferior del área abarcada por este trabajo. Estos autores atribuyeron una edad arenigiana temprana a media (correspondiente al Floiano de la Escala Cronoestratigráfica Internacional) a los depósitos de la Formación Acoite. Sobre la base del hallazgo de *Tetragraptus approximatus* (Nicholson, 1873) en las quebradas de Quinilicán y Agua Chica, sugirieron la presencia de la zona homónima y asignaron ese tramo de la Formación Acoite al Arenigiano inferior. Sin embargo, recientemente Vento y Toro (2009) reportaron el hallazgo de *Tetragraptus phyllograptoides* (Strandmark, 1902) en la Quebrada de Quinilicán, confirmando la presencia de la biozona homónima y certificando la existencia de niveles correspondientes al Floiano temprano en el extremo norte de la Sierra de Aguilar.

En el área de estudio no se han encontrado graptolitos en niveles ubicados por debajo de los correspondientes a esta biozona hasta el momento, aunque niveles del Tremadociano tardío (Biozona de *Hunnegraptus copiosus*) se encuentran en otras áreas de la Cordillera Oriental ubicadas hacia el este y sur de la Sierra de Aguilar, en la Puna Oriental y en el sur de Bolivia (Maletz y Egenhoff, 2001; Brussa *et al.*, 2003; Albanesi *et al.*, 2008 y trabajos allí citados).

Numerosos autores identificaron sucesivamente las biozonas de *Tetragraptus phyllograptoides* y *T. akzharensis* en distintas secciones del borde occidental de la Cordillera Oriental (Brussa *et al.*, 2003; Albanesi *et al.*, 2008) y también en el área de Santa Victoria, en el borde oriental de la misma (Toro, 1999). Las mencionadas biozonas fueron reconocidas también por otros autores en depósitos correspondientes a las formaciones La Alumbreira y Portezuelo de las Minitas, en el Sistema de Famatina (Toro, 1997b; Aceñolaza y Gutiérrez-Marco, 2000, respectivamente).

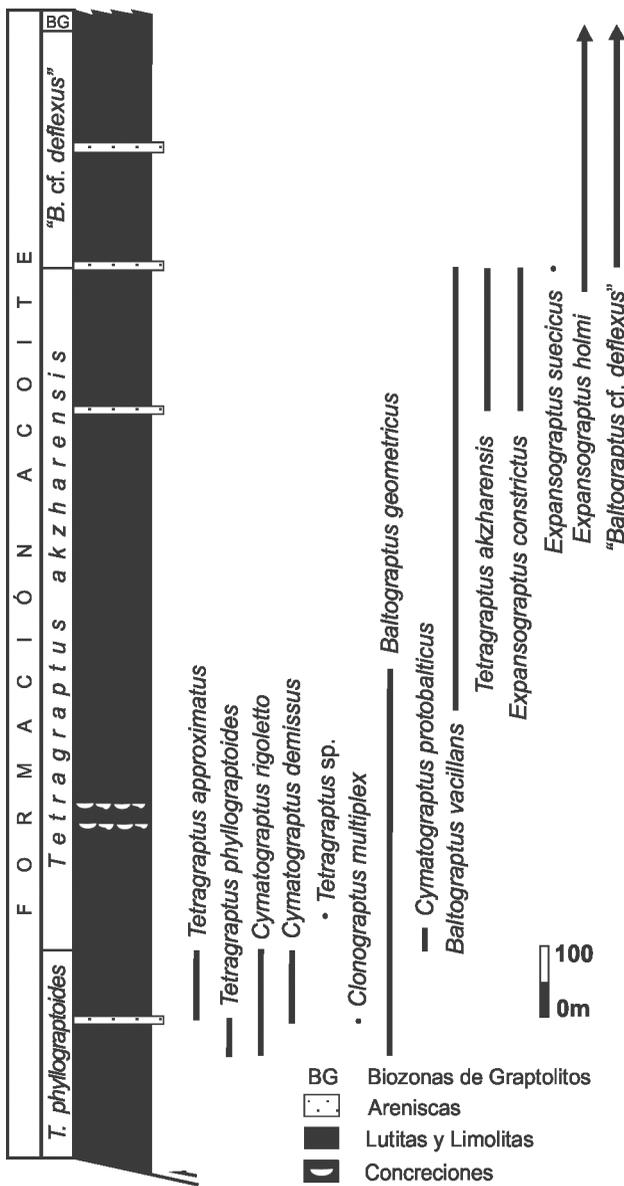


Figura 3. Columna estratigráfica generalizada del área de Los Colorados.

En este trabajo se siguen los criterios modernos de revisión de los rangos bioestratigráficos de los graptolitos ordovícicos, haciendo coincidir el límite inferior de las biozonas con el primer registro conocido de las especies consideradas índices bioestratigráficos de carácter intercontinental. Asimismo, se considera que los intervalos bioestratigráficos que se describen a continuación poseen carácter de biozona local hasta el presente. Sin embargo, se discute su creciente valor regional y se propone una correlación internacional de las mismas (Fig. 4).

Zona de *Tetragraptus phyllograptoides*

Esta biozona, establecida por Törnquist (1901) en la sección del Monte Hunneberg en el sur de Suecia, fue ampliamente descrita posteriormente en Baltoescandinavia y redefinida en el estratotipo del Piso Floiano en dicha sección (Maletz *et al.*, 1996).

En Argentina fue localizada por primera vez en los 150 m inferiores de la sección de Agua Blanca, en la comarca de Los Colorados. Presenta su base cubierta, está afectada por fallamiento y su límite superior se hizo coincidir con el

último registro de *T. phyllograptoides* (Toro, 1997a). Además de la especie guía, *T. approximatus* y *Clonograptus multiplex* (Nicholson, 1873) se encuentran restringidos a esta biozona; mientras que *Cymatograptus rigoletto* (Maletz, Rushton y Lindholm, 1991), *C. demissus* (Törnquist, 1901) y *Baltograptus geometricus* (Törnquist, 1901) siguen registrándose en el tramo inferior de la biozona suprayacente.

En el extremo norte de la Sierra de Aguilar la presencia de esta biozona fue confirmada en la sección de Quinilicán (Vento y Toro, 2009), donde se desarrolla a través de los 100 m inferiores de la Formación Acoite. Está representada por la especie guía (Fig. 5.13) junto a *T. approximatus* (Fig. 5.15), *Tetragraptus* sp. (Fig. 5.5), *B. geometricus* (Fig. 5.3–4), *C. demissus* (Fig. 5.9) y *C. rigoletto* (Fig. 5.7). Si bien, por debajo de los mencionados niveles no se han encontrado graptolitos hasta el presente, no se descarta que este registro corresponda a la primera aparición de la especie índice en el área. Cabe destacar que, al igual que lo que ocurre en Baltoescandinavia, *T. approximatus* y *T. phyllograptoides* se encuentran asociados en niveles correspondientes a esta biozona en las dos áreas de estudio (Fig. 2 y 3). Sin embargo, en la sección aquí estu-

Serie	Piso	América del Sur		S. Escandinavia	S. China	América del Norte	Australasia
		NO Argentina (Este trabajo)	Bolivia (Egenhoff <i>et al.</i> , 2004)	(Maletz y Ahlberg, 2011)	(Zhang <i>et al.</i> , 2010)	Terranova (Williams y Stevens, 1988)	(Webby <i>et al.</i> , 2004)
Ordovícico Inferior	Floiano	" <i>Baltograptus</i> cf. <i>deflexus</i> "	<i>Expansograptus</i> <i>holmi</i>	" <i>Baltograptus</i> cf. <i>deflexus</i> "	<i>Acrograptus</i> <i>filiformis</i>	<i>Pendeograptus</i> <i>fruticosus</i>	Be 4
		<i>Tetragraptus</i> <i>akzharensis</i>	<i>C. protobalticus</i>	<i>B. vacillans</i>		<i>Tetragraptus</i> <i>akzharensis</i>	Be 3
				<i>C. protobalticus</i>	<i>Tetragraptus</i> <i>akzharensis</i>	Be 2	
	<i>Tetragraptus</i> <i>phyllograptoides</i>	<i>Tetragraptus</i> <i>phyllograptoides</i>	<i>Tetragraptus</i> <i>phyllograptoides</i>	<i>Tetragraptus</i> <i>approximatus</i>	<i>Tetragraptus</i> <i>approximatus</i>	Be 1	
Tremadociano	Tremadociano	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	La 3
		<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>	<i>Hunnegraptus</i> <i>copiosus</i>

Figura 4. Cuadro de correlación bioestratigráfica.

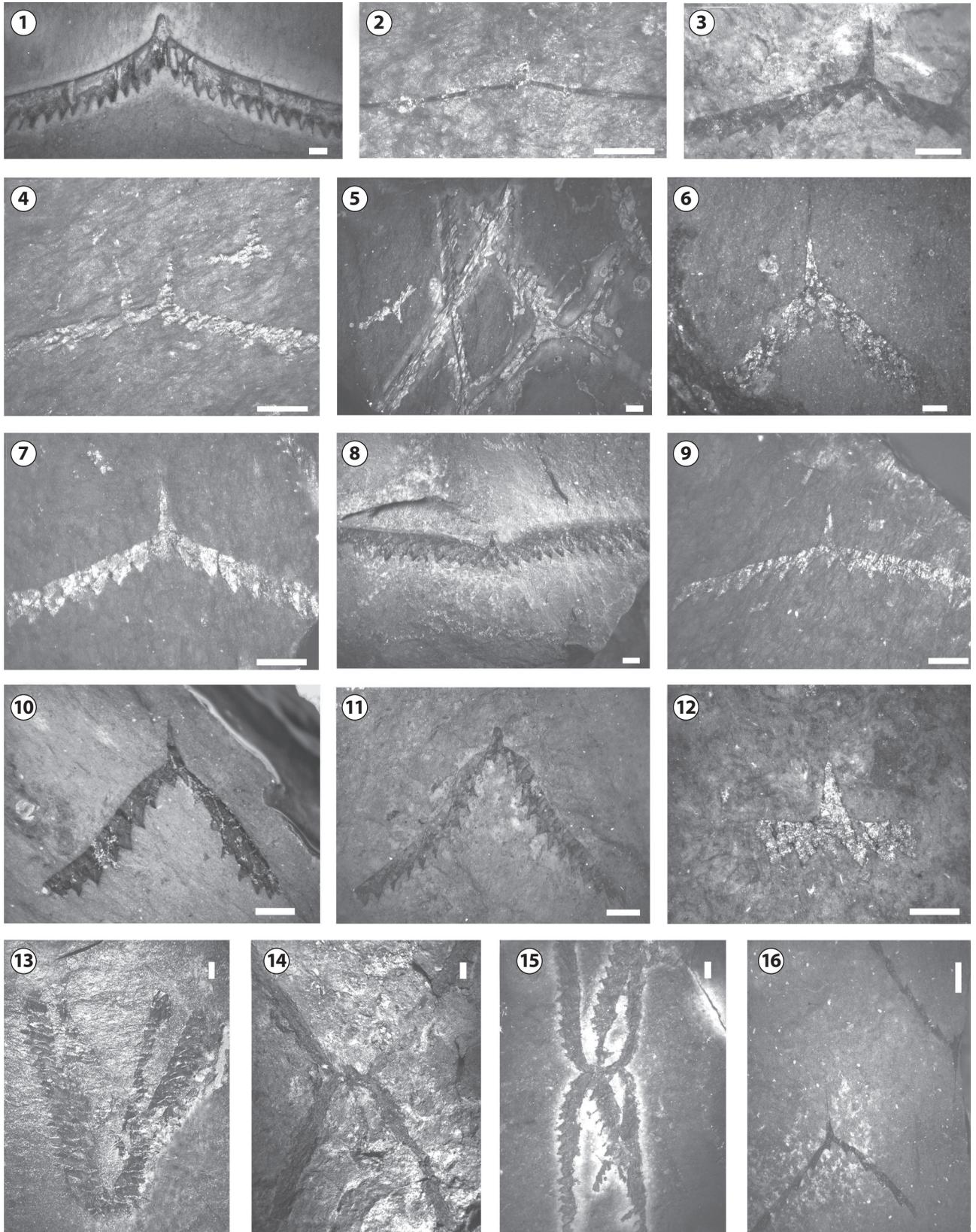


Figura 5. 1, *Cymatograptus protobalticus* (Monsen), CEGH-UNC 13420, detalle de la parte proximal de un rhabdosoma adulto, suavemente declinado y relleno con pirita. **2, *Paradelograptus* sp.**, IANIGLA-PI 2487, detalle de la parte proximal de un rhabdosoma muy delgado conservando restos del peridermo carbonizado. **3-4, *Baltograptus geometricus*** (Törnquist); **3**, CEGH-UNC 24890, ejemplar aplastado y carbonizado; **4**, IANI-

diada, el primer registro de *T. approximatus* ocurre por encima de la primera aparición de *T. phyllograptoides* y continúa presente en la biozona suprayacente. El límite superior de esta biozona en la sección de Quinilicán se hace coincidir con el último registro de *T. phyllograptoides* y con el primer registro de *Cymatograptus protobalticus* (Monsen, 1937) (Fig. 5.1). A partir de la revisión de los rangos bioestratigráficos de los taxones de esta biozona en la sección de Agua Blanca, donde fuera definida por primera vez para la comarca de Los Colorados (Toro, 1997b), se considera más acertada la reubicación de su límite superior aproximadamente a 200 m de la base visible del perfil (Fig. 3), donde se registra la primera aparición de *C. protobalticus*.

Zona de *Tetragraptus akzharensis*

La Zona de *Tetragraptus akzharensis* fue erigida por Williams y Stevens (1988) para el oeste de Terranova, Canadá, basándose en las características distintivas y en el rango restringido de la especie epónima. Se encuentra ubicada entre las zonas de *T. approximatus* y *Pendeograptus fruticosus* del esquema bioestratigráfico de América del Norte (Webby *et al.*, 2004). En la Cordillera Oriental argentina constituye la segunda biozona correspondiente al Piso Floiano, ubicada entre las zonas de *T. phyllograptoides* y de "*Baltograptus cf. deflexus*" (Toro, 1997a; Toro y Maletz, 2007). La biozona en cuestión fue definida por primera vez para Argentina en los 1000 m inferiores de la Formación Acoite, expuestos en la sección de la Quebrada de Los Colorados, y caracterizada por la presencia de las especies *T. akzharensis* (Tzaj, 1969) (Fig. 5.14), *Expansograptus constrictus* (J. Hall, 1865) (Fig. 5.8) y *Baltograptus vacillans* (Tullberg, 1880), (Fig. 5.10–11) (Toro, 1994, 1997a). En el extremo norte de la Sierra de Aguilar fue reconocida por Toro (1997a) en los 500 m inferiores de las secciones de Agua Chica y Lumará, presentando su base cubierta. La aparición de baltograptidos comparables a *Baltograptus deflexus* (Elles y Wood, 1901), pero con desarrollo proximal de tipo isograptido ("*Baltograptus cf. deflexus*" sensu Toro y Maletz, 2007), y del grupo de *Baltograptus turgidus*

(Lee, 1974) fue postulada como el límite superior de esta biozona y el comienzo de la Biozona de "*Baltograptus cf. deflexus*" (Toro y Maletz, 2007). Si bien la especie *Tetragraptus akzharensis* no se ha encontrado hasta el presente en el extremo norte de la Sierra de Aguilar, Toro (1997a) determinó la presencia de la biozona homónima sobre la base del rango vertical de otras especies características, como *B. geometricus*, *C. rigoletto*, *C. protobalticus*, *Expansograptus holmi* (Törnquist, 1890) (Fig. 5.12) y *B. vacillans*, las que habían sido registradas previamente en el área de Los Colorados.

En este estudio se reconocen además otros taxones presentes en la parte inferior de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis*, como *T. approximatus*, *Tetragraptus amii* (Elles y Wood, 1902), *Cymatograptus balticus* (Tullberg, 1880) (Fig. 5.6) y *Paradelograptus* sp. (Fig. 5.2). Egenhoff *et al.* (2004) destacaron que, a diferencia de lo que ocurre en Baltoescandinavia, en Bolivia *T. approximatus* comienza a registrarse en la Zona de *C. protobalticus* y la asociación correspondiente a esa biozona carece de formas delgadas, como las del género *Paradelograptus* (Erdtmann, Maletz y Gutiérrez-Marcos, 1987). Sin embargo, nuestros registros demuestran que en la Cuenca Andina Central de América del Sur el primer registro de *T. approximatus* ocurre en la Zona de *T. phyllograptoides*, al igual que en Baltoescandinavia, aunque estarían indicando que este taxón podría tener un registro más joven que en el resto del mundo.

Hacia la parte superior de la biozona aparecen, además de *B. vacillans*, *Corymbograptus v-fractus tullbergi* (Monsen, 1937), *Trichograptus dilaceratus* (Herrmann, 1885), *Expansograptus latus* (T.S. Hall, 1907), *E. holmi*, *Acrograptus gracilis* (Törnquist, 1890), *Acrograptus filiformis* (Tullberg, 1880) (Fig. 5.16), y continúa presente *T. amii* (Fig. 2).

En la Quebrada de Agua Blanca el primer registro de *C. protobalticus* se halla aproximadamente 50 m por encima de la primera aparición de *T. phyllograptoides* y se considera aquí coincidente con el límite inferior de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis* en la comarca de Los Colorados (Fig. 3). Si bien este taxón no fue encontrado hasta el presente en

GLA-PI 2405, ejemplar adulto aplastado. **5**, *Tetragraptus* sp., IANIGLA-PI 2376, restos proximales y distales de rabdosomas adultos, asociados con un ejemplar juvenil de *Baltograptus geometricus*. **6**, *Cymatograptus balticus* (Tullberg), IANIGLA-PI 2470, ejemplar juvenil relleno con pirita. **7**, *Cymatograptus rigoletto* (Maletz, Rushton y Lindholm), IANIGLA-PI 2410, ejemplar adulto aplastado. **8**, *Expansograptus constrictus* (Hall), CEGH-UNC 7541, rabdosoma maduro completo. **9**, *Cymatograptus demissus* (Törnquist), IANIGLA-PI 2410, rabdosoma maduro aplastado. **10–11**, *Baltograptus vacillans* (Tullberg); **10**, IANIGLA-PI 2555, rabdosoma adulto suavemente declinado; **11**, CEGH-UNC 24920, rabdosoma maduro suavemente deflexo con sícula incompleta. **12**, *Expansograptus holmi* (Törnquist), IANIGLA-PI 2576, ejemplar juvenil. **13**, *Tetragraptus phyllograptoides* (Strandmark); IANIGLA-PI 2358, rabdosoma maduro y completo. **14**, *Tetragraptus akzharensis* (Tzaj), CEGH-UNC 9357, rabdosoma preservado en relieve parcial y estipes fragmentarios. **15**, *Tetragraptus approximatus* Nicholson, CEGH-UNC 12240, rabdosoma adulto y completo. **16**, *Acrograptus filiformis* (Tullberg), CEGH-UNC 12378a–b, dos ejemplares juveniles. **1 y 15**, sección de Agua Chica. **2, 4–7, 9–10, 12–13**, sección de Quinilicán. **3, 8, 11 y 14**, sección de Los Colorados. **16**, sección de Lumará. **1, 2, 6, 8, 10–12 y 14–16**, Biozona de *Tetragraptus akzharensis*. **3–5, 7, 9 y 13**, Biozona de *Tetragraptus phyllograptoides*. Escala gráfica= 1 mm.

la Quebrada de Quinilicán, los registros de las secciones de Agua Chica y Lumará se integran en la columna estratigráfica de la Figura 2 debido a sus implicancias bioestratigráficas.

Resulta destacable la presencia de la especie *B. vacillans* en todas las secciones analizadas. En la Quebrada de Quinilicán su primera aparición ocurre aproximadamente 65 m por encima del último registro de *T. phyllograptoides* y se encuentra asociada en el tramo medio de la sección a *T. amii*, *C. v-fractus tullbergi*, *E. latus*, *Trichograptus dilaceratus* y *A. gracilis*; mientras que en la parte superior de la misma se registra junto a *E. holmi*.

En los niveles cuspidales de las secciones estudiadas en la Sierra de Aguilar aparecen *A. filiformis*, "*Baltograptus* cf. *deflexus*" y *B. turgidus* (Fig. 2). Esta asociación estaría indicando muy probablemente el comienzo de la biozona suprayacente de "*Baltograptus* cf. *deflexus*" (*sensu* Toro y Maletz, 2007). Sin embargo, debido a que esos niveles poseen escasos graptolitos y se encuentran parcialmente cubiertos en el área comprendida por este estudio, la revisión taxonómica de las especies deflexas mencionadas se excluye de los objetivos de este trabajo. Ese análisis se está llevando a cabo en la comarca de Los Colorados, en las quebradas de Los Colorados y Chamarra, donde los niveles superiores de la Formación Acoite, portadores de abundantes graptolitos, se encuentran mejor representados.

Como fuera adelantado por Vento y Toro (2011), el análisis bioestratigráfico de la graptofauna de la Quebrada de Quinilicán sugiere la posibilidad de subdivisión de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis* del NOA en dos subzonas equivalentes a las zonas de *C. protobalticus* y *B. vacillans*, recientemente propuestas para el suroeste de Suecia (Maletz y Ahlberg, 2011). Sin embargo, hasta tanto se confirmen las semejanzas en la distribución estratigráfica de los taxones registrados en niveles equivalentes a dichas zonas de las restantes regiones del NOA, donde la Biozona de *Tetragraptus akzharensis* fue mencionada anteriormente, como el borde oriental de la Cordillera Oriental y el Sistema del Famatina, se prefiere mantenerla como una única unidad con la denominación con que fuera definida originalmente.

CORRELACIÓN

La sucesión de las especies relacionadas al Floiano temprano propuesta anteriormente por numerosos autores para el Noroeste Argentino (Toro, 1997a; Brussa *et al.*, 2003 y Albanesi *et al.*, 2008) puede ser mejor comprendida a partir de los nuevos registros discutidos en este trabajo (Fig. 4).

El análisis comparativo de la distribución de los taxones

de la Biozona de *Tetragraptus phyllograptoides* en las secciones de Quinilicán y Agua Blanca muestra que la mayoría de los registros resultan compartidos por ambas áreas del borde occidental de la Cordillera Oriental, constituyendo el fundamento que corrobora su correlación local y regional (Fig. 2 y 3). Esta biozona, indicadora de la edad floiana temprana de los niveles que la contienen, puede correlacionarse también con aquella mencionada anteriormente en otras secciones de la Cordillera Oriental, como la Sierra de Cajas, de Santa Victoria y del Angosto del Moreno. En un sentido más amplio se correlaciona con las biozonas homónimas reconocidas previamente en las formaciones La Alumbrera y Portezuelo de las Minitas del Sistema de Famatina, y con la Zona de *Tetragraptus phyllograptoides* localizada en la sección de Cieneguillas en Bolivia (Egenhoff *et al.*, 2004).

En la Figura 4 se representa la correlación intercontinental de esta biozona con la Zona de *Tetragraptus phyllograptoides* de Baltoescandinavia (*sensu* Maletz y Ahlberg, 2011), con la que comparte especies endémicas del Dominio Atlántico de graptolitos como el índice de zona, *C. demissus* y *C. rigoletto*, y también formas pandémicas como *T. approximatus*.

Del análisis comparativo del rango estratigráfico de los taxones de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis* presente en las áreas de Quinilicán y Los Colorados, surge que en el tramo inferior de esta biozona se comparten los registros de *C. protobalticus*, *B. geometricus* y *C. rigoletto*, mientras que en el tramo superior de la misma se registra *E. holmi* junto a *B. vacillans* en ambas áreas (Fig. 2 y 3).

Es interesante resaltar también la descripción de *Corymbograptus* aff. *C. vacillans* (*sensu* Ortega y Rao, 1994) en la sección de La Ciénaga de Purmamarca, ubicada al sur de las anteriormente descritas. Si bien las autoras asignaron los niveles portadores de este material al Arenigiano medio, los tetragráptidos horizontales, recientemente coleccionados en niveles estratigráficamente cercanos de esa sección, confirman la presencia de la especie *Tetragraptus akzharensis*, y por lo tanto la edad floiana temprana de dichos niveles, la cual fue sugerida anteriormente por Brussa *et al.* (2003) y resulta más acorde con los registros de *B. vacillans* y *T. akzharensis*.

Lo expuesto permite asignar los niveles estudiados al Floiano temprano y correlacionarlos con sus equivalentes de otras secciones de la Cordillera Oriental, como la Quebrada del Río Cajas, La Ciénaga de Purmamarca, área de Santa Victoria, y del Sistema de Famatina, donde fuera mencionada anteriormente.

Se propone además el esquema intercontinental de correlación de la Zona de *Tetragraptus akzharensis* del NOA,

presentado en la Figura 4, mediante el cual se correlaciona con la biozona homónima definida por Williams y Stevens (1988) en el oeste de Terranova, Canadá, que dichos autores ubicaron entre las zonas de *T. approximatus* y *Pendeograptus fruticosus* del esquema de Norteamérica (Webby *et al.*, 2004).

A partir del reciente trabajo de Maletz y Ahlberg (2011), que define formalmente las zonas de *Cymatograptus protobalticus* y *Baltograptus vacillans* para el sur de Suecia, se plantea la posibilidad de correlacionar las mismas con los registros de la Zona de *T. akzharensis* del NOA (Fig. 4). Dichos autores definen la Zona de *Cymatograptus protobalticus* como alternativa para reemplazar a la parte alta de la tradicional Zona de *T. phyllograptoides* de Baltoescandinavia (*sensu* Maletz *et al.*, 1996). Un ejemplar en buen estado de preservación marca la base de la misma en la región de Lernhamn; mientras que *B. geometricus*, *T. amii*, *C. balticus*, *C. rigoletto* y *C. demissus*, especies comúnmente presentes en la parte inferior de la Biozona de *T. akzharensis* del NOA, son comunes en este intervalo en las secciones de Diabasbrottet y Mossebo (*sensu* Egenhoff y Maletz, 2007). En el sur de Suecia la Zona de *B. vacillans* marca la diversificación de los graptolitos dichográptidos y posee mayor riqueza en especies que los intervalos anteriores. *Expansograptus latus*, *E. holmi*, *E. suecicus*, *A. gracilis*, *Trichograptus dilaceratus* y *Corymbograptus v-fractus tullbergi* se registran en este intervalo (Maletz y Ahlberg, 2011). Algo similar ocurre en las secciones estudiadas en el NOA, lo que justifica la correlación de la misma con la parte alta de la Biozona de *T. akzharensis* (Fig. 4). Más recientemente, Fortey (2011) reconoció la especie *T. akzharensis* en la Formación La Maurerie del Ordovícico Inferior de la Montaña Negra, Francia. El autor enfatizó la importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica del hallazgo. Sin embargo, a partir de la edad floiana temprana postulada en dicho trabajo para la asociación de *T. akzharensis* con el trilobite *Taihungshania miqueli* (Bergeron, 1893), no es posible correlacionar esos registros con los asignados a la Biozona de *T. akzharensis* propuesta para el NOA, sino con los infrayacentes, que corresponden a la Zona de *T. phyllograptoides*.

IMPLICANCIAS PALEOECOLÓGICAS Y PALEO GEOGRÁFICAS

Los registros de *Tetragraptus phyllograptoides*, *Baltograptus geometricus*, *Cymatograptus demissus*, *C. rigoletto*, *C. protobalticus*, *C. balticus*, *B. vacillans*, *Corymbograptus v-fractus tullbergi*, *Trichograptus dilaceratus*, *Expansograptus latus*, *E. holmi*, *Acrograptus gracilis* y *A. filiformis*, consideradas tradicionalmente especies endémicas de Baltoescandinavia, contribuyen

a aumentar las afinidades faunísticas entre el NOA y dicha región (Vento *et al.*, 2012). Las mismas resultan evidentes en la Biozona de *T. phyllograptoides*, donde la mayoría de los taxones registrados son compartidos por ambas regiones. A partir de este análisis puede confirmarse que algo similar ocurre también en la Biozona de *T. akzharensis* del NOA. Tanto la presencia de *C. balticus*, encontrado por primera vez fuera de Baltoescandinavia junto a *A. filiformis* en la Sierra de Cajas (Toro, 1993), como la de *C. protobalticus*, presente en otras sucesiones estratigráficas equivalentes del NOA y del dominio Atlántico de aguas frías a templadas, como Gran Bretaña (Jackson, 1979) y Bolivia (Egenhoff *et al.*, 2004 y trabajos que allí se mencionan), sugieren además que ambas especies poseen una distribución mundial mucho mayor. Algo parecido puede observarse a partir de los registros de *T. approximatus* y *T. akzharensis*, especies que se consideraron tradicionalmente limitadas a biofacies profundas de la Provincia Pacífica de graptolitos de aguas cálidas, pero que fueron registradas posteriormente en la mayoría de los continentes (Fortey, 2011 y trabajos que allí se mencionan). La presencia de ambas especies en el NOA, correspondiente a la provincia de aguas frías a templadas que se desarrolló en el oeste de Gondwana, estaría confirmando el carácter pandémico de dichas especies. Egenhoff *et al.* (2004) consideraron que la especie *T. approximatus*, cuya primera aparición marca la base del Piso Floiano a nivel global, tendría un primer registro más joven en Bolivia, correspondiente a la Biozona de *C. protobalticus*. Sin embargo, este estudio demuestra que *T. approximatus* comienza a registrarse en la Biozona de *T. phyllograptoides* de la Cuenca Andina Central, al igual que en Baltoescandinavia mientras que su rango estratigráfico continúa a través de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis*. Esto indicaría que su registro en Sudamérica abarcaría un lapso algo más joven que en el resto del mundo. Egenhoff *et al.* (2004) destacaron también la falta de registros de especies muy delgadas, especialmente del género *Paradelograptus* (Erdtman, Maletz y Gutiérrez-Marco, 1987) en Bolivia, pero el registro de *Paradelograptus* sp. en el tramo inferior de la Biozona de *Tetragraptus akzharensis* del NOA sería otro elemento indicador de que la diversidad faunística del intervalo involucrado resulta similar a su equivalente de Baltoescandinavia.

En la parte superior de las secciones del extremo norte de la Sierra de Aguilar aparece una asociación característica compuesta por *Baltograptus turgidus*, y “*B. cf. deflexus*”, que originalmente fue incluida dentro de la Zona de “*B. cf. deflexus*” (Toro, 1998; Toro y Maletz, 2007). La misma no ha sido localizada hasta el presente en el área de Los Colo-

rados, lo que estaría indicando algún tipo de diferenciación paleoambiental de los niveles equivalentes.

CONCLUSIONES

En la Quebrada de Quinilicán se hallan representadas las biozonas de *Tetragnostus phyllograptoides*, *Tetragnostus akzharensis* y posiblemente el tramo basal de la Biozona de “*Baltograptus cf. deflexus*”.

El esquema bioestratigráfico indica una edad floiana temprana baja a floiana temprana para el tramo inferior en el área estudiada y se hace extensivo al área de Los Colorados.

La reevaluación de las biozonas de *Tetragnostus phyllograptoides* y *T. akzharensis* del NOA permite su correlación con las zonas de *Tetragnostus phyllograptoides*, *Cymatograptus protobalticus* y *Baltograptus vacillans* del sur de Suecia, equivalentes a la parte inferior del La3, parte superior del La3 y Be1–Be4 de la escala australiana, respectivamente.

El gran número de formas endémicas del dominio Atlántico de graptolitos presentes en la Biozona de *T. phyllograptoides* del NOA y la diversidad de taxones registrada en la parte alta de la Biozona de *T. akzharensis*, tanto en el NOA como en Baltoescandinavia, corroboran las relaciones paleobiogeográficas entre ambas regiones.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los revisores Dra. G. Ortega y Dr. C. Cingolani las oportunas sugerencias realizadas para mejorar este trabajo. Se agradece también el apoyo brindado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, mediante los subsidios PIP 112-200801-01994 y PICT 1272, respectivamente. Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto Internacional IGCP 591.

BIBLIOGRAFÍA

- Albanesi, G., Ortega, G. y Zeballo, F., 2008. Faunas de conodontes y graptolitos del Paleozoico inferior en la Cordillera Oriental argentina. 17° Congreso Geológico Argentino (Jujuy), *Relatorio*: 98–118.
- Astini, R.A. 2003. Ordovician basins of Argentina. En: J.L. Benedetto (Ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología y Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, p. 1–74.
- Astini, R.A. 2008. Sedimentación, facies, discordancias y evolución paleoambiental durante el Cambro–Ordovícico. 17° Congreso Geológico Argentino (Jujuy), *Relatorio*: 50–73.
- Astini, R.A. y Waisfeld, B.G. 1993. Análisis estratigráfico y paleoambiental del Ordovícico Inferior (Formaciones Acoite y Sepulturas) al oeste de Purmamarca, Cordillera Oriental Argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos (Mendoza), *Actas* 1: 96–106.
- Astini, R.A., Waisfeld, B.G., Toro, B.A. y Benedetto, J.L. 2004. El Paleozoico inferior y medio de la región de Los Colorados, borde occidental de la Cordillera Oriental (Provincia de Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59: 243–260.
- Bahlburg, H. y Furlong, K.P. 1996. Lithospheric modeling of the Ordovician foreland basin in the Puna–NW Argentina: On the influence of arc loading on foreland basin formation. *Tectonophysics* 259: 245–258.
- Bergeron, J. 1893. Notes paléontologiques I. Crustacés. *Bulletin de la Société Géologique de France* 21: 333–343.
- Brussa, E.D., Toro, B.A. y Benedetto, J.L. 2003. Biostratigraphy. En: J.L. Benedetto (Ed.), *Ordovician Fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología y Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, p. 75–90.
- Cooper, R.A., Rigby, S., Loydell, D.K. y Bates, D.E.B. 2012. Palaeoecology of the Graptoloidea. *Earth Science Reviews* 112 (1–2): 23–41.
- Egenhoff, S.O. y Maletz, J. 2007. Graptolites as indicators of maximum flooding surfaces in monotonous deep-water shelf sequences. *Palaios* 22: 373–383.
- Egenhoff, S.O., Maletz, J. y Erdtman, B.D. 2004. Lower Ordovician graptolite biozonation and lithofacies of southern Bolivia: relevance for palaeogeographic interpretations. *Geological Magazine* 141: 287–299.
- Elles, G.L. y Wood, E.M.R. 1901–1918. *A monograph of British graptolites*. Parts 1–11. Palaeontographical Society, Londres, 539 p.
- Erdtman, B.D., Maletz, J. y Gutiérrez-Marcos, J.C. 1987. The new early Ordovician (Hunneberg Stage) graptolite genus *Paradelograptus* (Kinnegraptidae), its phylogeny and biostratigraphy. *Paläontologische Zeitschrift* 61: 109–131.
- Fortey, A.F. 2011. A critical graptolite correlation into the Lower Ordovician of Gondwana. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 58: 223–226.
- Hall, J. 1865. *Figures and descriptions of Canadian Organic remains, Decade 2: Graptolites of the Quebec Group*. Canadian Geological Survey, Separate Report 424. Dawson Brothers, Montreal, 151 p.
- Hall, T.S. 1907. Reports on graptolites. *Records of the Geological Survey of Victoria* 2: 137–143.
- Herrmann, M.O. 1885. *Die Graptolithenfamilie Dichograptidae, Lapw., mit besonderer Berücksichtigung von Arten aus dem norwegischen Silur. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der philosophischen Doctorwürde an der Universität Leipzig*. Det Mallingske Bogtrykkeri, Oslo, 94 p.
- Jackson, D. 1979. A new assessment of the stratigraphy of the Skiddaw Group along the northern edge of the main Skiddaw Inlier. *Proceedings of the Cumberland Geological Society* 4: 21–23.
- Lee, C.K. 1974. *A handbook of Stratigraphy and Paleontology of Southwestern China*. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, Science press, Beijing, 454 p.
- Maletz, J. y Ahlberg, P. 2011. The Lerhamn drill core and its bearing for the graptolite biostratigraphy of the Ordovician Tøyen Shale in Scania, southern Sweden. *Lethaia* 44: 350–368.
- Maletz, J. y Egenhoff, S. 2001. The Late Tremadoc to Early Arenig graptolite succession of southern Bolivia and their implications for a worldwide biozonation. *Lethaia* 34: 47–62.
- Maletz, J., Carlucci, J. y Mitchell, C.E. 2009. Graptoloid cladistics, taxonomy and phylogeny. *Bulletin of Geosciences* 84: 7–19.
- Maletz, J., Löfgren, A. y Bergström, S.M. 1996. Proposal for the adoption of the Diabasbrottet section (Hunneberg, Västergötland) as a Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the Second Series of the Ordovician System. *Newsletters on Stratigraphy* 34: 129–159.
- Maletz, J., Rushton, W. y Lindholm, K. 1991. A new early Ordovician Didymograptid, and its bearing on the correlation of the Skiddaw Group of England with the Tøyen Shale of Scandinavia. *Geological Magazine* 128: 335–343.
- Martín, J.L., Malanca, S. y Sureda, R. 1987. La fauna graptolítica de la sierra de Aguilar, Jujuy, Argentina. Algunos comentarios sobre las formaciones ordovícicas. 4° Congreso Latinoamericano de Paleontología (Bolivia), *Actas* 2: 599–619.
- Monsen, A. 1937. Die graptolithenfauna im unteren Didymograptus-schiefer (Phyllograptusschiefer) Norwegens. *Norsk Geologisk Tidsskrift* 16: 57–266.
- Moya, M.C. y Monteros, J.A. 2011. The Tremadocian deposits of the Argentinian Eastern Cordillera: A Scandinavian signal in the Central Andes. En: J.C. Gutierrez-Marco, I. Rabano y D. García-Bellido (Eds.), *Ordovician of the World. 11° International Symposium on the Ordovician*

- System (Madrid). *Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero* 14: 379–390.
- Mu, E.Z., Ge, M.Y., Chen, X., Ni, Y.N. y Yin, Y.K. 1979. Lower Ordovician graptolites of Southwest China. *Acta Palaeontologica Sinica* B156: 1–192.
- Nicholson, H.A. 1873. *Monograph of the British Graptolitidae*. Blackwood and Sons, Edinburgo-Londres, 133 p.
- Ortega, G. y Rao, R.I. 1994. The proximal development in *Corymbograptus* specimens from the Acoite Formation (Arenig), Cordillera Oriental, Northwestern Argentina. En: X. Chen, B.-D. Erdtmann y Y. Ni (Eds.), *Graptolite Research Today*. Nanjing University Press, Nanjing, p. 20–26.
- Rushton, A.W.A. 2011. Deflexed didymograptids from the Lower Ordovician Skiddaw Group of northern England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 58: 319–327.
- Seggiaro, R.E. 2004. Tectónica superpuesta en la sierra de Aguilar, provincia de Jujuy. *Asociación Geológica Argentina, Serie D* 7: 124–130.
- Strandmark, J.E. 1902. Undre Graptolitskiffer vid Fågelsång. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 23: 548–556.
- Sureda, R.J. y Martín, J.L. 1990. El Aguilar mine: an Ordovician sediment-hosted stratiform lead-zinc deposit in the Central Andes. En: L. Fontboté, G.C., Amstutz, M., Cardozo, E. Cedillo y J. Frutos (Eds.), *Stratiform Ore Deposits in the Andes*, Springer Verlag, Berlín-Heidelberg. *Special Publication of the Society for Geology Applied to Mineral Deposits* 8: 161–174.
- Törnquist, S.L. 1890. Undersökning öfver Siljansomradets Graptoliter. *Lunds Universitets Årsskrift* 26: 1–33.
- Törnquist, S.L. 1901. Researches into the graptolites of the lower zones of the Scania and Vestrogothian *Phyllo-Tetragraptus* beds, part 1. *Lunds Universitets Årsskrift* 37(2): 1–26.
- Toro, B., 1993. Graptofauna arenigiana de la quebrada del río Cajas (Jujuy Formación Acoite), provincia de Jujuy, Argentina. *Ameghiniana* 30: 69–76.
- Toro, B.A. 1994. [Taxonomía, bioestratigrafía y afinidades paleobiogeográficas, en base a las graptofaunas ordovicicas del borde occidental de la Cordillera Oriental, provincia de Jujuy, Argentina. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 173 p. Inédito].
- Toro, B.A. 1996. Implicancias paleobiogeográficas del hallazgo de *Baltograptus turgidus* (Lee) y *Baltograptus kunmingensis* (Ni) (Graptolithina) en el Arenigiano Temprano del Noroeste de Argentina. *13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos* (Buenos Aires), *Actas* 5: 27–38.
- Toro, B.A. 1997a. La fauna de graptolitos de la Formación Acoite, en el borde occidental de la Cordillera Oriental Argentina. Análisis bioestratigráfico. *Ameghiniana* 34: 393–412.
- Toro, B.A. 1997b. Asociaciones de graptolitos del Arenigiano de la localidad tipo de la Formación Alumbra, Sistema de Famatina, Argentina. *Revista Española de Paleontología* 12: 43–51.
- Toro, B.A. 1998. New data about the age of the graptolite fauna from the Santa Victoria area, Salta province, Argentina. En: J.C. Gutiérrez-Marco e I. Rábano (Eds.), *Proceedings 6° International Graptolite Conference (GWG-IPA) and 1998 Field Meeting (Madrid)*, IUGS Subcommission on Silurian Stratigraphy. *Temas Geológicos Mineros ITGE* 23: 266–267.
- Toro, B.A. 1999. Graptolitos arenigianos de Santa Victoria, Cordillera Oriental argentina. Bioestratigrafía y paleogeografía. *14° Congreso Geológico Argentino* (Salta), *Actas* 1: 339–342.
- Toro, B.A. y Brussa, E.D. 2003. Graptolites. En: J.L. Benedetto (Ed.), *Ordovician fossils of Argentina*. Secretaría de Ciencia y Tecnología y Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, p. 441–505.
- Toro, B.A. y Maletz, J. 2007. Deflexed *Baltograptus* species in the early to middle Arenig graptolite biostratigraphy of Northwestern Argentina. Yangtze Conference on Ordovician and Silurian. *10° International Symposium on the Ordovician System* (Nanjing). *Acta Palaeontologica Sinica* 46: 489–496.
- Toro, B.A. y Maletz, J. 2008. The proximal development in *Cymatograptus* (Graptoloidea) from Argentina and its relevance for the early evolution of the Dichograptacea. *Journal of Paleontology* 82: 974–983.
- Toro, B.A., Maletz, J., Zhang, Y.D. y Zhang, J. 2011. Comparative analysis of the Early Ordovician baltograptid species of Northwestern Argentina, Baltoscandia and South China. En: J.C. Gutiérrez-Marco, I. Rábano y D. García-Bellido (Eds.), *Ordovician of the World. 11° International Symposium on the Ordovician System* (Madrid). *Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero* 14: 597–603.
- Tullberg, S.A. 1880. Några *Didymograptus*-arter I under graptolitskiffer vid Kiviks-Esperöd. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 5: 39–43.
- Tzaj, D.T. 1969. A new Ordovician genus *Acrograptus*. *Paleontological Journal* 1: 133–134.
- Vento, B. y Toro, B. 2009. Resultados preliminares del estudio taxonómico de los graptolitos del Paleozoico inferior del Noroeste de Argentina. *Ameghiniana Suplemento Resúmenes* 46: 95–96R.
- Vento, B. y Toro, B.A. 2011. Las Subzonas de *Cymatograptus protobalticus* y *Baltograptus vacillans* (Zona de *Tetragraptus akzharensis*, Floiano) en el borde occidental de la Cordillera Oriental, Argentina. *Ameghiniana, Suplemento Resúmenes* 48: 27R.
- Vento, B., Toro, B.A. y Maletz, J. 2012. New insights into the paleobiogeography of the early Ordovician graptolite fauna of northwestern Argentina. *Comptes Rendus Palevol* 11(5): 345–355.
- Webby, B.D., Paris, F., Droser, M.L. y Percival, I.G.. 2004. *The Great Ordovician biodiversification event*. Columbia University Press, Nueva York, 484 p.
- Williams, S.H. y Stevens, R.K. 1988. Early Ordovician (Arenig) graptolites of the Cow Head Group, western Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana* 5: 1–167.
- Zalasiewicz, J.A., Taylor, L., Rushton, A.W.A., Loydell, D.K., Rickards, R.B. y Williams, M. 2009. Graptolites in British stratigraphy. *Geological Magazine* 146: 785–850.
- Zhang, Y., Chen, X., Goldman, D., Zhang, J., Cheng, J. y Song, Y. 2010. Diversity and paleobiogeographic distribution patterns of Early and Middle Ordovician graptolites in distinct depositional environments of South China. *Science China, Earth Sciences* 53: 1811–1827.

doi: 10.5710/AMGH.17.09.2012.541

Recibido: 6 de octubre de 2011**Aceptado:** 17 de septiembre de 2012