

ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO Y PALEOBIOGEOGRÁFICO DE LOS GRAPTOLITOS DEL PALEOZOICO INFERIOR DE LA CORDILLERA ORIENTAL, ARGENTINA

BIOSTRATIGRAPHIC AND PALEOBIOGEOGRAPHIC ANALYSIS OF THE GRAPTOLITES FROM THE LOWER PALEOZOIC OF THE CORDILLERA ORIENTAL, ARGENTINA

Blanca A. Toro

Blanca A. Toro

Geóloga egresada de la Universidad Nacional de Córdoba. Se especializó en el estudio de las graptofaunas mediante becas del CONICOR y CONICET. Doctorada en Cs. Geológicas en el tema: Taxonomía, Bioestratigrafía y afinidades paleobiogeográficas, en base a las graptofaunas ordovícicas en la Cordillera Oriental, Jujuy. En 1995, se integró al Departamento de Geología y Paleontología del IANIGLA. Allí continúa con su línea de investigación en el Noroeste argentino, ampliándola a la Puna, Famatina y sur de la Precordillera.

Dr. Blanca Toro got her geologist and PhD degree in Geological Sciences at the Universidad Nacional de Córdoba. She made her specialization on the study of graptofaunas, through fellowships from CONICOR and CONICET. Her doctoral thesis subject was Taxonomy, Biostratigraphy and Paleobiogeographic affinities, based on the Ordovician graptofaunas from the occidental border of the Cordillera Oriental, Jujuy province, Argentina. In 1995 she became a member of the Geology and Paleontology Unit of the IANIGLA. There, she continues working on her research line in Northwestern Argentina, adding the Famatina System, Puna region and southern Precordillera (province of Mendoza) to her working area.

(English version by M.E. Soler)

Los graptolitos fueron organismos coloniales que se extinguieron hace aproximadamente 350 millones de años. Constituyen uno de los grupos fósiles paleozoicos de mayor importancia bioestratigráfica. En la Cordillera Oriental argentina han sido registrados en diversas litofacies y poseen una amplia distribución geográfica, que les confiere un excelente potencial como indicadores paleoambientales y paleogeográficos. Son numerosos los trabajos que abordan el estudio de la graptofauna contenida en la Fm. Acoite (Ordovícico temprano) y unidades equivalentes, que afloran en el sector occidental de la cuenca, mientras que en el oriental los trabajos previos son más escasos. Una síntesis de los mismos puede encontrarse en Toro (1997). Sólo en los últimos años se han aplicado clasifica-

ciones sistemáticas modernas de graptolitos, integrando estas investigaciones en esquemas bioestratigráficos que posibiliten la correlación local y regional de las unidades que

Graptolites were colonial organisms that extinguished approximately 350 million years ago. They are one of the Paleozoic fossil groups of major biostratigraphic relevance. They

have been recorded in the Argentine Cordillera Oriental at several lithofacies and they have a wide geographical distribution, affording them excellent potential as paleoenvironmental and paleogeographic indicators. The works dealing with the study of the graptofauna contained in the Acoite Fm. (Early Ordovician in age) and equivalent units that outcrop in the western sector of the basin are numerous, while those dealing with the eastern sector are scarcer. They have been synthesized by Toro (1997). Only during the last years there have been applied modern systematic classifications of graptolites, integrating these researches in biostratigraphic schemes that make possible the local and regional correlation of the units containing them. Moya et al. (1994) proposed eleven graptolitic assemblages

Fig. 1. Mapa de ubicación de las secciones estudiadas. Cordillera Oriental, 1. Agua Blanca, 2. Los Colorados, 3. Chamarra, 4. Río Trancas, 5. Los Perros, 6. Río Cajas, 7. Agua Chica, 8. Lumara, 9. Parcha, 10. Río de La Huerta, 11. Quebrada Grande, 12. Quebrada de La Curva, Famatina, 13. La Alumbreira, 14. río Saladillo Chico.

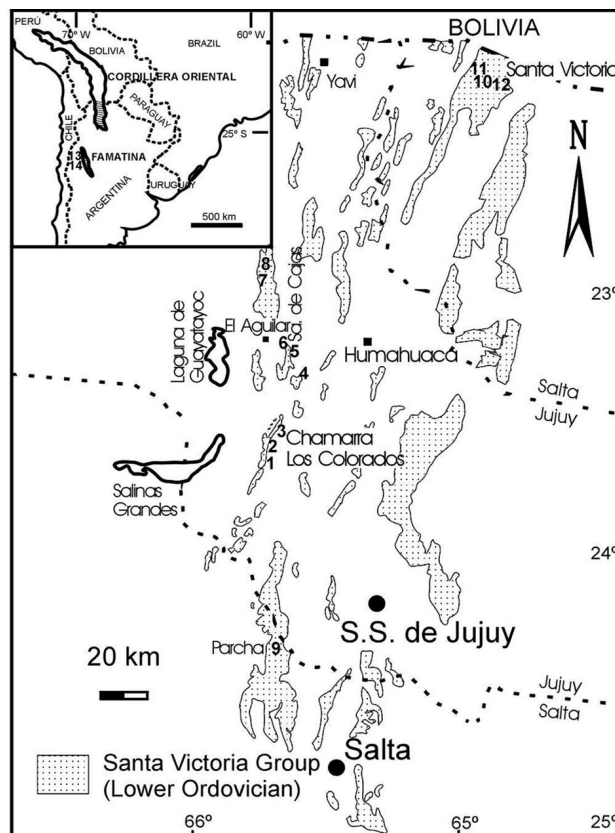


Fig. 1: Location map of the studied area. Cordillera Oriental. 1. Agua Blanca, 2. Los Colorados, 3. Chamarra, 4. Río Trancas, 5. Los Perros, 6. Río Cajas, 7. Agua Chica, 8. Lumara, 9. Parcha, 10. Río de La Huerta, 11. Quebrada Grande, 12. Quebrada de La Curva, Famatina, 13. La Alumbreira, 14. río Saladillo Chico.

Fig. 2. Esquema de correlación bioestratigráfica de las secciones estudiadas.

Fig. 2. Biostratigraphic correlation scheme of the studied sections.

los contienen. Moya et al. (1994) proponen once asociaciones graptolíticas para el tramo austral de la Cordillera Oriental, y Toro (1997) realizó la discusión de dicho esquema, comparándolo con el que aquí se utiliza. El análisis del rango vertical de las especies guías y la descripción de las asociaciones diagnósticas de once géneros y cuarenta y cinco especies de graptoloideos permitió a la autora establecer un esquema de biozonación para la Fm. Acoite y unidades

equivalentes, en el borde occidental de la Cordillera Oriental.

En este trabajo se integra el análisis paleontológico y bioestratigráfico de nuevo material proveniente de doce secciones estratigráficas, correspondientes a la Fm. Acoite, localizadas en las provincias de Salta y Jujuy (Fig. 1). Dicha unidad constituye una secuencia clástica estrato y grano creciente, depositada en una

for the southern portion of the Cordillera Oriental, and Toro (1997) carried out the discussion of such scheme, comparing it with that being used here. The vertical rank analysis of the guide species and the description of the diagnostic assemblages of eleven genus and forty-five graptoloid species permitted the author to establish a biozonation scheme for the Acoite Fm. and equivalent units, in the western border of the Cordillera Oriental.

This work integrates the paleontological and biostratigraphic analysis of new material proceeding from twelve stratigraphic sections corresponding to the Acoite Fm., localized in the provinces of Salta and Jujuy (Fig. 1). This unit constitutes a "coarsening thickening upward sequence", deposited in storm dominated deltaic shelf (Astini and Waisfeld, 1993). The obtained data permitted adjusting the guide species record and the limits of the biozones previously

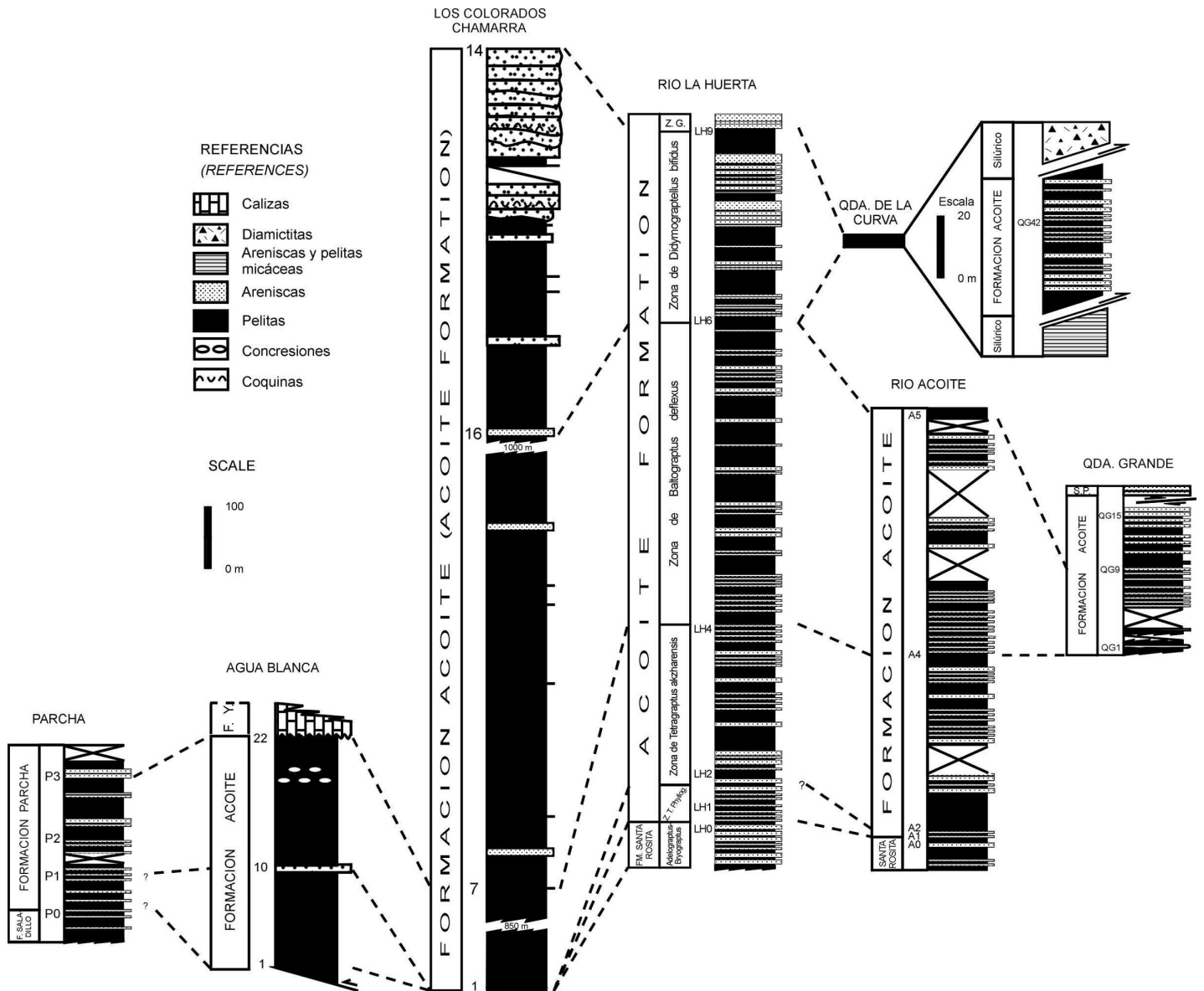


Fig. 3a.

Dendrograma que presenta el agrupamiento de las regiones comparadas, para las zonas de *Tetragraptus phyllograptoides*, *T. akzharensis*, *Baltograptus deflexus* y *Didymograptellus bifidus* (Arenigiano basal-Arenigiano medio). **b.** Dendrograma que presenta el agrupamiento de las regiones comparadas, para la Zona de *Didymograptellus bifidus* (Arenigiano medio).

Fig. 3a. Q mode dendrogram showing the biogeographic affinities between the Cordillera Oriental and the main graptolite sequences of the world, from *Tetragraptus phyllograptoides* Zone, *T. akzharensis* Zone, *Baltograptus deflexus* Zone and *Didymograptellus bifidus* Zone (Basal Arenig-Middle Arenig). **b.** Q mode dendrogram showing biogeographic affinities between the Cordillera Oriental and Yangtse province (SW China) for Middle Arenig time (*Didymograptellus bifidus* Zone).

plataforma dominada por tormentas, con influencia deltaica (Astini y Waisfeld, 1993). Los datos obtenidos permitieron ajustar el registro de las especies guías y los límites de las biozonas propuestas anteriormente. Asimismo, posibilitaron la aplicación del esquema de biozonación establecido para el sector occidental de la Cordillera Oriental, en el área de Santa Victoria, precisando la descripción de las asociaciones diagnósticas y ampliando la distribución geográfica de las biozonas (Toro, 1999a). La Zona de *Tetragraptus phyllograptoides* (Arenigiano basal, correspondiente al La 3 de la biozonación australiana) fue descrita por primera vez para Argentina en el tramo inferior de la sección de Agua Blanca, en el sector occidental de la cuenca por Toro (1994a), y posteriormente fue identificada en el área de Santa Victoria. La Zona de *Tetragraptus akzharensis* (Arenigiano temprano, equivalente al Be 1 y parte del Be 2 del esquema australiano), descrita por primera vez para Argentina en la quebrada de Los Colorados (Toro 1994a), fue reconocida posteriormente en las secciones de Agua Blanca, río Cajas, Agua Chica, Lumara, Parcha y en el área de Santa Victoria. La Zona de *Baltograptus deflexus* (Arenigiano temprano, equivalente a parte del Be 2 – Be 4) fue reconocida en las

secciones de Los Colorados, Chamarra, río Trancas, Los Perros, río Cajas, Agua Chica y Lumara, y posteriormente identificada en las quebradas de La Huerta y Grande, en el área de Santa Victoria. La Zona de *Didymograptellus bifidus* (Arenigiano medio, equivalente al Ch 1 - Ch 2 de Australia) fue descrita por primera vez para Argentina por Toro (1994b) en las quebradas de Los Colorados y Chamarra, y posteriormente identificada en la sección del río de La Huerta.

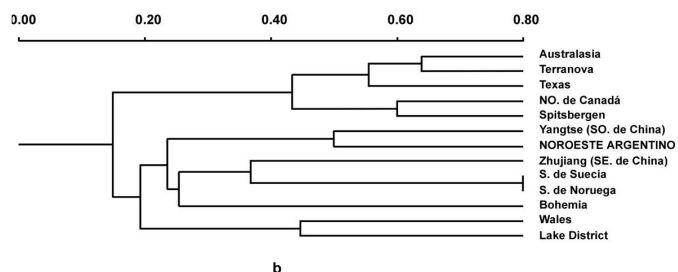
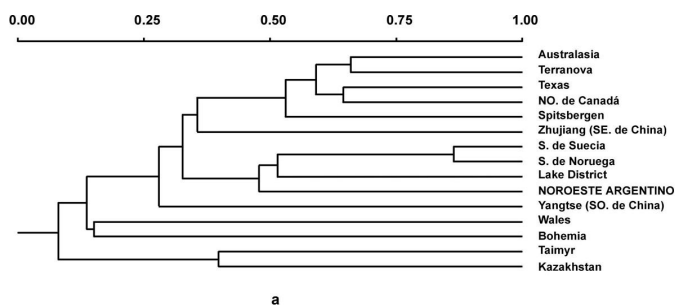
En la **Figura 2** se presenta el esquema de correlación local de las secciones estudiadas en la Cordillera Oriental. La correlación regional, resulta dificultosa debido a la escasez de zonas de graptolitos, correspondientes al arenigiano, definidas para Argentina. Una propuesta relacionada a este aspecto fue presentada por Toro (1997). Actualmente, podemos agregar que los niveles de la Fm. Acoite correspondientes a las zonas de *Tetragraptus phyllograptoides* y *Tetragraptus akzharensis* de la Cordillera Oriental (provincias de Salta y Jujuy) pueden correlacionarse con los tramos medio y superior de la Fm. La Alumbra, aflorante en el Sistema de Famatina (provincia de Catamarca), donde se han reconocido dichas biozonas, mientras que aquellos portadores de las zonas de *Baltograptus deflexus* y *Didymograptellus bifidus*, pueden correlacionarse con el

proposed. Likewise, they made possible the application of the biozonation scheme established for the western sector of the Cordillera Oriental, at the Santa Victoria area, determining the description of diagnostic assemblages and enlarging the geographical distribution of biozones (Toro, 1999a). The *Tetragraptus phyllograptoides* (basal Arenig, corresponding to the La 3 of the Australian biozonation) was first described for Argentina in the lower portion of the Agua Blanca section, at the western sector of the basin by Toro (1994a) and was later on identified in the Santa Victoria area. The *Tetragraptus akzharensis* Zone (Early Arenigian, equivalent to Be 1 and part of the Be 2 of the Australian scheme), described for the first time in Argentina in the quebrada Los Colorados (Toro 1994a), was later on recognized in the sections of Agua Blanca, Cajas river, Agua Chica, Lumara, Parcha and the area of Santa Victoria. The *Baltograptus deflexus* Zone (Early Arenigian, equivalent to part of Be 2 - Be 4) was recognized in the sections of Los Colorados, Chamarras, Trancas river, Los Perros, Cajas river, Agua Chica and Lumara, and later on identified in the quebradas La Huerta and Grande, in the Santa Victoria area. The *Didymograptellus bifidus* Zone (Middle Arenigian, equivalent to Ch 1 - Ch 2 of Australia) was described for the first time for

Argentina by Toro (1994b) in the quebradas Los Colorados and Chamarra, and later on identified in the section of the La Huerta river.

Figure 2 shows the local correlation scheme of the sections studied in the Cordillera Oriental. The regional correlation is difficult because of the scarcity of graptolite zones corresponding to the Arenigian defined for Argentina. Toro (1997) presented a proposal related to this aspect. We can presently add that the levels of the Acoite Fm. corresponding to the zones of *Tetragraptus phyllograptoides* and *Tetragraptus akzharensis* of the Cordillera Oriental (Jujuy and Salta Provinces) can be correlated with the middle and upper portion of the La Alumbra Fm., outcropping in the Famatina System (Catamarca Province) where these biozones have been recognized. The levels carrying the *Baltograptus deflexus* and *Didymograptellus bifidus* zones of the Cordillera Oriental can be correlated with the lower portion of the Suri Fm., outcropping in the Saladillo Chico river (La Rioja Province), where Toro and Brussa (1997) recognized both biozones. The biostratigraphical scheme of the Cordillera Oriental has been compared in detail by Toro (1997) with the internationally recognized biozonations.

To analyze the distribution of



tramo inferior de la Fm. Suri, aflorante en el río Saladillo Chico (provincia de La Rioja), donde Toro y Brussa (1997) reconocieron ambas biozonas. El esquema bioestratigráfico de la Cordillera Oriental fue calibrado detalladamente por Toro (1997) con las biozonaciones internacionalmente reconocidas.

Para el análisis de la distribución de los taxones reconocidos en el área de estudio se tuvo en cuenta el trabajo de Cooper et al. (1991). Estos autores sostienen que el control batimétrico habría sido tan importante como la ubicación geográfica en la diferenciación faunística, y que las afinidades provinciales resultan más precisas cuando se obtienen comparando graptofaunas de facies semejantes. Una parte importante de la graptofauna estudiada ocupó el biotopo epipelágico, pudiendo mencionarse: *Pendeograptus fruticosus*, *Dichograptus octobrachiatus*, *Clonograptus multiplex*, *Didymograptus (Expansograptus) similis*, *D. (s.l.) simulans* y *Kinnegraptus* sp. El único representante del biotopo de aguas profundas es *Didymograptus (s.l.) protobalticus*, el cual se encuentra asociado a formas epipelágicas en los tramos inferiores de la Fm. Acoite. Un biotopo diferente «inshore biotope» (sensu Cooper et al., 1991), representado por *Didymograptellus bifidus* asociado a otras formas pendientes y al género *Phyllograptus*, se identificó en el tramo superior de la Fm. Acoite. Los biotopos reconocidos reflejan características paleoambientales diferentes, que coinciden con aquellas obtenidas a partir del análisis sedimentológico realizado por Astini y Waisfeld (1993). La biofacies de didymograptidos se desarrolla en la parte más

proximal de la plataforma interna, mientras que una asociación de formas epipelágicas, con escasos representantes del biotopo de aguas profundas, se localiza en la plataforma externa.

El análisis de las afinidades faunísticas muestra tanto en el sector occidental (área de Los Colorados - Chamarra), como en el borde oriental (área de Santa Victoria) de la Cordillera Oriental una mezcla de taxones característicos de las principales provincias biogeográficas de graptolitos (Atlántica y Pacífica), asociados a formas pandémicas (Toro, 1999b). Asimismo, se han registrado especies de distribución muy restringida, como: *Baltograptus turgidus*, *B. kunmingensis*, *B. wudingensis* y *B. bolivianus* (Toro 1999c). Esto sugiere una estrecha conexión entre ambos sectores de la cuenca y se contraponen a la existencia de un relieve positivo (Lipan Swell, sensu Moya, 1988) que controlaba la distribución de las faunas, durante el Ordovícico Inferior.

Para cuantificar las observaciones mencionadas se realizó un análisis estadístico, comparando la graptofauna estudiada con aquellas de las localidades graptolíticas del Ordovícico Inferior mejor conocidas. En la **Figura 3a** puede observarse la relación existente entre las afinidades de la fauna graptolítica de la Cordillera Oriental y las de Baltoscandia, lo que otorga un componente de mezcla a dicho agrupamiento, mientras que la **Figura 3b** pone de manifiesto la estrecha relación con la provincia de Yangtze (SW de China), también considerada provincia de mezcla. Tanto la coexistencia de especies características de las provincias Atlántica y Pacífica, como la presencia de formas de distribución muy restringida, y el análisis

the taxa recognized in the study area the author took into account the work of Cooper et al. (1991). These authors proposed that the bathymetric control would have been as important as the geographical location of the faunistic differentiation, and that provincial affinities are more precise when obtained comparing graptofaunas of similar facies. An important part of the studied graptofauna occupied the epipelagic biotope. Part of this graptofauna were: *Pendeograptus fruticosus*, *Dichograptus octobrachiatus*, *Clonograptus multiplex*, *Didymograptus (Expansograptus) similis*, *D. (s.l.) simulans* and *Kinnegraptus* sp. The only representative of the deep-water biotope is *Didymograptus (s.l.) protobalticus*, which is associated to epipelagic forms in the lower portions of the Acoite Fm. A different biotope «inshore biotope» (sensu Cooper et al., 1991) represented by *Didymograptellus bifidus* associated to other pending forms and to the *Phyllograptus* genus, was identified in the upper portion of the Acoite Fm. The recognized biotopes reflect different paleoenvironmental characteristics, which are coincident with those obtained from the sedimentologic analysis performed by Astini and Wausfeld (1993). The didymograptids biofacies developed in the most proximal part of the inner platform, while an association of epipelagic forms with scarce representatives of the deep-water biotope is localized in the outer platform.

The analysis of the faunistic affinities shows a mixture of characteristic taxa of Atlantic and Pacific biogeographic province along with pandemic forms, both in the western sector (Los Colorados - Chamarra area) and in the

eastern border (Santa Victoria area) of the Cordillera Oriental (Toro 1999b). Likewise, there have been registered species of very restricted distribution, such as: *Baltograptus turgidus*, *B. kunmingensis*, *B. wudingensis* and *B. bolivianus* (Toro 1999c). This suggests a close connection between both sectors of the basin which is opposed to the existence of a positive relief (Lipan Swell, sensu Moya, 1988) that controlled the fauna distribution during the Lower Ordovician.

In order to quantify the mentioned observations, a statistical analysis was made, comparing the studied graptolite fauna with that proceeding from the better known graptolitic localities of the Lower Ordovician. In **Figure 3** there can be observed the existing relation between the affinities of the graptolitic fauna from the Cordillera Oriental and those from Baltoscandia, thus giving a mix component to this assemblage. While **Figure 3b** reveals the close relation with the province of Yangtze (SW of China), also regarded as a mix province. The coexistence of species characteristic of the Atlantic and Pacific provinces, as well as the presence of very restricted distribution forms and the quantitative analysis of biogeographic affinities, lead to the suggestion that the Cordillera Oriental was located in the transition zone of intermediate latitudes (30°-60°). Similar paleogeographic observations result from the study of the graptolite faunas proceeding from the Sistema de Famatina (Toro, 1999b). A large percentage of the registered taxa are pandemic, coexisting species of Atlantic and Pacific affinities, while others are characteristic of Baltoscandia. This suggests that both perigondwanic regions

cuantitativo de las afinidades biogeográficas, permiten sugerir que la Cordillera Oriental estuvo ubicada en la zona de transición de latitudes intermedias (30°-60°). Observaciones paleogeográficas similares resultan del estudio de las graptofaunas provenientes del Sistema de Famatina (Toro, 1999b). Un gran porcentaje de los taxones registrados son pandémicos, coexisten especies de afinidades atlánticas y pacíficas, mientras que otras son características de Baltoscandia. Esto sugiere que ambas regiones perigondwánicas estuvieron estrechamente relacionadas durante el Ordovícico Inferior (Arenigiano), ocupando una posición de latitudes intermedias.

were closely related during the Lower Ordovician (Arenigian), occupying a position of intermediate latitudes.

REFERENCIAS REFERENCES

ASTINI, R.A. y B.G. WAISFELD. 1993. Análisis estratigráfico y paleoambiental del Ordovícico Inferior (Formaciones Acoite y Sepulturas) al oeste de Purmamarca, Cordillera Oriental, Argentina. XII Congreso Geológico Argentino y II de Exploraciones de Hidrocarburos, Actas 1: 96-106. Mendoza.

COOPER, R.A.; R.A. FORTEY y C. LINDHOLM. 1991. Latitudinal and depth zonation of early Ordovician graptolites. *Lethaia*, 24: 199-218. Oslo.

MOYA, M.C. 1988. Lower Ordovician in the southern part of the Argentine Eastern Cordillera. En: H. Bahlburg, Ch. Breitzkreuz and Pl. Giese (eds.), *The Southern Central Andes. Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer Verlag, 17: 55-69.

MOYA, M.C.; S. MALANCA, J.A. MONTEROS y A. CUERDA. 1994. Bioestratigrafía del Ordovícico Inferior en la Cordillera Oriental Argentina basada en graptolitos. *Revista Española de Paleontología*, 9 (1), 91-104. Oviedo.

TORO, B.A. 1994a. Taxonomía, bioestratigrafía y afinidades paleobiogeográficas en base a las graptofaunas ordovícicas del borde occidental de la Cordillera Oriental, provincia de Jujuy, Argentina. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 173 págs. Inédita.

TORO, B. A. 1994b. Las zonas de *Didymograptus* (*Didymograptellus*) *bifidus* (Arenigiano medio) y *Didymograptus* (*Corymbograptus*) *deflexus* (Arenigiano inferior) en la Formación Acoite, Cordillera Oriental, Argentina. *Ameghiniana*, 31 (3): 209-220.

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. XIII Congreso Geológico

Argentino y III de Exploraciones de Hidrocarburos, Actas 5: 27-38. Buenos Aires.

TORO, B.A., 1997. La fauna de graptolitos de la Formación Acoite, en el borde occidental de la Cordillera Oriental argentina. *Análisis bioestratigráfico. Ameghiniana* 34 (4): 393-412.

TORO, B.A. 1999 a. Graptolitos arenigianos de Santa Victoria, Cordillera Oriental, Argentina. *Bioestratigrafía y paleogeografía. XIV Congreso Geológico Argentino, Actas* 1: 339-342. Salta.

TORO, B.A. 1999 b. Early Ordovician (Arenig) graptolites of Northwestern Argentina. (Cordillera Oriental and Famatina): Paleogeographic remarks. *Acta Universitatis Carolinae-Geologica*, 43: 437-440. Praga.

TORO, B.A. 1999 c. Nuevos datos paleontológicos (Graptolithina), bioestratigráficos y paleobiogeográficos del área de Santa Victoria, Cordillera Oriental, Argentina. *Ameghiniana*, 36(4): 477-487.

TORO, B.A. y E.D. Brussa, 1997. Graptolitos de la Formación Suri (Arenig) en el Sistema de Famatina. *Revista Española de Paleontología* 12 (2): 175-184. Bilbao.

Fig. 4. Reconstrucción paleogeográfica del Ordovícico Inferior (Arenigiano) modificada de Cooper et al., 1991. Puede observarse la distribución de las provincias biogeográficas de graptolitos, de la zona de transición y de las regiones de Cordillera Oriental (1), Baltoscandia (2) y provincia de Yangtse (3).

Fig. 4. Paleogeographic reconstruction for the Early Ordovician (Arenig), modified from Cooper et al. (1991). Distribution of the graptolite province, transitional zone and Cordillera Oriental (1), Baltoscandia (2), and Yangtse province (3) regions are shown.

