

**ANALISIS PETROGRAFICO, GEOQUIMICO E ISOTOPICOS GEOQUIMICOS DE LAS ARENITAS DE LA FORMACION FALDA CIENAGA (ORDOVICICO MEDIO) Y SUS IMPLICACIONES PARA LA EVOLUCION DE LA CUENCA ORDOVICICA EN LA PUNA (NW ARGENTINO)**Luna Tula, G.<sup>1</sup>, Marchioli, A.<sup>1</sup>, Narváez, G.<sup>1</sup>, Olima, H.<sup>1</sup>, Ramírez, A.<sup>1</sup>, Zimmermann, U.<sup>1</sup> y Córdoba, G.<sup>1</sup>**INTRODUCCION**

La Formación Falda Ciénaga muestra un gran espesor en la Puna Austral (Fig. 1), pero hasta ahora no se han realizado análisis petrológicos, sedimentológicos o geoquímicos de la misma. De esta formación, existen solamente trabajos basados en hallazgos de graptolitos (1) y del metamorfismo (medido con cristalinidad de illitas), que indica para la misma formación un muy bajo grado (2). La formación modera arenitas, desde grano fino hasta limo, y pelitas cuarzosas (1). El Ordovícico Inferior de la Puna Austral expone la evolución de una cuenca marina sobre corteza continental y de un ambiente pasivo (Tremadoc), a uno activo, durante el Arenig (*i.e.* 3, 4). En contradicción a la Puna Septentrional y la Cordillera Oriental (Fig. 1), la ausencia del volcanismo en la parte austral de la cuenca no ha sido determinada. Este trabajo muestra los primeros datos de la Formación Falda Ciénaga, la más joven en la Puna Austral (Fig. 2).

**RESULTADOS**

La Formación Falda Ciénaga, entre Antofagasta de la Sierra y Los Nacimientos, aflora en una región cuya extensión es de 10 km x 40 km, en la cual los litotipos de los afloramientos de esta formación hasta el Salar de Hombre Muerto están incluidos (Fig. 1c). El rumbo de las rocas sedimentarias es NNE al SSW con inclinaciones altas, entre 65° y 88° al E. Es un resultado de la deformación Oclóyica (Ordovícico Superior; Fig. 2) que plegó las rocas isoclinal con vergencia dominante al oeste. Eso produce un clivaje N-S paralelo al rumbo de las capas. Raramente es un clivaje secundario SW-NE. Nuevos hallazgos de graptolitos (*Glossograptus* sp.) en la Formación Falda Ciénaga indican una edad entre Arenig Superior y Llanvirn (5).

La Formación Falda Ciénaga contiene 5 litofacies:

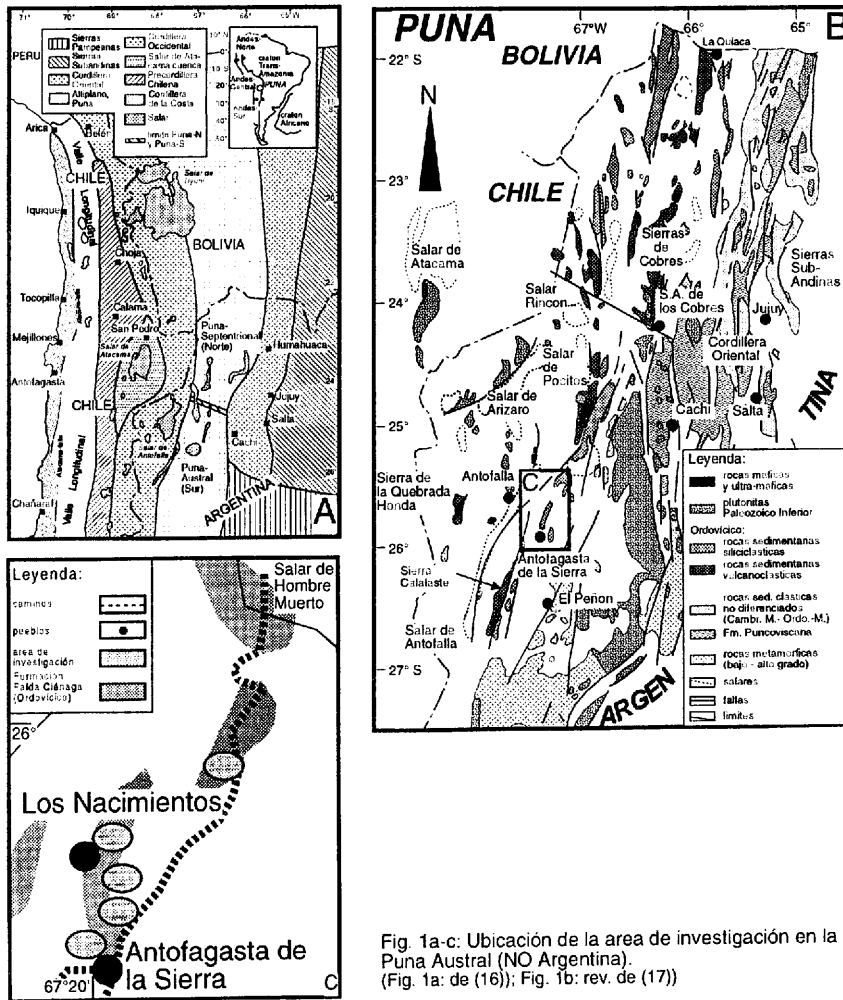
**1. arenitas cuarzosas (finas hasta medianas):**

Las arenitas marrones y verdes contienen 80 – 90 % de cuarzo redondo y medianamente seleccionado. Casi el 40 % de los cuarzos posee una extinción giratoria, policristalinos son relativamente raros. Muchos cuarzos muestran inclusiones y rupturas. Los feldespatos revelan un claro dominio de feldespato alcalino, pero con ausencia de microclina. La plagioclasa es pequeña con esquinas redondeadas. Como accesorios se distinguen únicamente litoclastos metamórficos, apatito, anfíboles, micas y circones (redondos y quebrados). La porción de matriz es de 1-5% y la misma contiene casi solamente minerales arcillosos. Este litotipo fue depositado como corrientes turbidíticas ( $T_{b-d(e)}$ ) (Fig. 3). Los paquetes poseen espesores de entre 30 y 60 cm intercalando con pelitas coloradas (litotipo 4). En algunas muestras existen capas de pirita y/o fenocristales de un tamaño de hasta 2 cm. En la mayoría de los casos las piritas exhiben un borde de silicio.

**2. grauvacas (finas hasta medianas):**

La porción de matriz es de entre 15 y 40 % y comprende minerales arcillosos, micas y litoclastos sedimentarios descomponiéndose. Las rocas son grises hasta verde-azules. Predominan cuarzos (<80 %) y feldespatos (P/F 0,4) y ausencia de litoclastos. En reiteradas muestras la selección de cuarzos es bimodal, existen componentes de tamaño limo y otros hasta 300  $\mu\text{m}$ . Accesorios son apatitos, anfíboles, micas, pirita y abundantes circones, estos últimos son redondos (< 100  $\mu\text{m}$ ), aunque también muestran cristales idiomórficos. En general, ellos son elongados y anchos (< 250  $\mu\text{m}$ ).

<sup>1</sup> Facultad de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, Dep. de Geología, Universidad Nacional de Catamarca, Maximio Victoria 55, 4700 Catamarca, Argentina; contacto: [gracielaacordoba@infovia.com.ar](mailto:gracielaacordoba@infovia.com.ar), [uzimmer@cedeconet.com.ar](mailto:uzimmer@cedeconet.com.ar)



Periodo	Epoca	Cordillera Oriental	Sierra del Cobre	Puna-N	PUNA	Puna-S
<b>Orogenia Oclóyica</b>						
<b>Ordovícico</b>	Caradoc				Sistema turbiditas superior	?
	Llandeilo	Formación Santa Gertrudis		Compl. Turbidito de la Puna		Formación Falda Ciénaga
	Llanvirn	Formación Sepulturas	Formación Coquena		Sistema turbiditas inferior	Formación Coquena
	Arenig	Formación Acoite	Formación Chiquero		sucesiones volcano-sedimentarias	Formación Diabolo
	Tremadoc	Formación Santa Rosita	Fm. Potrerrillo Fm. Taique Fm. Matancilla		Fm. Las Vicuñas	Formación Tolar Chico
Cambrico		Grupo Mesón				
Vendian		Fm. Puncoviscana				

Fig. 2: Tabla estratigráfica del Ordovícico (NO de Argentina, de (17)).

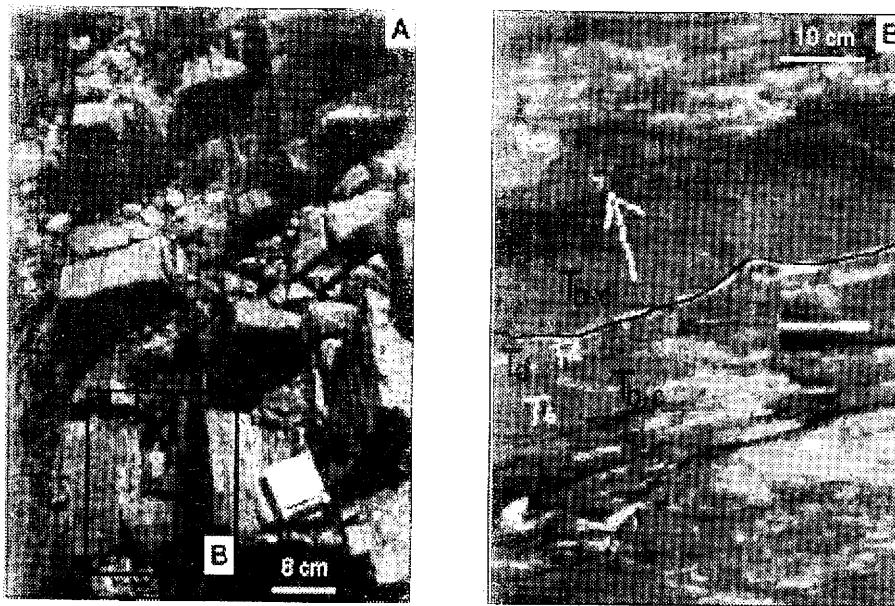


Fig 3a. Turbiditas en la Formación Falda Ciénaga.  
Fig 3b. Detalle de las turbiditas con una base ondulada. La foto esta girada 90° en el sentido de las agujas del reloj de la fig. 3a, la flecha indica al top.

### 3. grauvacas (gruesas hasta guija):

Las rocas son rojas hasta verdes con una porción de matriz de hasta 35%. Ese litotipo es muy grueso y acusa litoclastos sedimentarios y metamórficos. Los cuarzos grandes (< 2 mm) son redondeados y los pequeños menos redondos. Aproximadamente 50 % de los cuarzos poseen una extinción giratoria. Los cuarzos policristalinos son abundantes. Los feldespatos son dominados por feldespato alcalino con un similar tamaño a los cuarzos grandes, aunque también en este litotipo hay ausencia de microclina. La plagioclasa es pequeña, por lo que no es posible medir su contenido de anortita. Los litoclastos son mayoritariamente fragmentos sedimentarios. Existen algunas filitas y fragmentos de arcillas muy deformadas. Los litoclastos sedimentarios consisten predominantemente en arenitas bien seleccionadas dominadas por cuarzo (hasta 100%). Los tamaños de granos son muy diferentes, desde limo hasta arena gruesa. Los minerales son redondos y raramente se observa circón y feldespato.

### 4. pelitas coloradas:

Las capas son finas (entre 1 cm y 5 cm) y afloran en paquetes de 10 cm hasta 40 cm. En general son de color verde, rojo y gris. No es posible determinar minerales en el campo, los análisis de RXD están en proceso.

### 5. pelitas negras:

Afloran en paquetes de hasta 2 m y presentan capas muy finas (< 1cm). Este litotipo aparece en la parte alta de capas de turbiditas. Ellas pueden marcar una ausencia de deposición de turbiditas. Ellas son comparables con las pelitas negras que (6) describió en la Puna Austral en el Ordovícico Medio ("sistema turbiditas superior"). Tampoco es posible determinar minerales en el campo o con microscopio.

Todos los litotipos pueden pertenecer a un sistema de turbiditas. Predominante son turbiditas (arenitas) que intercalan con pelitas coloradas y en el este con pelitas negras. Las grauvacas afloran solamente en el oeste y son raras. Especialmente las grauvacas gruesas podrían marcar rellenos de canales.

La geoquímica, hasta ahora preliminar (análisis de ICP-MS están en proceso), indica concentraciones de Rubidio (41-90 ppm), Estroncio (32-64 ppm), Neodimio (18 – 32 ppm) y Samario (3,6 – 6,6 ppm), que muestran una alteración grave (elementos mayores) que es muy típico para el Ordovícico Inferior en la Puna (7, 8). Las concentraciones de Sm y Nd son muy típicas para corteza continental superior (9). Los datos de la isotopía Rb/Sr muestra un valor para  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  típico para corteza continental superior (0,73425023 hasta 0,73853563; 10). Los valores de  $\epsilon_{\text{Nd}(t=\text{sed})}$  son entre -5,12 y -6,06 y las edades modelos entre 1593 Ma y 1660 Ma (según el modelo de 3 escalas de (11)). Los datos son comparables con los valores de rocas sedimentarias del Ordovícico en general (7, 12), aparte de la Formación Diablo en general (Fig. 2), y algunas

muestras de las sucesiones volcánicas (Fig. 2). También coinciden los datos con los resultados de rocas magmáticas paleozoicas de las Sierras Pampeanas (13), Sierra Famatina (14) y de las rocas sedimentarias pre-Ordovícico de la región (Grupo Mesón y Formación Puncoviscana; 12, 15).

## CONCLUSIONES

Interpretamos la Formación Falda Ciénaga en la Puna Austral como un equivalente del sistema de turbiditas (Fig. 2) en la Puna Septentrional (6). La composición petrográfica es muy similar, la edad de la deposición y las facies son comparables. La Formación Falda Ciénaga no contiene material volcanogénico y rocas volcánicas sinsedimentarias no se conocen hasta ahora. La formación está dominada por cuarzos bien seleccionados y redondeados. Litoclastos sedimentarios existen solamente en las grauvacas muy gruesas, otros litoclastos están casi ausentes. Es muy probable que esta formación represente el momento de la ausencia del volcanismo del arco continental en la región, que fue activo desde el Tremadoc (Superior?) (4, 5, 14).

A causa de la gran extensión de la Formación Falda Ciénaga, trabajos regionales con más datos geoquímicos e isotópicos son imprescindibles para determinar mejor la procedencia y para desarrollar un modelo de asociaciones de facies.

## REFERENCIAS

1. Aceñolaza, F. G.; Toselli, A.J.; Gonzalez, O. 1976. Geología de la región comprendida entre el Salar del Hombre Muerto y Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol 31, (2), p. 127-136.
2. Toselli, A.J. 1982. Criterios de definición del metamorfismo de muy bajo grado-con especial énfasis en el perfil de Falda Ciénaga, Puna de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. XXXVII, No. 2, p. 205-213.
3. Zimmermann, U. 1999. Sedimentpetrographische, geochemische und isotopengeochemische Methoden zur Bestimmung der Beziehung von Provenienz und Ablagerungsraum an aktiven Kontinentalrändern: Das ordovizische Back-Arc-Becken in der Süd-Puna, Hochland im Nordwesten Argentiniens. Ph.D. Thesis. Universität Heidelberg, 281 p.
4. Zimmermann, U.; Bahlburg, H. 1998. Ordovician sedimentary successions of the southern Puna region (NW Argentina): Determination of provenance and tectonic setting. *In IGCP Project 376: Laurentian-Gondwanan connections before Pangea-Final conference, Program with abstracts*, p 38. Oaxaca/Mexico.
5. Zimmermann, U.; Moya, M.C.; Narváez, G. (Inédito). Nuevos hallazgos de graptolitos en la Formación Falda Ciénaga (Puna Austral, NO Argentina) – equivalente al "Tibidite System" de la Puna Septentrional?
6. Bahlburg, H. 1990. The Ordovician basin in the Puna of NW Argentina and N-Chile: geodynamic evolution from back-arc to foreland basin. *Geotektonische Forschungen*, No. 75, p. 1-107.
7. Zimmermann, U.; Pankhurst, R.J.; Bock, B.; Bahlburg, H. 1999. Nd-Sr isotope and trace element geochemistry of the ordovician clastic sedimentary rocks of the southern Puna (NW Argentina): implications for provenance and the evolution of western Gondwana. *In II. Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, Actas*, p. 283-284.
8. Bahlburg, H. 1998. The geochemistry and provenance of Ordovician turbidites in the Argentine Puna. *In The Proto-andean Margin of Gondwana*. (Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. editors). Geological Society, London, Special Publication, No. 142, p. 127-142.
9. Taylor, S.R.; McLennan, S.M. 1985. *The Continental Crust: its Composition and Evolution*. Blackwell Scientific, 312 p., London, United Kingdom.
10. Rollinson, H.R. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. p 1-352, Longman. 352 p., London, United Kingdom.
11. DePaolo, D.J.; Linn, A.M.; Schubert, G. 1991. The Continental Crustal Age Distribution: Methods of Determining Mantle Separation Ages from Sm-Nd Isotopic data and Application to the Southwestern United States. *Journal of Geophysical Research*. Vol. 96, no. B2, p. 2071-2088.
12. Bock, B.; Bahlburg, H.; Wörner, G.; Zimmermann, U. (En prensa). Tracing crustal evolution in the southern Central Andes from Late Precambrian to Permian with geochemical and Nd and Pb isotope data. *Journal of Geology*.
13. Rapela, C.W.; Pankhurst, R.J.; Casquet, C.; Baldo, E.; Saavedra, J.; Galindo, C.; Fanning, C.M. 1998. The Pampean Orogeny of the southern proto-Andes: Cambrian continental collision in the Sierras de Córdoba. *In The Proto-Andean Margin of Gondwana* (Pankhurst, R.J.; Rapela, C.W. (editors.)). Geological Society, London, Special Publication, No. 142, p. 181-217.
14. Pankhurst, R.J.; Rapela, C.W.; Saavedra, J.; Baldo, E.; Dahlquist, J.; Pascua, I.; Fanning, C.M. 1998. The Famatinian magmatic arc in the central Sierras Pampeanas: an Early to Mid Ordovician continental arc on the Gondwana margin. *In The Proto-Andean Margin of Gondwana* (Pankhurst, R.J.; Rapela, C.W. (editors.)). Geological Society, London, Special Publication, No. 142, p. 181-217.
15. Lucassen, F.; Becchio, R.; Wilke, H.G.; Franz, G.; Viramonte, J.; Wemmer, K. 1998. Metamorphism and composition of the Andean crust (18°-26°S). *Terra Nostra*. Vol. 98, No. 5, p.103-104.