

# LA OROGÉNESIS FAMATINIANA EN LA PUNA OCCIDENTAL DE ARGENTINA Y EN EL NORTE DE CHILE

Hans NIEMEYER<sup>1</sup> y Marcos SANHUEZA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile. Email: hansn@ucn.cl

## RESUMEN

En este trabajo se analizan los efectos de la orogénesis Famatiniana, que se desarrolló según un tectonismo intra-ordovícico dentro de un arco magmático continental ordovícico a lo largo del borde suroccidental de Gondwana, tanto en la Puna occidental argentina como en el norte de Chile. Dicha orogénesis culminó con la fase tectónica Oclóyica, que se manifestó como un plegamiento muy apretado de orientación nor-noreste, con desarrollo de clivaje de plano axial, que estuvo acompañado de magmatismo plutónico e hipabisal. Datos de edades K-Ar del magmatismo plutónico indican una edad probablemente rejuvenecida de ~440 Ma para esta fase. Por otro lado, se ha detectado una discordancia y plegamiento que abarca el lapso Floiano-Dapingiano temprano tanto en la Puna y Famatina como en el Cordón de Lila, que se asignan a la fase Tumbaya. Debe agregarse la deformación ordovícica observada en dos plutones, que se caracterizan por la presencia de franjas de milonitas y cataclasitas, discordancia y alzamiento tectónico y erosión de las rocas del arco magmático, asignables a la fase Guandacol, ocurrida entre el Darriwiliano.

**Palabras clave:** *Fases tectónicas Tumbaya, Guandacol, Oclóyica*

## ABSTRACT

*The Famatinian orogeny in western Puna of Argentina and northern Chile*

In this paper the Famatinian orogeny that developed during an intra-Ordovician tectonism in an Ordovician continental magmatic arc along the western border of Gondwana is analyzed. In the Puna, this orogeny ends with the Oclöyic phase, that is characterized by a tight nor-northeast folding with axial planar cleavage that was synchronic with plutonic and hypabissal magmatism. K-Ar determinations in plutonic magmatism show a probable ~440 Ma rejuvenated age for this phase. Two other Ordovician events are recognized. The first one consists in a Floian-early Dapingian folding that is assigned to the Tumbaya phase. The second one is characterized by milonitic and cataclastic deformation in two plutons of the Cordón de Lila, a tectonic uplift and erosion of the magmatic arc and an unconformity during the Darriwilian and was assigned to the Guandacol phase.

**Keywords:** *Tectonic phases Tumbaya, Guandacol, Oclöyic*

## INTRODUCCIÓN

La orogénesis Famatiniana se desarrolló durante el Ordovícico en la parte occidental de Gondwana (Bahlburg y Hervé 1997) y afectó a un arco magmático de borde continental con subducción dirigida hacia el noreste (Coira *et al.* 1982), también llamado cordón orogénico Famatiniano (Rapela *et al.* 2001). Éste abarcó desde la Puna occidental argentina y norte de Chile, hasta la sierra de Famatina (Rapela *et al.* 2001), en Argentina (Fig. 1). En su extremo septentrional se ha denominado faja eruptiva de la Puna occidental (Palma *et al.* 1986), incluyendo al cordón de Lila en territorio chileno (Nie-

meyer 1989, Zimmermann *et al.* 2010).

La orogénesis Famatiniana se inició en el Ordovícico Temprano y culminó con la fase Oclóyica a fines de dicho período (Rapela *et al.* 2001). La primera denominación tiene su origen en la sierra de Famatina en tanto que la segunda en la tribu o pueblo de los Oclöyas, antiguos habitantes del noroeste argentino (Dr. Eduardo Cigliano en Turner y Méndez 1975).

Por otro lado, el concepto de fase Oclóyica ha sido empleado para referirse al tectonismo ocurrido entre el Ordovícico y el Silúrico en la Puna occidental argentina (Turner y Méndez 1975, Turner y Méndez 1979, Mon y Hongn 1991). Posteriormente, Astini (1998) sugirió referir-

se más bien a movimientos Oclóyicos debido a que dentro de tan amplio rango de tiempo involucrado en la definición original podrían haber ocurrido varias sub-fases tectónicas. Sin embargo, definido de este modo el concepto se amplía demasiado (por ejemplo, Palacios Herrera *et al.* 2013), abarcando fases comprendidas dentro del lapso de la orogénesis Famatiniana, por lo cual en el presente trabajo se prefiere restringir el rango de acción de la fase Oclóyica al Ordovícico Tardío.

Esta publicación se refiere al tectonismo intra-ordovícico asociado a la orogénesis Famatiniana, dentro del ámbito de la sierra de Famatina y Puna occidental argentina, según los antecedentes disponibles

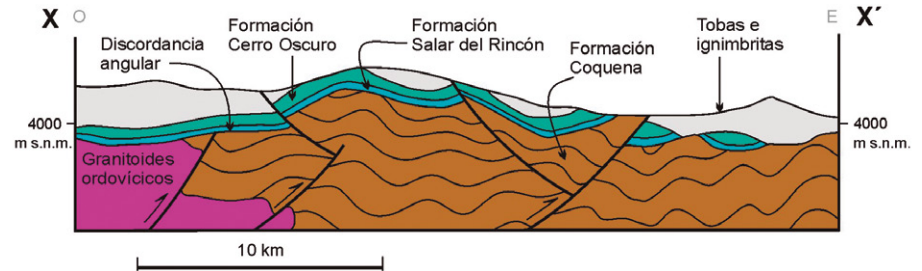


**Figura 1:** Ubicación del cinturón orogénico Famatiniano (COF), faja eruptiva de la Puna occidental (FEPO), Cordón de Lila (CL), Puna (PU) y sierra de Famatina (SF).

en la literatura, y su integración con los datos reunidos por los autores en el cordón de Lila, Chile (Fig. 1). La integración es necesaria por cuanto recientemente se han venido desvelando varios episodios tectónicos ocurridos durante el Ordovícico dentro de dichos territorios (González *et al.* 2007, Hongn y Vaccari 2008, Cisterna y Mon 2014). Para efectuar tal integración deben tomarse en cuenta las incertezas introducidas por los errores analíticos de las determinaciones de edades radiométricas en distintos cuerpos plutónicos tanto en la Argentina como en Chile.

## LA OROGÉNESIS FAMATINIANA EN LA PUNA OCCIDENTAL ARGENTINA

Los antecedentes para analizar la orogénesis Famatiniana en la Puna occidental



**Figura 2:** Perfil estructural X-X', de orientación O-E, que indica la discordancia angular asociada a la fase Oclóyica, entre Formación Coquena (Tremadociano) y Formación Salar del Rincón (Hirnantiano superior-Llandoveryano) en la Puna argentina. Se sobrepone, concordantemente a la Formación Salar del Rincón, la Formación Cerro Oscuro (Carbonífero). En la parte occidental del perfil se indican granitoides ordovícicos. Sobreyacen a estas rocas tobas e ignimbritas del Mioceno. Simplificado de Blasco *et al.* (1996).

argentina son de orden estratigráfico, estructural y geocronológico.

### Antecedentes estratigráficos

La evidencia de plegamiento de las sucesiones ordovícicas de la Puna argentina está dada por la discordancia angular que separa los estratos de la Formación Coquena (equivalente cronoestratigráfico de la Formación Las Vicuñas, del Tremadociano; Moya *et al.* 1993) de la base de la suprayacente Formación Salar del Rincón. La discordancia puede observarse en un pequeño afloramiento cartografiado por Blasco *et al.* (1996) en el sector de Vega de Pinato, Puna argentina (Fig. 2). El contenido fosilífero de la Formación Salar del Rincón indicó para ella una edad comprendida entre el Hirnantiano tardío y el Llandoveryano temprano (Isacson *et al.* 1976, Benedetto y Sánchez 1990), estableciendo que el límite Ordovícico-Silúrico se ubicaría dentro de dicha Formación. Una edad independiente, basada en su contenido de palinomorfos, confirmó la asignación cronológica para la Formación Salar del Rincón (Rubinstein y Vaccari 2004). Consecuentemente, la fase Oclóyica habría ocurrido durante el Ordovícico Tardío pre-Hirnantiano tardío.

### Antecedentes estructurales

En su estudio sobre la Puna argentina, Turner y Méndez (1979) caracterizaron los efectos de la fase Oclóyica como un plegamiento muy apretado de orientación nor-noreste que estuvo acompañado de magmatismo plutónico e hipabisal. La

orientación nor-noreste y los ejes subhorizontales de los pliegues ha sido comprobada mediante mediciones estructurales. Además, caracteriza a dichos pliegues un conspicuo desarrollo de clivaje de plano axial, tanto a escala hectométrica como métrica (Fig. 3; Mon y Hongn 1987). Se ha restringido el ámbito de acción de la fase Oclóyica a aquella parte de la Puna que se extiende desde el cerro del Rincón hasta unos 200 km al sur del salar de Antofalla (Mon y Hongn 1991).

Por su parte, Hongn y Vaccari (2008) reportaron en el flanco occidental de cerro Oscuro, una discordancia angular intra-ordovícica entre estratos muy plegados de la Formación Las Vicuñas (pelitas y areniscas con intercalaciones volcánicas del Cámbrico tardío-Tremadociano; Moya *et al.* 1993), equivalentes de la Formación Coquena (Blasco *et al.* 1996) y niveles de conglomerados y areniscas con intercalaciones volcánicas afectados por pliegues de menor intensidad, los cuales, según Hongn y Vaccari (2008), fueron asignados provisoriamente a la Formación Aguada de la Perdiz, del Arenigiano (Breitkreuz 1986; Monteros *et al.* 1996). Más al sur, en sierra de Narváez, perteneciente a la sierra de Famatina, Cisterna y Mon (2012) documentaron estratos del Tremadociano afectados por una tectónica polifásica caracterizada por dos deformaciones superpuestas  $D_1$  y  $D_2$ . Dicho tectonismo contrasta con aquel que afectó a la sucesión floiana-dapingiana en la vecina sierra de las Planchadas, donde sólo se observan los efectos de la deformación  $D_2$ . Las diferencias entre la de-

formación múltiple de las rocas del Tremadociano y la estructura simple de los depósitos del Floiano superior-Dapingiano inferior indujeron a postular una relación discordante entre ambas (Cisterna y Mon 2014), aunque materialmente no se ha observado tal discordancia. Otra evidencia de movimientos intra-ordovícicos en la sierra de Famatina es la discordancia que separa al Grupo Famatina (Ordovícico Inferior) del Grupo Cerro Morado (Ordovícico Medio), donde además se ha considerado la culminación del plutonismo en 480 Ma (Astini y Dávila 2004).

#### Antecedentes geocronológicos

En un artículo especialmente dedicado a la fase Oclóyica, Ramos (1986) señaló que ésta habría ocurrido a los  $440 \pm 4$  Ma, basando dicha cifra en un estudio estadístico de edades radiométricas por el método K-Ar en plutones graníticos del noroeste argentino (Ramos y Ramos 1979). Puesto que los antecedentes estratigráficos aportados por Rubinstein y Vaccari (2004) indican que la discordancia asociada a dicha fase debe ser anterior al Hirnantiano, esa edad se interpreta aquí como el producto de un rejuvenecimiento producido posiblemente por pérdida de Ar en los plutones graníticos. Análogamente, pueden citarse dos edades K-Ar rejuvenecidas de  $425 \pm 11$  Ma (biotita) y  $429 \pm 12$  Ma (hornblenda) en el Plutón Pingo-Pingo del cordón de Lila (Mpodzisz *et al.* 1983) respecto de su edad de cristalización de  $475,4 \pm 4,3$  Ma por el método U-Pb en circón (Niemeyer *et al.* 2014).

### LA OROGÉNESIS FAMATINIANA EN EL CORDÓN DE LILA, NORTE DE CHILE

En el cordón de Lila se observan diferentes rasgos tectónicos asignables a la orogénesis Famatiniana. Éstos se manifiestan por plegamiento, discordancia y erosión, además de una intensa deformación que afecta a rocas graníticas. Dentro de dicho relieve aflora el denominado Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila (Niemeyer 1989) for-

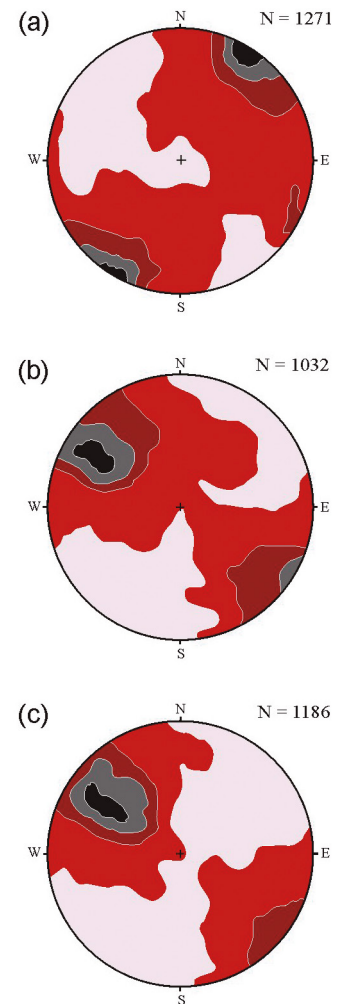
mado por un miembro inferior de 2.500 m de espesor de basaltos en almohadillas intercalados con turbiditas y por un miembro superior, de 250 m de espesor, integrado por coladas de dacitas, brechas volcanoclásticas e intercalaciones de capas de turbiditas y lutitas (Niemeyer 2013). El Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila representa al arco magmático que se desarrolló durante el Ordovícico Tardío a Medio durante la orogénesis Famatiniana.

#### Plegamiento del Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila

El plegamiento de la sucesión del Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila es ostensiblemente heterogéneo a lo ancho del cordón de Lila. Efectivamente, mientras que en su flanco occidental la actitud de las capas es monoclinical con rumbo noreste y manteo de  $30^\circ$  a  $60^\circ$  al noroeste, en su flanco oriental se observan pliegues con ejes subhorizontales de rumbo E-O. Allí los pliegues son hectométricos (Fig. 4), decamétricos, métricos y centimétricos con desarrollo de clivaje de plano axial subvertical (Fig. 5). Numerosos cuerpos hipabisales formados por filones-manto sintectónicos de microdiorita de textura ofítica se intruyeron durante el plegamiento de la secuencia. Algunos cuerpos de gabro conforman también *stocks* que intruyen a las rocas ordovícicas ya plegadas y afectadas por clivaje. El sello final del plegamiento y de los intrusivos hipabisales está dado por el plutón post-tectónico granodiorítico de Pingo-Pingo (Valencia 2014), datado en  $475,4 \pm 4,3$  Ma, por el método U-Pb en circón (Niemeyer *et al.* 2014).

#### Plegamiento en cerro Tambillo

En el cerro Tambillo aflora un *roof-pondant* formado por sedimentitas intruidas por filones-manto de gabro dentro del monzogranito Tambillo. Allí, las sedimentitas en conjunto con los filones-manto de gabro se encuentran afectados por pliegues decamétricos y métricos con lineaciones subparalelas a sus ejes. El rumbo de los pliegues y sus lineaciones asociadas varía entre noroeste y nor-noroeste (Fig. 6). La

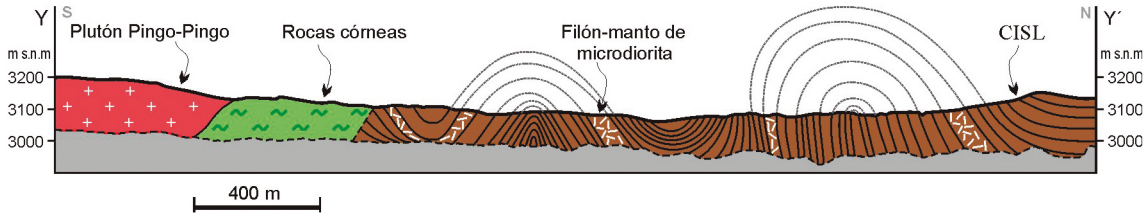


**Figura 3:** Diagrama de densidad de a) ejes de pliegues, b) polos de planos de estratificación y c) polos de clivaje de plano axial correspondientes a la fase Oclóyica medidos en el cordón del Gallego, Puna argentina. Red equiareal. Según Mon y Hongn (1987).

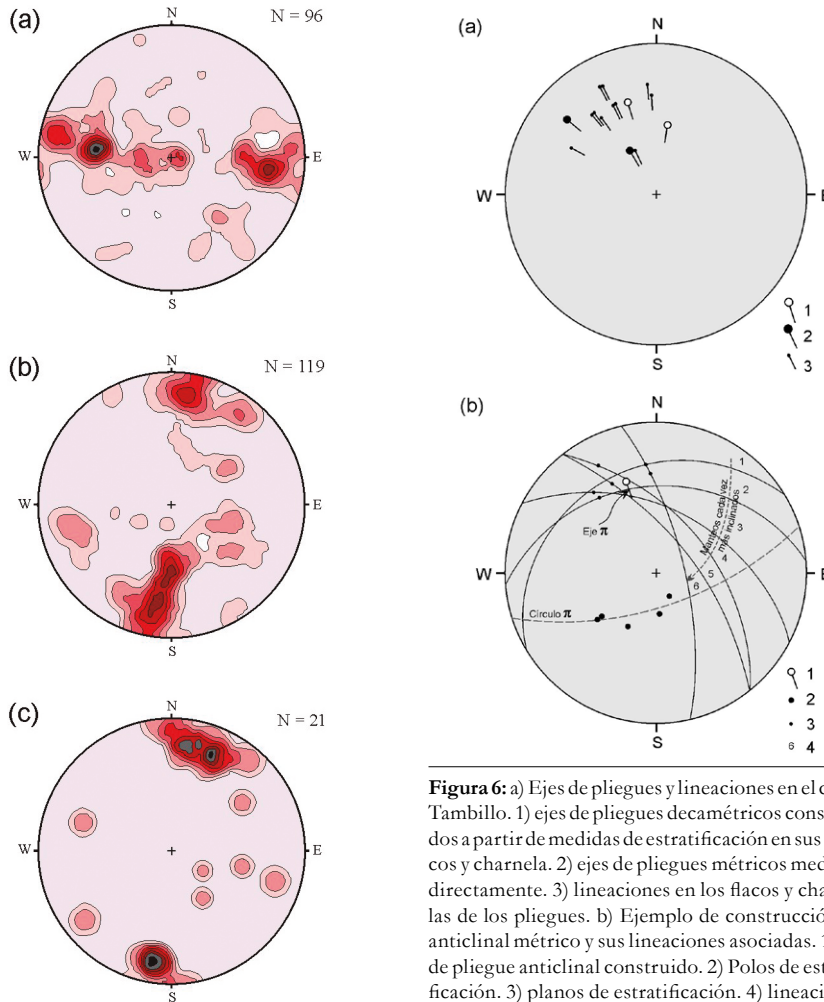
edad del gabro es de  $470 \pm 3$  Ma (Hervé, comunicación escrita), por lo cual el plegamiento bien puede atribuirse al Dapingiano superior-Darriwiliano superior.

#### Levantamiento y erosión del Complejo Ígneo-sedimentario del Cordón de Lila

La Formación Quebrada Grande, datada del Dapingiano superior-Darriwiliano inferior mediante restos fósiles de braquiópodos y graptolites (González *et al.* 2007, Benedetto *et al.* 2008), sobreyace mediante discordancia angular al Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila. Dicha formación contiene conglo-

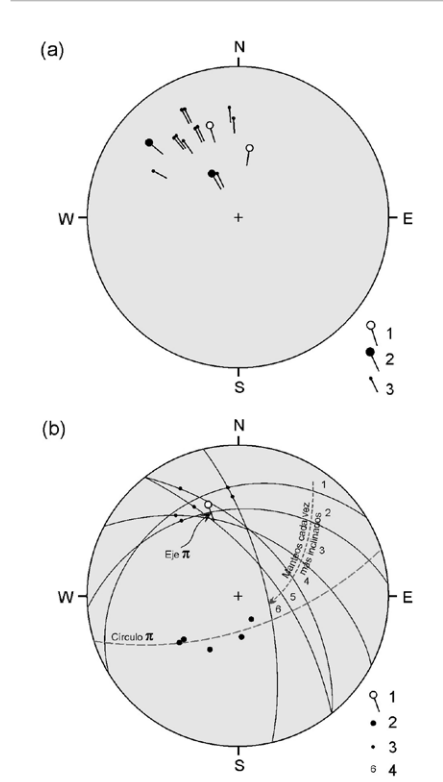


**Figura 4:** Perfil estructural Y-Y', de orientación N-S, que indica los pliegues hectométricos en el Complejo Ígneo-sedimentario del Cordón de Lila con un filón-manto de microdiorita sintectónico. En el extremo sur se aprecia el contacto con el Plutón Pingo-Pingo, que presenta una aureola de metamorfismo con desarrollo de rocas córneas en el Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila. Según Valencia (2014).



**Figura 5:** Diagrama de densidad de (a) ejes de pliegues decamétricos, métricos y centimétricos, (b) polos de planos de estratificación y (c) polos de clivaje de plano axial en el Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila; cordón de Lila, Chile. Red equiangular.

merados con clastos redondeados de rocas volcánicas procedentes del Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila así como también de cuerpos hipabisales que lo intruyen, además de clastos de granodiorita provenientes del plutón



**Figura 6:** a) Ejes de pliegues y lineaciones en el cerro Tambillo. 1) ejes de pliegues decamétricos construidos a partir de medidas de estratificación en sus flancos y charnela. 2) ejes de pliegues métricos medidos directamente. 3) lineaciones en los flancos y charnelas de los pliegues. b) Ejemplo de construcción de anticlinal métrico y sus lineaciones asociadas. 1) eje de pliegue anticlinal construido. 2) Polos de estratificación. 3) planos de estratificación. 4) lineaciones en un flanco del anticlinal. Red equiangular.

ordovícico de Pingo-Pingo (Niemeyer 2013). Sus conglomerados representan una importante erosión subaérea asociada al levantamiento tectónico de las rocas del arco magmático (González *et al.* 2007). A su vez, los estratos de la Formación Quebrada Ancha, de edad llandoveriana (Niemeyer *et al.* 2010), se disponen mediante discordancia angular sobre rocas del Complejo Ígneo-sedimentario del Cordón de Lila, en el sector suroccidental

del cordón de Lila, sugiriendo también allí la presencia de la fase Oclóyica.

**Las franjas de milonitas de la granodiorita El León**

Otro lugar del cordón de Lila donde se observa una intensa deformación, es en su extremo suroriental, donde la granodiorita El León, de grano grueso (5-30 mm), con marcada foliación magmática, es afectada concordantemente a su foliación por delgadas franjas lenticulares de milonitas de 2 a 5 m de ancho (Fig. 7) y algunas decenas de metros de corrida. La edad de la granodiorita El León fue determinada en  $467,0 \pm 3,3$  Ma por el método U-Pb en circon (Niemeyer *et al.* 2014) y las milonitas se consideran como una deformación en estado subsólido final de aquellas (Carrasco 2015). En las milonitas ocurren indicadores cinemáticos de tipo normal-sinistral. De esta manera, el plutón El León constituiría una zona de cizalla de 2- 3 km de ancho, de orientación noreste, en la cual se desarrolló primero una marcada foliación magmática y, después, una deformación dada por angostas zonas miloníticas concordantes con dicha foliación.

**La franja de cataclitas en el plutón Tambillo**

En el extremo oriental del plutón Tambillo, formado por monzogranito, se desarrolló una franja de intensa cataclisis de orientación submeridiana (Palacios Herrera *et al.* 2013). La edad de la cataclisis es claramente ordovícica. En efecto, su edad máxima posible corresponde a la edad de cristalización del propio plutón Tambillo, datado en  $483,6 \pm 3,8$  Ma por el método U-Pb en zircón. Su edad mínima está dada por la edad U-Pb en cir-



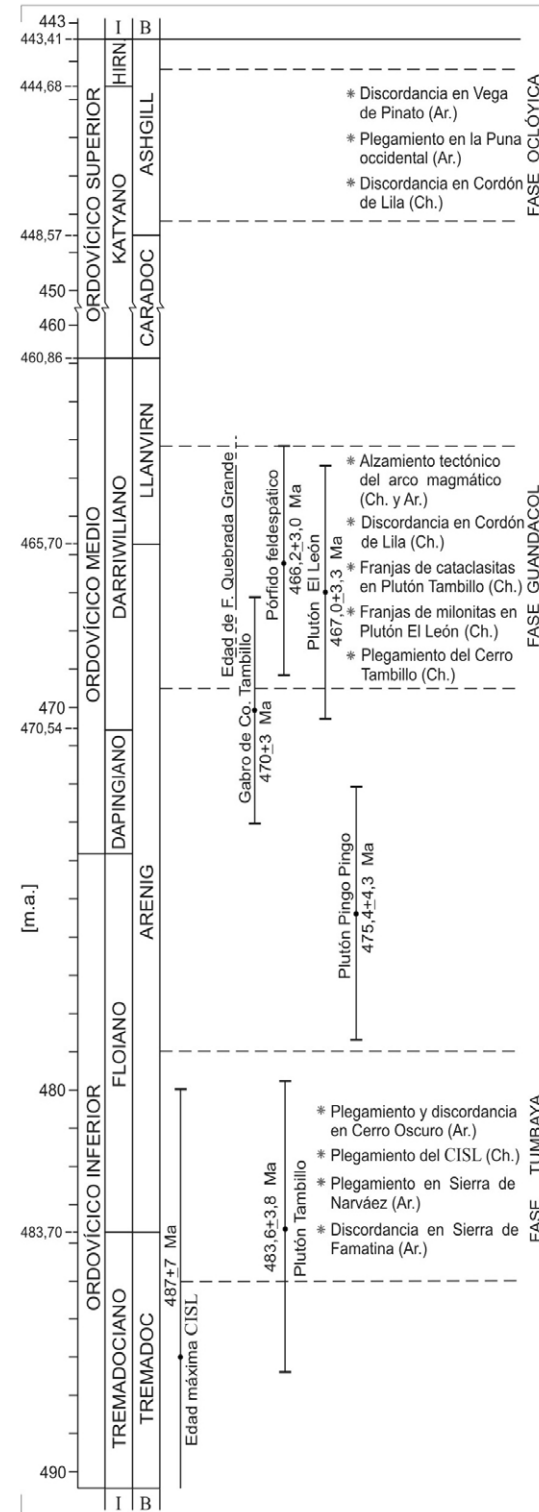
**Figura 7:** Franja de milonita dentro del plutón El León. Notar la alternancia de fajas leucocráticas y melanocráticas.

cones de  $466,2 \pm 3,0$  Ma obtenida en un dique de pórfido feldespático que intruye a la franja cataclástica (Palacios Herrera *et al.* 2013). Por consiguiente, se asigna la cataclisis al Darriwiliano.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se concluye que en la Puna occidental argentina y en el cordón de Lila, dentro del cinturón orogénico Famatiniano, o más localmente, dentro de la faja eruptiva de la Puna occidental (Palma *et al.* 1986), se registran variados estilos de deformación asignables a la orogénesis Famatiniana. Los antecedentes estratigráficos indican que en la Puna occidental argentina el rango de edad para dicha orogénesis se extiende desde el Tremadociano hasta el Hirnantiano (Hongn y Vaccari 2008). En la Figura 8 se presentan las diferentes fases tectónicas ocurridas durante la orogénesis Famatiniana.

Efectivamente, el plegamiento del Complejo Ígneo-sedimentario del Cordón de Lila se habría producido contemporáneamente con el señalado por Hongn y Va-



**Figura 8:** Cronología de las fases tectónicas durante la orogénesis Famatiniana, entre el Ordovícico Temprano y el Ordovícico Tardío en la Puna occidental argentina y el norte de Chile. Se indican las edades de los cuerpos plutónicos con sus respectivos errores analíticos en el cordón de Lila, como así también los distintos eventos estructurales relacionados con cada una de las fases tectónicas en Argentina (Ar.) como en Chile (Ch.). Cada uno de estos eventos no se indica en orden estratigráfico. La cronología del Ordovícico adoptada es la de Sadler *et al.* (2009). I: escala internacional. B: divisiones de la escala británica.

ccari (2008) para cerro Oscuro, el cual constituye la evidencia mejor definida de una deformación tremadociana tardía-floiana temprana en la Puna. Más al sur, en la sierra de Famatina, el plegamiento intra-ordovícico entre estratos del Tre-

madociano y del Floiano fue asignado a la fase Tumbaya de Moya (1997) por Cisterna y Mon (2014), nombre que se adopta aquí para el plegamiento del Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila. Durante el Darriwiliano se produjo la

brusca detención del volcanismo en el arco magmático ordovícico (Bahlburg 1990) y su consecuente alzamiento tectónico, dando lugar a la depositación de los conglomerados sintectónicos de la Formación Quebrada Grande (González *et al.* 2007). También se produjeron milonitas en la granodiorita El León y cataclistas en el plutón Tambillo. Estos eventos tectónicos pueden incluirse dentro de la fase Guandacol (Salfity *et al.* 1984).

Los datos aportados por Rubinstein y Vaccari (2004) en la Puna señalan que la edad de la discordancia asociada a la fase Oclóyica es anterior al Hirnantiano tardío. Sin embargo, no se conoce una edad máxima para ésta. Solamente se puede afirmar que ocurrió durante el Ordovícico Tardío.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la revisión crítica de las primeras versiones del manuscrito del presente trabajo por parte de María Cristina Moya de la Universidad Nacional de Salta, Argentina y de Heinrich Bahlburg de la Westfälische Wilhelms-Universität, Alemania. Se agradece también al Dibujante técnico Leonel Jofré de la Universidad Católica del Norte, Chile por la confección de las figuras para esta publicación. Los editores de la Revista de la Asociación Geológica Argentina agradecen el trabajo de los revisores Guillermo Albanesi y Víctor Ramos.

#### TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Astini, R.A. 1998. El Conglomerado de Las Vacas y el Grupo Trapiche de la Precordillera: tectónica distensiva en el Ordovícico Tardío. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 53: 489-503.
- Astini, R.A. y Dávila, F.M. 2004. Ordovician back arc foreland and Oclóyic thrust Belt development on the western Gondwana margin as a response to Precordillera terrane accretion. *Tectonics* 23: TC 4008.
- 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* 75: 1-107.
- Bahlburg, H. y Hervé, F. 1997. Geodynamic evolution and tectonostratigraphic terranes of northwestern Argentina and northern Chile. *Geological Society of America Bulletin* 7: 869-884.
- Benedetto, J.L. y Sanchez, T.M. 1990. Fauna y edad del estratotipo de la Formación Salar del Rincón (Eopaleozoico, Puna Argentina). *Ameghiniana* 27: 317-326.
- Benedetto, J.L., Niemeyer, H., González, J. y Brussa, E.D. 2008. Primer registro de braquiópodos y graptolitos ordovícicos en el Cordón de Lila (Puna de Atacama), norte de Chile. *Ameghiniana* 45: 3-12.
- Blasco, G., Zappettini E.O. y Hongn, F. 1996. Hoja Geológica 2566-I San Antonio de los Cobres. Servicio Geológico y Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Boletín 217, 126 p., Buenos Aires.
- Breitkreuz, C. 1986. Das Paläozoikum in den Kordilleren Nordchiles (21°-25° S). *Geotektonische Forschungen Heft* 70 1-2: 1-88.
- Carrasco, J.L. 2015. La Granodiorita El León, extremo sureste del Cordón de Lila, Región de Antofagasta, Chile. Memoria de título, Universidad Católica del Norte (inédita), 52 p., Antofagasta.
- Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C. y Ramos, V. 1982. Tectonic and Magmatic Evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile. *Earth- Science Reviews* 18: 303- 332.
- Cisterna, C.E. y Mon, R. 2012. Episodios diastrosféricos intraordovícicos en el orógeno Puna-Famatina. Evidencias registradas en las sucesiones volcánicas-sedimentarias del Tremadociano bajo en el norte del Sistema de Famatina, noroeste de Argentina. 13° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 305-307, Antofagasta.
- Cisterna, C.E. y Mon, R. 2014. Episodios diastrosféricos ordovícicos registrados en las sucesiones volcánicas-sedimentarias del Tremadociano temprano en el norte del sistema de Famatina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 71: 393-403.
- González, J., Niemeyer, H., Benedetto, J.L. y Brussa, E.D. 2007. The Ordovician Quebrada Grande Formation, Cordón de Lila (Antofagasta Region, northern Chile): stratigraphic and paleogeographic significance. *Revista Geológica de Chile* 34: 277-290.
- Hongn, F. y Vaccari, E. 2008. La discordancia Tremadociano superior- Arenigiana inferior en Vega Pinato (Salta): evidencia de deformación intraordovícica en el borde occidental de la Puna. 17° Congreso Geológico Argentino, Actas: 1299-1300, Jujuy.
- Isaacson, P.E., Antelo, B. y Boucot, A.J. 1976. Implications of a Llandovery (Early Silurian) brachiopod fauna from Salta Province, Argentina. *Journal of Paleontology* 50: 1103-1112.
- Mon, R. y Hongn, F. 1987. Estructura del Ordovícico de la Puna. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 42: 31-38.
- Mon, R. y Hongn, F. 1991. The structure of the Precambrian and Lower Paleozoic Basement of the Central Andes between 22° and 32°S. *Lat. Geologische Rundschau* 80: 745-758.
- Monteros, J.A., Moya, M.C. y Monaldi, C.R. 1996. Graptofaunas arenigianas en el borde occidental de la Puna argentina. Implicancias paleogeográficas. 12° Congreso Geológico de Bolivia, *Memorias*: 733- 746, Tarija.
- Moya, M.C. 1997. La Fase Tumbaya (Ordovícico inferior) en los Andes del Norte Argentino. 8° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 185- 189, Antofagasta.
- Moya, M.C., Malanca, S.M., Hongn, F.D. y Bahlburg, H. 1993. El Tremadoc temprano en la Puna occidental argentina. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 2: 20-30, Mendoza.
- Mpodozis, C., Hervé, F., Davidson, J. y Rivano, S. 1983. Los granitoides de Cerros de Lila, manifestaciones de un episodio intrusivo y termal del Paleozoico inferior en los Andes del Norte de Chile. *Revista Geológica de Chile* 18: 3-14.
- Niemeyer, H. 1989. El Complejo ígneo-sedimentario del Cordón de Lila, Región de Antofagasta: significado tectónico. *Revista Geológica de Chile* 16: 163-181.
- Niemeyer, H. 2013. Geología del área Cerro Lila-Peine, Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Serie Geológica Básica N° 147, Santiago.
- Niemeyer, H., Meffre, S. y Guerrero, R. 2014. Zircon U-Pb geochronology of granitic rocks of the Cordón de Lila and Sierra de Almeida ranges, northern Chile: 30 m.y. of Ordovician plutonism on the western border of Gondwana. *Journal of South American Earth Sciences* 56: 228- 241.

- Niemeyer, H., Álvarez, F., Boucot, A.J. y Bruna, M. 2010. Brachiopods from Cordón de Lila, Lower Silurian (Llandovery) Quebrada Ancha Formation, Antofagasta Region, Chile. *Special Papers in Paleontology* 84: 287-307.
- Palacios Herrera, M.J., Niemeyer, H. y Meffre, S. 2013. Las bandas de cataclasitas ordovícicas del Monzogranito Tambillo: manifestaciones de una subfase temprana de los movimientos oclóricos en el Cordón de Lila, norte de Chile. *Andean Geology* 40: 561-570.
- Palma, M.A., Parica, P.D. y Ramos, V.A. 1986. El Granito Archibarca: su edad y significado tectónico, Provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 41: 414-419.
- Ramos, V.A. 1986. El Diastrofismo Oclórico: Un ejemplo de Tectónica de colisión durante el Eopaleozoico en el Noroeste Argentino. *Revista del Instituto de Geología y Minería de la Universidad Nacional de Jujuy* 6: 13-28.
- Ramos, E.D. y Ramos, V.A. 1979. Los ciclos magmáticos de la República Argentina. 7° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 771-786, Buenos Aires.
- Rapela, C.W., Casquet, C., Baldo, E., Dahlquist, J., Pankhurst, R.J., Galindo, C. y Saavedra, J. 2001. Las Orogénesis del Paleozoico Inferior en el margen proto-andino de América del Sur, Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Iberian Geology* 27: 23-41.
- Rubinstein, C.V. y Vaccari, N.E. 2004. Cryptospore assemblages from the Ordovician/Silurian boundary in the Puna Region, north-west Argentina. *Palaentology* 47: 1037-1061.
- Sadler, P. M., Cooper, R. A. y Melchin, M., 2009. High-resolution, Early Paleozoic (Ordovician–Silurian) Time Scales. *Geological Society of America Bulletin* 121: 887-906.
- Salfity, J.A., Malanca, M.E., Brandán, C.R., Monaldi y Moya, M.C. 1984. La Fase Guandacol (Ordovícico) en el Norte de la Argentina. 9° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 555-567, Bariloche.
- Turner, J.C. y Méndez, V. 1975. Geología del sector oriental de los Departamentos de Santa Victoria e Iruya, Provincia de Salta, República Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba*, 51: 11-24.
- Turner, J.C. y Méndez, V. 1979. Puna. 2° Simposio de Geología Regional Argentina, Actas 1: 13-56, Córdoba.
- Valencia, E. 2014. Caracterización geológico-estructural del borde norte del Plutón Pingo-Pingo y su aureola de contacto, Cordón de Lila, Región de Antofagasta. Memoria de título, Universidad Católica del Norte (inédita), 134 p., Antofagasta.
- Zimmermann, U., Niemeyer, H. y Meffre, S. 2010. Revealing the continental margin of Gondwana: the Ordovician arc of the Cordón de Lila (northern Chile). *International Journal of Earth Sciences* 99: 39-56.

Recibido: 3 de agosto de 2015  
Aceptado: 16 de junio de 2016