



La orogenia famatiniana (Ordovícico medio a tardío) en el margen continental protoandino de América del Sur: nuevas evidencias y sus implicancias tectónicas

Victor A. Ramos¹

¹ Instituto de Estudios Andinos "Don Pablo Groeber" (Departamento de Ciencias Geológicas, FCEN - Universidad de Buenos Aires) - CONICET

*email: andes@gl.fcen.uba.ar

Resumen. Sobre la base de nuevos datos geocronológicos disponibles en el basamento ígneo metamórfico de los Andes Septentrionales se analiza la distribución regional de la orogenia famatiniana, sus características principales en los diferentes sectores y la importancia de esta orogenia en el margen occidental del Gondwana para el Ordovícico medio a superior. El análisis realizado permite proponer que esta orogenia de primer orden tuvo diferentes respuestas en los distintos sectores analizados a lo largo del margen continental. Se destaca la coincidencia en las edades U/Pb realizadas por diferentes métodos y se discute su importancia a escala global dentro del marco de la tectónica de placas.

Palabras Claves: Orogenia famatiniana, colisiones, margen continental, arcos magmáticos, metamorfismo, terrenos paleozoicos.

1 Introducción

El avance en el conocimiento de la evolución geológica del basamento paleozoico de los Andes se ha incrementado notablemente en los últimos años. En el último congreso geológico chileno se había analizado la orogenia famatiniana que afectó el margen continental peruano durante la acreción de los terrenos grenvillianos de Arequipa y Paracas (Ramos et al., 2012). Los estudios realizados hasta ese momento permitían extender la orogenia famatiniana desde su localidad tipo en las Sierras Pampeanas del centro de Argentina (29°S) hasta el norte del Perú (6°S) a lo largo de casi 3000 km del margen continental. Los nuevos estudios permiten extender aún más la orogenia famatiniana por el norte hasta el sector septentrional de los Andes Venezolanos, y por el sur hasta la parte central y norte de la Patagonia, que en conjunto muestran su importancia a escala continental.

La orogenia famatiniana había sido definida originalmente por Aceñolaza y Toselli (1976) para agrupar importantes eventos orogénicos acaecidos durante el Paleozoico inferior en el sector preandino de la región noroeste y central de Argentina (Figura 1). Su implicancia tectónica y el ambiente de formación dentro del marco de la tectónica de placas fue interpretado por Coira et al. (1982) en el norte de Argentina y Chile y por Haller y Ramos (1984) en el centro de Argentina. Así definida la orogenia famatiniana comprendía los movimientos oclóyicos en el Ordovícico medio a superior y los movimientos chánicos del Devónico

medio a superior. En las últimas décadas los datos geocronológicos han permitido precisar el rango de edades absolutas que comprenden estos movimientos orogénicos, en especial con la introducción de las dataciones U/Pb en circones (véanse las síntesis de Pankhurst et al., 1998; Rapela et al., 1998; Otamendi et al., 2010) para el magmatismo famatiniano de las Sierras Pampeanas. Estos estudios han reconocido un magmatismo calcoalcalino asociado al desarrollo de un arco magmático mediante subducción que se desarrolló entre los 495 y 460 Ma y que cesa abruptamente a fines del Ordovícico medio (Darriviliano, 467-458 Ma, IUGS-ICS, 2015). Este cese del magmatismo de arco ha sido tradicionalmente asociado a la colisión sobre el margen protoandino de terrenos siálicos (Ramos et al., 1984; Astini et al., 1995), que hoy sabemos tienen un basamento de edad grenvilliana dominante (Ramos, 2010). Con posterioridad a este evento de 460 Ma se registra magmatismo sincolisional y postcolisional bien representado tanto en el sector sur de las Sierras Pampeanas (Quenardelle y Ramos, 1999), como en el noroeste de Argentina y Norte de Chile (Ramos, 2010).

La actividad magmática postcolisional está asociada al desarrollo de deformación en las fajas plegadas y corridas, a veces registrada a nivel de corteza media y superior y representada por rocas metamórficas con edades cercanas a la de la colisión (Ramos, 2004; Wilner et al., 2011). La caracterización de estos depósitos sinorogénicos muestra el desarrollo de cuencas de antepaís vinculadas a los movimientos oclóyicos y chánicos a fines del Ordovícico y del Devónico (Astini, 2003; Astini y Dávila, 2004).

Así definida en su localidad tipo a la orogenia famatiniana se la puede sintetizar en los siguientes estadios de evolución tectónica: a) arcos magmáticos asociados a subducción (495-460 Ma); b) deformación y metamorfismo (460 Ma); c) desarrollo de cuencas de antepaís (460-440 Ma); y d) reactivación de la deformación y localmente avance de las fajas plegadas y corridas (390-360 Ma). Es necesario destacar que estas últimas edades están bien representadas cuando se tienen los movimientos oclóyicos seguidos por los movimientos chánicos, teniendo estos últimos un desarrollo menor que los primeros. Los movimientos chánicos en este caso están asociados a una nueva colisión como se registra en la Precordillera occidental (Wilner et al., 2013), mientras que en el norte de Chile y noroeste de Argentina están asociados a una continuidad del campo de

esfuerzos con posterioridad a la colisión oclógica (Coira et

al., 1982; Milani y Ramos, 1999).

2 El magmatismo y la orogenia famatiniana

Sobre la base de los diferentes estadios reconocidos en su localidad tipo correspondiente al Sistema de Famatina y el sector adyacente de las Sierras Pampeanas occidentales, se pueden reconocer evidencias de su distribución a lo largo del margen occidental. Se lo puede dividir en diferentes segmentos con diferentes grados de desarrollo y nivel de conocimiento.

a) Segmento famatiniano tipo

Este segmento corresponde a su localidad tipo y es el que se ha tomado como ejemplo para reconocer sus diferentes estadios de evolución. Su fase de deformación principal a los 460 Ma se ha interpretado como correspondiente a la colisión del terreno de Cuyania contra el margen del Gondwana. Esta deformación separa los granitoides foliados y las rocas metamórficas previas exhumadas durante la colisión de los depósitos sinorogénicos preservados como rocas sedimentarias (Ramos, 2004). La reactivación chánica corresponde a la colisión del terreno de Chilenia a los 390 Ma (Willner et al., 2011).

b) Segmento Antofalla – Arequipa

Este segmento que abarca el margen continental peruano y el del norte de Chile tiene como característica principal a los granitoides ordovícicos preservados en la Sierra Moreno y en la localidad de Belén, así como en el sector fronterizo de Bolivia (véase revisión de Wörner et al., 2000 y Ramos y Jiménez, 2014). El arco magmático se desarrolló principalmente en la Cordillera de La Costa y en el sector interno del norte de Argentina (Ramos y Coira, 2008). En el sector central se observa una zona de silencio magmático para el Ordovícico, en relación a rocas de naturaleza calcoalcalina, que se lo identifica como el “*Bolivian Gap*”. Esto indicaría que luego de la acreción del macizo de Arequipa acaecida durante el Mesoproterozoico no se registraron colisiones posteriores en la cuenca del Altiplano (Ramos, 2009).

c) Segmento Marañón – Paracas

Este segmento ha sido descrito por Ramos et al. (2012) y comprende el desarrollo de un arco magmático, la colisión del terreno Paracas en el Ordovícico medio, la exhumación de rocas metamórficas de esa edad y el emplazamiento de ofiolitas (Chew et al., 2007; Castroviejo et al., 2010; Willner et al., 2014). El único sector aflorante del basamento metamórfico del terreno Paracas se ubicaría en la Isla de las Hormigas en el margen del talud continental a la latitud de Lima (Romero et al., 2013).

d) Segmento Santander - Mérida

Este segmento corresponde al Macizo de Santander, en el extremo norte de la Cordillera Oriental de Colombia donde ha sido datado por van der Lelij et al. (2013, 2015). En esta localidad los gneisses de la Formación Silgará arrojaron una edad U/Pb de $479,8 \pm 3,1$ Ma, mientras que los ortogneisses presentan una edad de $472,5 \pm 3,4$ y $473,5 \pm 2,5$ Ma. El ciclo famatiniano se cierra con granitoides postcolisionales de $443,4 \pm 3,2$ y $439,2 \pm 4,7$ Ma.

Características similares se observan en la Cordillera de Mérida en los Andes Venezolanos donde se vuelven a registrar en su basamento metamórfico gneises bandeados y granitoides deformados con edades de $488,2 \pm 4,3$ y $499,4 \pm 2,7$ Ma, con ortogneisses de $472,3 \pm 3,4$ y $454,0 \pm 10,0$ Ma, intruidos por granitos postcolisionales de $454,5 \pm 3,1$ y $454,8 \pm 4,2$ Ma. Además de estas rocas se identificaron riolitas alcalinas con edades de $452,6 \pm 2,7$ Ma (van der Lelij et al., 2015).

El basamento del Macizo de Santander corresponde al terreno de Chibcha de Restrepo y Touissant (1988), mientras que el de los Andes venezolanos correspondería al terreno de Mérida de Bellizia y Pimentel (1994). Los nuevos datos indican que ambos terrenos habrían colisionado con el margen gondwánico durante el Ordovícico medio y controlado el desarrollo de sus respectivas cuencas de antepaís en el sector oriental.

3 Conclusiones

El análisis realizado muestra que el ciclo oro-génico famatiniano tuvo amplia distribución entre Venezuela y la Patagonia, con comportamiento disímil a lo largo del margen. En aquellos sectores donde hubo colisión está ampliamente representado. Sus edades son similares a las observadas en el ciclo caledónico en Báltica y a las del ciclo tácónico en Laurentia mostrando el carácter global de su orogenia asociada a altas velocidades de convergencia y desplazamiento absoluto de los continentes en esa época.

Referencias

- Aceñolaza, F.G.; Toselli, A. 1976. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico inferior del Noroeste Argentino. 2° Congreso Latino-americano de Geología (1973), Actas 2: 755-763, Caracas.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician Proto-Andean Basins. In: Benedetto, J.L. (ed.) Ordovician Fossils of Argentina, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, pp. 1-74.
- Astini, R.A.; Dávila, F.M. 2004. Ordovician back arc foreland and Oclöyic thrust belt development on the western Gondwana margin as a response to Pre-cordillera terrane accretion. Tectonics, 23, TC4008.
- Astini, R.A.; Benedetto, J.L.; Vaccari, N.E. 1995. The early

- Paleozoic evolution of the Argentina Pre-cordillera as a Laurentian rifted, drifted, and collided terrane: a geodynamic model. *Geological Society of America, Bulletin* 107(3): 253-273.
- Bellizzia, A.; Pimentel, N. 1994. Terreno Mérida: un cinturón alóctono Herciniano en la Cordillera de Los Andes de Venezuela. 5° Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en las Cuencas Subandinas, Memoria, 271-299.
- Castroviejo, R., Macharé, J., Castro, P., Pereira, E., Rodrigues, J.F., Tassinari, C.G., Willner, A., Acosta, J., 2010. Significado de las ofiolitas neoproterozoicas de la Cordillera Oriental del Perú (9°-11°30'). 15° Congreso Peruano de Geología 9: 51-53.
- Chew, D.M.; Schaltegger, U.; Košler, J.; Whitehouse, M.J.; Gutjahr, M.; Spikings, R.A.; Miškovic, A. 2007. U-Pb geochronologic evidence for the evolution of the Gondwanan margin of the north-central Andes. *Geological Society of America, Bulletin* 119: 697-711.
- Coira, B.L.; Davidson, J.D.; Mpodozis, C.; Ramos, V.A. 1982. Tectonic and magmatic evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile. *Earth Science Review* 18(3-4): 303-332.
- Haller, M.A.; Ramos, V.A. 1984. Las ofiolitas famatinianas (Eopaleozoico) de las provincias de San Juan y Mendoza. 9° Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), Actas 2: 66-83.
- Loewy, S.L.; Connelly, J.N.; Dalziel, I.W.D.; Gower, C.F., 2003. Eastern Laurentia in Rodinia: Constraints from whole-rock Pb and U/Pb geochronology: *Tectono-physics* 375: 169-197.
- Milani, E.J.; Ramos, V.A. 1999. Orogenias paleozóicas no domínio sul ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência na Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências* 28(4): 527-544.
- Otamendi, J.E.; Pinotti, L.P.; Basei, M.A.S.; Tibaldi, A.M. 2010. Evaluation of petrogenetic models for intermediate and silicic plutonic rocks from the Sierra de Valle Fértil-La Huerta, Argentina: Petrologic constraints on the origin of igneous rocks in the Ordovician Famatinian-Puna paleoarc. *Journal of South American Earth Sciences* 30: 29-45.
- Pankhurst, R.; Rapela, C.; 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. *Geological Society of London, Special Publication* 142: 343-367.
- Quenardelle, S.; Ramos, V.A. 1999. The Ordovician Western Sierras Pampeanas Magmatic Belt: Record of Argentine Precordillera Accretion. *Geological Society of America, Special Paper* 336: 63-86.
- Ramos, V.A. 2004. Cuyania, an exotic block to Gondwana: Review of a historical success and the present problems. *Gondwana Research* 7(4): 1009-1026.
- Ramos, V.A. 2009. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. *Geological Society of America, Memoir* 204: 31-65.
- Ramos, V.A. 2010. The Grenville-age basement of the Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 29(1): 77-91.
- Ramos, V.A.; Coira, B. 2008. Evolución tectónica pre-andina de la provincia de Jujuy y áreas aledañas. En Coira, B. y Zappettini, E.O. (eds.) *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Jujuy*, 17° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 401-417.
- Ramos, V.A.; Jiménez, N. 2014. Extensión oriental del macizo de Arequipa en los Andes bolivianos: Sus implicancias tectónicas. En Simposio Tectónica preandina, 19° Congreso Geológico Argentino, Actas S21-50, 2p., Córdoba.
- Ramos, V.A.; Naipauer, M. 2014. Patagonia: Where does it come from? *Journal of Iberian Geology* 40 (2): 367-379.
- Ramos, V.A.; Jordan, T.; Allmendinger, R.W.; Kay, S.M.; Cortés, J.M.; Palma, M.A. 1984. Chileña un terreno alóctono en la evolución paleozoica de los Andes Centrales. 9° Congreso Geológico Argentino, (S.C. Bariloche), Actas 2: 84-106.
- Ramos, V.A.; Valencia, K. y Romero, D. 2012. The Paracas Terrane (central-northern Perú): A Grenville age sialic basement accreted to the western Gondwana margin during the Famatinian orogeny. 13° Congreso Geológico Chileno, Actas 1(T2): 141-143, Antofagasta.
- Rapalini, A.E.; López de Luchi, M.; Tohver, E.; Cawood, P.A. 2013. The South American ancestry of the North Patagonian Massif: geochronological evidence for an autochthonous origin? *Terra Nova* 25(4): 337-342.
- Rapela, C.W.; Pankhurst, R.J.; Casquet, C.; Baldo, E.; Saavedra, J.; Galindo, C. 1988. Early evolution of the Proto-Andean margin of South America. *Geology* 26: 707-710.
- Reitsma, M.J. 2012. Reconstructing the Late Paleozoic-Early Mesozoic plutonic and sedimentary record of southeast Peru: Orphaned back-arcs along the western margin of Gondwana. *Terre & Environment* 11: 1-228.
- Restrepo, J.J.; Toussaint, J-F. 1988. Terranes and continental accretion in the Colombian Andes. *Episodes* 11: 189-193.
- Romero, D.; Valencia, K.; Alarcón, P.; Peña, D.; Ramos, V.A. 2013. The offshore basement of Perú: evidence for different igneous and metamorphic domains in the forearc. *Journal of South American Earth Sciences* 42: 47-60.
- van der Lelij, R. 2013. Reconstructing north-western Gondwana with implications for the evolution of the Iapetus and Rheic Oceans: a geochronological, thermochronological and geochemical study. Thèse de doctorat, Université de Genève, Sc. 4581: 247 pp.
- van der Lelij, R., Spikings, R., Ulianov, A., Chiaradia, M., Mora, A. 2015. Palaeozoic to Early Jurassic history of the northwestern corner of Gondwana, and implications for the evolution of the Iapetus, Rheic and Pacific Oceans. *Gondwana Research* (en prensa).
- Willner, A.P.; Verdes, A.; Massonne, H-J.; Schmidt, A.; Sudo, M.; Thompson, S.; Vujovich, G. 2011. Pressure-temperature-time evolution of a collisional accretionary belt Guarguaraz Complex, Mendoza Province, W-Argentina: evidence for the emplacement of the Chileña microplate. *Contribution to Mineralogy and Petrology* 162(2): 303-327.
- Willner, A.P., Tassinari, C.C.G., Rodrigues, J.F., Acosta, J., Castroviejo, R., Rivera, M. 2014. Contrasting Ordovician high- and low-pressure metamorphism related to a microcontinent-arc collision in the Eastern Cordillera of Perú (Tarma province). *Journal of South American Earth Sciences* 54: 71-81.
- Wörner, G.; Lezaun, J.; Beck, A.; Heber, V.; Lucassen, F.; Zinngrube, E.; Rössling, R.; Wilcke, H.G. 2000. Geochronology, petrology, and geochemistry of basement rocks from Belén (N. Chile) and

C. Uyarani (W. Bolivian Altiplano): Implication for the evolution of the basement: Journal of South American Earth Sciences 13: 717–737.



Figura 1: Distribución de las rocas ígneas famatinianas en el margen continental de América del Sur. Basado en Van der Lelij et al., 2015; Chew et al., 2007; Romero et al., 2013; Reitsma, 2012; Loewy et al., 2003; Ramos y Coira, 2008; Ramos, 2009; Rapalini et al., 2013 y Ramos y Naipauer, 2014 (enumerados de norte a sur).!