

# PLEGAMIENTO TRANSVERSAL A LA DEFORMACIÓN OCLÓYICA EN ROCAS PRE-ORDOVÍCICAS DEL SISTEMA DE FAMATINA

Gilda COLLO<sup>1</sup>, Federico M. DÁVILA<sup>1</sup>, Juan C. CANDIANI<sup>2</sup> y Ricardo A. ASTINI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Estratigrafía y Geología Histórica, Universidad Nacional de Córdoba, Avenida Vélez Sarsfield 1611, X5016GCA Córdoba, Argentina. E-mails: gildacollo@efn.uncor.edu, fmdavila@efn.uncor.edu, raastini@com.uncor.edu

<sup>2</sup> Servicio Geológico Minero Argentino, Delegación Córdoba. Poeta Lugones 161, X5000GCA, Córdoba, Argentina. E-mail: jcandiani@yahoo.com

## RESUMEN

Esta contribución documenta un episodio de plegamiento transversal a la orientación de las estructuras oclóyicas en la región central de Famatina, que afecta a unidades con muy bajo grado de metamorfismo tradicionalmente atribuidas a la Formación Negro Peinado. En afloramientos expuestos sobre la vertiente oriental en la quebrada del río El Oro, este plegamiento (P1) presenta un eje orientado ~E-O con inmersión al oeste (~250°/20°) y un plano axial ~75°/85°S, asociado a un clivaje penetrativo S<sub>1</sub> (dispuesto ~E-O) que claramente afecta a la estratificación S<sub>0</sub>. El P1 es relativamente abierto, con ~150 metros de longitud de onda, y su orientación indica un acortamiento ~N-S para este episodio deformativo. Al plegamiento P1 se le superpone uno de carácter regional con un eje orientado ~N-S, coincidente con el plegamiento tradicionalmente reconocido para la región de Famatina. Este ha sido recientemente considerado como un plegamiento coaxial superpuesto tipo 0 con acortamiento ~E-O episódico desde el Ordovícico. Si bien la orientación de la fase de deformación relictual más antigua puede ser el resultado de componentes de esfuerzo locales, dada su expresión regional es probable que refleje una historia de subducción pre-ordovícica más compleja que la reconocida previamente en el margen occidental de Gondwana.

PALABRAS CLAVES: *Plegamiento superpuesto, Formación Negro Peinado, Famatina.*

**ABSTRACT:** *Orthogonal folding to the oclóyic deformation trend in pre-Ordovician rocks of the Famatina System.*

This contribution documents a folding episode orthogonal to the oclóyic deformation in the central region of Famatina, involving low-grade metamorphic units considered as part of the Negro Peinado Formation. At the Río El Oro canyon, west of Chilecito, a first folding (P1) with ~E-W fold axis, plunging westward (~250°/20°), an axial plane of ~75°/85°S was recognized. This folding is relatively open (~150m wave length) and shows an associated S<sub>1</sub> penetrative cleavage that affected S<sub>0</sub> bedding. Its orientation indicates a ~N-S shortening direction. Regional P2 folding overprints P1 with a ~N-S fold axis, in coincidence with the traditionally recognized deformation for Famatina. This N-S folding has recently been considered as a Type-0 co-axial superposed folding during the protracted history of ~E-W shortening that affected the region from the Ordovician onwards. Although the orientation of the older relict deformational phase can be the result of local components, due to its regional expression it is suggested that it might relate to a more complex pre-Ordovician subduction history than previously recognized at the western Gondwana margin.

KEY WORDS: *Superposed folding, Formación Negro Peinado, Famatina.*

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del antepaís andino sucesivos diastrosismos de naturaleza contraccional han quedado registrados en unidades que abarcan desde el Proterozoico tardío hasta el Paleozoico temprano (Aceñolaza y Toselli 1976, Ramos 1988, Astini *et al.* 1995, Rapela *et al.* 1998, Sims *et al.* 1998, Steenken

*et al.* 2004, entre otros). En un trabajo reciente, Dávila *et al.* (2003) registraron los efectos de una prolongada historia pre-andina de margen activo que tuvo lugar en la zona central de Famatina al menos desde los 470 Ma. Los episodios diastrosícos que afectaron a secuencias predominantemente paleozoicas, tradicionalmente descriptos como eventos deformativos superpues-

tos, tienen un eje de acortamiento principal orientado ~E-O (Simpson *et al.* 1998, Dávila *et al.* 2003). Estos han sido interpretados alternativamente como episodios de subducción y colisión en el protomargen occidental de Gondwana, que ocurrieron en general con cinemáticas ortogonales a dicho margen (e.g., Mpodozis y Ramos 1989, Cawood 2004).

En Famatina el evento más antiguo e intenso, descripto hasta el momento, es el que generó metamorfismo y deformación sobre las rocas de la Formación Negro Peinado (Turner 1960). Este episodio ha sido tradicionalmente atribuido a la orogenia pampeana (Cámbrico medio-temprano) (Toselli 1990, Durand *et al.* 1994, Rossi *et al.* 1997). Recientemente esta edad ha sido puesta en dudas (Astini *et al.* 2005, Astini y Dávila 2004, Dávila y Astini 2005), sobre la base de dataciones U-Pb (SHRIMP) en circones detríticos y de criterios cartográficos. Estos autores sostienen que posiblemente se trate de un evento más joven, dado que el "metamorfismo pampeano" a ambos lados del Famatina presenta intensidades en grados medios a altos (Grissom *et al.* 1998, Rapela 2000, Lucassen y Becchio 2003). La Formación Negro Peinado presenta en general una foliación de trasposición con un plano axial orientado aproximadamente N-S y un metamorfismo que alcanza facies de esquistos verdes, desde la zona de la clorita a la de biotita (Rossi *et al.* 1997, 2002); aunque en algunos sectores, por lo general ubicados hacia el oeste de la región central, rocas atribuidas a esta formación preservan claramente sus planos de estratificación. De acuerdo con estos autores el metamorfismo que afecta a esta unidad tiene un carácter regional, no obstante, el desarrollo de aureolas de contacto, documentado en torno a intrusivos graníticos ordovícicos, es de gran distribución areal.

Si bien se ha considerado a esta unidad como afectada por una intensa deformación, al presente no han sido discriminados episodios de plegamiento, que permitan evaluar su historia deformacional, y eventualmente discutir su cronología. En esta contribución se presentan evidencias de un evento de plegamiento transversal a la estructuración oclógica, no reconocido con anterioridad, en rocas atribuidas a la Formación Negro Peinado que regionalmente subyacen a la Formación Volcancito, unidad que incluye en su base la transición cambro-ordovícica (Albanesi *et al.* 2005). Los afloramientos estudiados en detalle se ubican sobre la quebrada del río El Oro (GPS: 29°04'57"S 67°43'13"O), al oeste de la localidad de Chilecito, formando una faja meridional limitada por fallas inversas entre

granitos famatinianos (*sensu* Pankhurst *et al.* 2000) (Fig. 1a).

## MARCO ESTRATIGRÁFICO-ESTRUCTURAL

La quebrada del río El Oro atraviesa la escama estructural Ñuñorco limitada hacia el este por un corrimiento de zócalo y sobrecorrida hacia el oeste por la escama estructural del Cordón de los Nevados (Fig. 1a). Estos corrimientos andinos ponen en contacto por falla granitoides famatinianos con las metasedimentitas de la Formación Negro Peinado. Hacia el norte, dentro de esta escama, la Formación Volcancito se apoya en discordancia sobre rocas previamente asignadas a la Formación Negro Peinado que aun preservan su bandeado sedimentario. Sobre ambas unidades se apoya en discordancia el Carbonífero (Formación Agua Colorada) indicando que este conjunto de rocas habría estado exhumado para este período.

Aguas arriba de la quebrada del río El Oro (Fig. 1a) las rocas cartografiadas como Formación Negro Peinado (de Alba 1979) también preservan aun su bandeado sedimentario  $S_0$  y es aquí donde se identifica claramente el plegamiento descrito en este trabajo (Fig. 1b). Evidencias de la existencia de este plegamiento han sido también halladas afectando a la misma unidad en localidades aflorantes más al norte, la mayoría dentro de la misma escama estructural.

## DESCRIPCIÓN DEL PLEGAMIENTO EN LA QUEBRADA DEL RÍO EL ORO

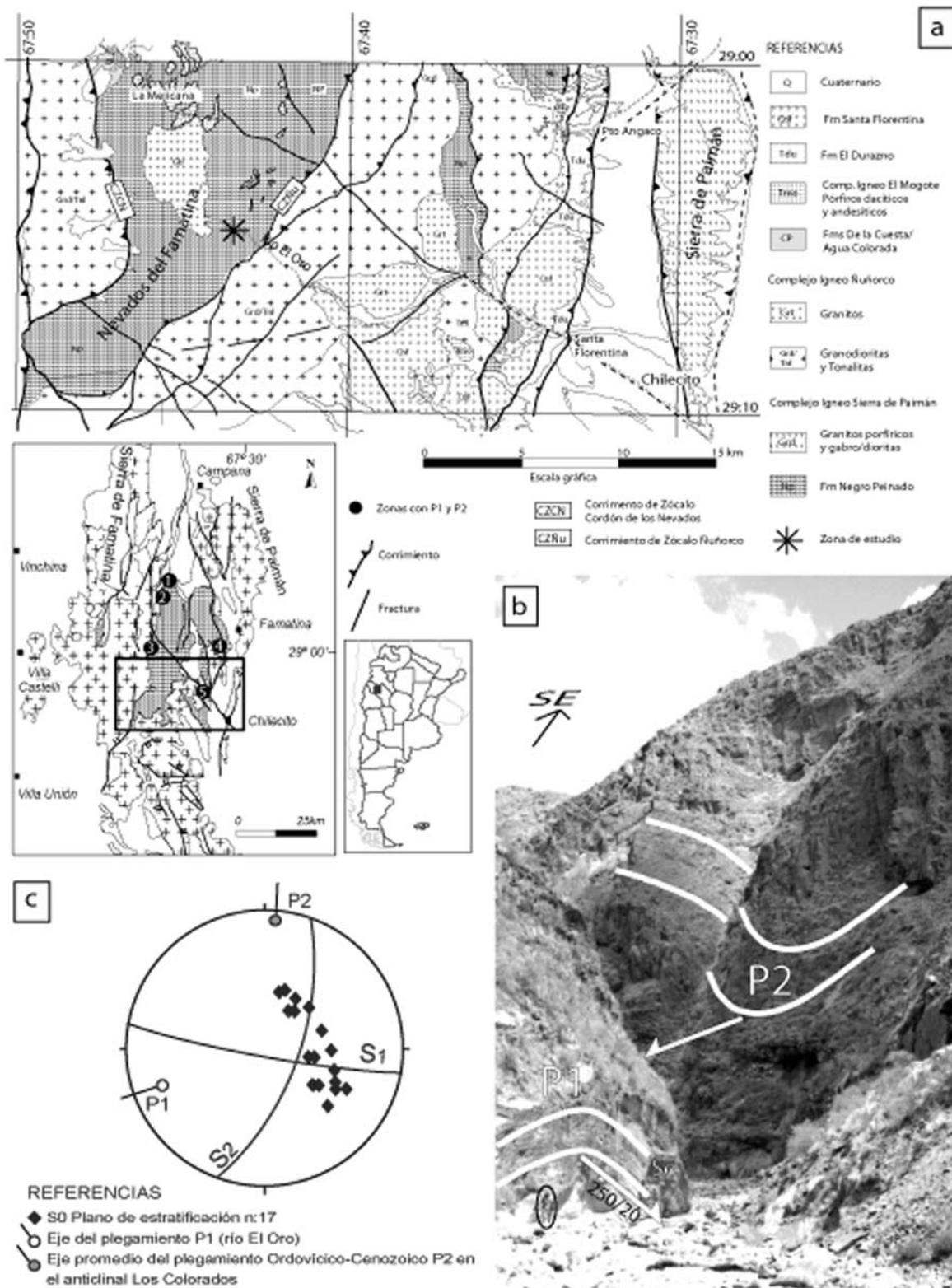
El plegamiento P1 se desarrolla en rocas que preservan un bandeado composicional primario  $S_0$  en el que alternan capas arenosas decimétricas gris oscuro y capas limo-arenosas a limo-arcillosas gris claras (Fig. 1b). El P1 está formado por pliegues abiertos (ángulo interlimbo  $\sim 90^\circ$ ), simétricos e isopáquicos, con el plano axial orientado  $\sim 75^\circ/85^\circ S$  y una longitud de onda de  $\sim 150$  metros. Los polos de planos sedimentarios indican, en un diagrama pi, que el eje del plegamiento se orienta  $\sim 250^\circ/20^\circ$  (Fig. 1c). A menor escala, se observa que las capas de granulometría más fina y menos competen-

tes presentan un plegamiento de longitud de onda menor, entre 2 y 3 cm, asimétrico en forma de z que se desarrolla en los flancos del plegamiento mayor P1. Asociada al P1 se desarrolla una foliación ( $S_1$ ) subparalela al plano axial del mismo ( $\sim 100^\circ/85^\circ S$ ) y oblicua al  $S_0$  sedimentario. A escala microscópica las capas de granulometría más fina presentan los filosilicatos neoformados con su cara (001) orientada de manera que definen la foliación  $S_1$ , mientras que en las capas limoarenosas esta foliación no es tan evidente. Esta textura con bandas alternantes y desarrollo de clivaje en función a la litología es característica de rocas con bajo grado de metamorfismo (Merriman y Peacor 1999). Aguas arriba del río El Oro las observaciones macroscópicas y microscópicas permiten inferir que la unidad no habría alcanzado niveles estructurales muy profundos, tal como lo reflejan estudios preliminares sobre la mineralogía de la fracción tamaño arcilla ( $< 2\mu$ ), que señalan que en este sector las rocas no habrían alcanzado la barrera del epimetamorfismo.

En esta región se identificó además un plegamiento P2 de extensión regional, que puede ser identificado a escala cartográfica 1:100.000. La superposición del plegamiento P2 al P1 se observa claramente en los sectores en los que las rocas que desarrollan la foliación  $S_1$  aun preservan su bandeado sedimentario ( $S_0$ ). El P2 está caracterizado por pliegues abiertos (ángulo interlimbo  $\sim 120^\circ$ ) horizontales a levemente buzantes al norte ( $< 10^\circ$ ), con una longitud de onda de  $\sim 300$  metros y un plano axial orientado aproximadamente N-S (Fig. 1b). Asociado a P2 se desarrolla un clivaje discontinuo  $S_2$  con orientación  $20^\circ/70^\circ SE$  que afecta también a las rocas plegadas por P1 aunque no genera recristalización mineral evidente.

## EVENTOS DEFORMACIONALES Y PLEGAMIENTO SUPERPUESTO

Los plegamientos descriptos documentan la existencia de al menos dos fases tectónicas superpuestas. La fase de deformación D1 sería responsable del plegamiento P1 y del clivaje  $S_1$  asociado. Las orientaciones del



**Figura 1:** a) Mapa de la zona de estudio en la región de la quebrada del río El Oro y mapa del basamento ígneo y metamórfico del Sistema de Famatina con la ubicación del resto de las localidades mencionadas en el texto (1: Peña Negra, 2: Río Volcancito, 3: Quebrada Ancha, 4: Quebrada Las Trancas, 5: Río El Oro) y recuadro del mapa de detalle, b) Plegamientos P1 y P2, (observar localización en Fig. 1a), vista al SE, en círculo se señala una persona a modo de escala, c) Datos de orientación de las estructuras medidas en el campo graficados en una red estereográfica equiareal.

plano axial y del clivaje  $S_1$  indican un eje de acortamiento aproximadamente N-S ( $165^\circ$ ) para el desarrollo de esta primera fase. El segundo plegamiento atribuido a una fase de deformación D2 se habría formado a niveles estructurales más someros. Dada su orientación el plegamiento P2 es comparable con el plegamiento desarrollado entre el Ordovícico medio y el Cenozoico en la región central de Famatina (véase Dávila *et al.* 2003, Dávila y Astini 2005) cuyo inicio se asocia al ciclo Famatiniano y está evidenciado por la discordancia angular (U1 en Dávila *et al.* 2003) que separa a las rocas de los Grupos Famatina (Ordovícico temprano) y Cerro Morado (Ordovícico medio) (véase también Astini y Dávila 2004, Dávila y Astini 2005). La relación casi ortogonal de P2 con el plegamiento de menor longitud de onda P1 (Figs. 1b y c) sugiere para la región del río El Oro un patrón de plegamiento superpuesto en domo y cuenco (Ramsay y Huber 1987) donde el clivaje asociado al plegamiento más temprano no pierde su orientación inicial luego del replegamiento producido durante el evento posterior. Los pliegues más tempranos se caracterizan por el desarrollo de charnelas y flancos replegados. En este tipo de estructuras de interferencia, las charnelas del segundo plegamiento también se encuentran plegadas debido a la disposición original de los flancos del plegamiento anterior. En la localidades Río Volcancito y Peña Negra, ubicadas al norte de la región de estudio, el eje del plegamiento P2 de mayor longitud de onda presenta inmersiones alternativamente hacia el norte (GPS:  $28^\circ 50' 29''$ S  $67^\circ 45' 24''$ O) y sur (GPS:  $28^\circ 52' 28''$ S  $67^\circ 45' 40''$ O), lo que puede ser asociado a esta geometría particular. Pliegues con características comparables a los del río El Oro se observan además en varias localidades del Famatina afectando a un conjunto de leptometamorfitas también incluidas genéricamente dentro de la Formación Negro Peinado. Tal es el caso de rocas aflorantes en la Quebrada Ancha y el río Amarillo próximos al distrito minero Los Bayitos (GPS:  $28^\circ 58' 42''$ S  $67^\circ 47' 19''$ O) y en rocas aflorantes en la faja más oriental sobre la quebrada Las Trancas (GPS:  $29^\circ 00' 12''$ O  $67^\circ 34' 58''$ S) (Fig. 1a).

## DISCUSIÓN

Considerando la continuidad de la historia compresional E-O a lo largo del margen occidental de Gondwana, al menos a partir del Ordovícico medio, es probable que el desarrollo transversal del plegamiento P1 sea producto de una fase de deformación anterior a ese período. La alternativa más conservadora sería considerar que P1 constituye un registro localizado, posiblemente vinculado con la formación de rampas laterales/oblicuas donde la interacción de los esfuerzos con estructuras no perpendiculares conduce a una descomposición de los mismos, dando como resultado trayectorias localmente ortogonales al acortamiento regional (e.g., Apotria *et al.* 1992, Kuhn 2002, Dávila *et al.* 2004). Una deformación de este tipo es considerada para rocas de la faja corrida y plegada de la Cordillera Oriental (Mon *et al.* 2004) en donde se supone que los acortamientos N-S son el producto de desplazamientos andinos a lo largo de rampas oblicuas durante una única fase de acortamiento E-O, aunque en el caso de las rocas de la quebrada del río El Oro la deformación se habría producido a niveles estructurales más profundos. Otra alternativa sería interpretar que luego de un plegamiento con dirección de acortamiento  $\sim$ E-O se haya producido una rotación del bloque estructural de  $\sim 90^\circ$  según un eje vertical.

Estas alternativas, sin embargo, no consideran el desarrollo areal del plegamiento P1 que sugiere que esta fase de deformación más temprana habría correspondido a un evento de escala regional, localmente preservado con distintas intensidades. En este evento, las componentes de esfuerzo habrían sido diferentes a las que caracterizan a la deformación oclógica y subsecuentes, consideradas por diversos autores como producto de historias acrecionales ininterrumpidas a lo largo de la región protoandina con cinemáticas predominantemente ortogonales al margen de Gondwana occidental (Dávila *et al.* 2003, Cawood 2004). El desarrollo areal de P1 podría ser producto de una fase de deformación que ocurrió en respuesta a esfuerzos regionales que actuaron paralelamente al margen occidental de Gondwana con antelación al Ordovícico

Temprano, donde la paleogeografía está aún en discusión (Rapalini 2005). Algunos autores (Aceñolaza y Toselli 1988, Martino *et al.* 1999, Aceñolaza *et al.* 2002) han sugerido cinemáticas de desplazamiento de rumbo durante la evolución del margen, posiblemente asociadas a desplazamientos paralelos al borde de placa. Recientes estudios estructurales realizados por Schwartz y Gromet (2003) sugieren que una extensa zona de cizalla dextral se habría desarrollado entre la Formación Puncoviscana (considerada alóctona en dicho trabajo) y el cratón del Río de La Plata, afectando al margen con posterioridad a los 600 Ma.

Si bien no existen datos precisos del registro geodinámico antiguo, no puede descartarse que los ejes de plegamiento E-O que caracterizarían a la deformación más temprana reflejen una compleja historia de subducción en el margen oeste de Gondwana no observada con anterioridad. Estudios geofísicos recientes en el margen andino actual de Sudamérica indican que variaciones en los parámetros de subducción (e.g. aumento o disminución de tasas absolutas o relativas de subducción, edad de la placa subducida, entre otros) generarían profundos cambios en las condiciones reológicas de la placa superior (Laveny y Cembrano 1999, Yañez y Cembrano 2004) que afectarían fundamentalmente la región del antearco. Tal como lo sugieren los modelos propuestos, las regiones de arco-retroarco en cambio, se verían mayormente influenciadas por la dinámica de la placa superior; en este caso, por el desplazamiento absoluto de Sudamérica. Teniendo en cuenta que las interpretaciones recientes de Astini (2003) y Astini y Dávila (2004) consideran que el Famatina habría formado parte de una región de antearco para los estadios pre-oclógicos, sería posible pensar en un escenario similar al antearco andino actual. Por lo tanto eventos de acortamiento transversales al evento E-O podrían vincularse con la historia de margen continental previa a los estadios de arco y retroarco y a la acreción de terrenos durante el paleozoico. Dado que el P2 tiene una orientación coincidente con la de los plegamientos oclógico y subsecuentes en la región central del Famatina (véase Dávila *et al.* 2003) su desarrollo se asigna a alguno de estos eventos.

## CONCLUSIONES

En la región de la quebrada del río El Oro, en la escama estructural Ñuñorco, se han identificado dos plegamientos (P1 y P2) que afectan a rocas atribuidas a la Formación Negro Peinado. El plegamiento P1, cuyo plano axial se orienta ~75°/85°S indicando una dirección de acortamiento ~N-S (eje ~250°/20°), es un plegamiento transversal al comúnmente descrito para la región del Famatina; mientras que el plegamiento P2 se superpone ortogonalmente al primero con un plano axial orientado submeridionalmente, señalando una dirección de acortamiento ~E-O. Estos dos plegamientos se identifican en rocas que aun preservan su bandeo sedimentario (S<sub>0</sub>) y documentan la existencia de al menos dos fases de deformación superpuesta. La fase de deformación D1 genera un clivaje con leve reorientación mineral S<sub>1</sub> (~100°/85°S) en rocas que no alcanzan a desarrollar un metamorfismo en grado de epizona. La fase de deformación D2 genera un clivaje discontinuo S<sub>2</sub> (20°/70°SE) orientado perpendicularmente al S<sub>1</sub>. Mientras que la fase D2 es coincidente con la deformación regional en Famatina a partir del Ordovícico Medio, el registro de D1 representa un evento relictual poco conocido en la región, que indicaría acortamientos ~N-S que pueden ser relacionados con esfuerzos regionales paralelos al margen occidental de Gondwana previamente a dicho periodo.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba (123/04 SECyT-UNC), a la Agencia Nacional de Promoción de Ciencia y Tecnología (PICT-2002/07-11741 FONCYT/ANCYT) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (PIP-2000-02971 CONICET) que subsidian nuestros proyectos de investigación y el apoyo logístico brindado por el Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. Este trabajo constituye parte de la cartografía de la Hoja Geológica 2969-24 Sañogasta 1:100.000. Se agradecen además las sugerencias de los Dres. Fernando Hong y Armando Massabie, árbitros del

trabajo, que permitieron mejorar la versión final del mismo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1976. Consideraciones estratigráficas y tectónicas sobre el Paleozoico Inferior del Noroeste Argentino. 2º Congreso Latinoamericano de Geología, Actas 2: 755-783.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. 1988. El Sistema de Famatina, Argentina: Su interpretación como orógeno de margen continental activo. 5º Congreso Geológico Chileno, Actas 1: A55-A67, Antofagasta.
- Aceñolaza, F.G., Miller, H. y Toselli, A.J. 2002. Proterozoic-Early Paleozoic evolution in western South America - a discussion. *Tectonophysics* 354, 121-137.
- Albanesi, G.L., Esteban, S.B., Ortega, G., Hünicken, M.A. y Barnes, C.R. 2005. Bioestratigrafía y ambientes sedimentarios de las formaciones Volcancito y Bordo Atravesado (Cámbrico Superior - Ordovícico Inferior), Sistema de Famatina, provincia de La Rioja, Argentina. En: J. Dahlquist, Baldo E. y Alasino P. (ed.) *Geología de la Provincia de La Rioja (Precámbrico-Paleozoico inferior)*, Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial 8(D): 41-64.
- Apotria, T.G. Snedden, W.T., Spang, J.H. y Wiltchko, D.V. 1992. Kinematic models of deformation at an oblique ramp. En: McClay, K.R. (ed.) *Thrust Tectonics*: 141-154. Chapman & Hall, New York.
- Astini, R.A. 2003. The Ordovician proto Andean basins. En: Benedetto, J.L. (ed.): *Ordovician fossils of Argentina*, p. 1-74. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- 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: TC4008, doi:10.1029/2003TC001620.
- Astini, R.A., Benedetto, J.L., y Vaccari, N.E. 1995. The Early Paleozoic evolution of the Argentina Precordillera as a Laurentian rifted, drifted and collided terrane: a geodynamic model. *Geological Society of America, Bulletin* 107: 253-273.
- Astini, R.A., Dávila, F.M., Collo, G. y Martina, F. 2005. La Formación La Aguadita (Ordovícico medio-superior): Su implicancia en la evolución temprana del Famatina y como parte del orógeno Oclóyico en el noroeste argentino. En: J. Dahlquist (ed.) *Geología de la Provincia de La Rioja (Precámbrico-Paleozoico inferior)*, Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial 8(D): 67-84.
- Cawood, P.A. 2004. Terra Australis Orogen: Rodinia breakup and development of the Pacific and Iapetus margins of Gondwana during the Neoproterozoic and Paleozoic. *Earth Science Reviews* 1-31.
- Dávila, F.M. y Astini, R.A. 2005. La deformación oclóyica en el Famatina y su vinculación con la estructuración del antepaís protoandino. En: J. Dahlquist, Baldo E. y Alasino P. (ed.) *Geología de la Provincia de La Rioja (Precámbrico-Paleozoico inferior)*, Asociación Geológica Argentina, Publicación Especial 8(D): 133-148.
- Dávila, F.M., Astini, R.A. y Schmidt, C.J. 2003. Unraveling 470 m.y. of shortening in the Central Andes and documentation of Type 0 superposed folding. *Geology* 31(3): 275-278.
- Dávila, F.M., Martina, F. y Astini, R.A. 2004. Cartografía y cinemática de una rampa lateral en el distrito minero Río Blanco, faja plegada y corrida del borde oriental del Famatina (28°43'S), La Rioja. Asociación Geológica Argentina, Publicación especial 7(D): 101-106.
- de Alba, E. 1979. Descripción geológica de la Hoja 16d, Chilecito, provincia de La Rioja. Servicio Geológico Nacional. Boletín 163, 87 p.
- Durand, F.R., Toselli, A.J., Aceñolaza, F.G. y Rossi de Toselli, J.N. 1994. Evolución geológica del Sistema de Famatina durante el Precámbrico y Paleozoico. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Serie Monográfica y Didáctica 14, 76 p., San Miguel de Tucumán.
- Grissom, G.C., DeBari, S.M. y Snee, L.W. 1998. Geology of the Sierra de Fiambalá, northwestern Argentina: implications for Early Paleozoic Andean Tectonics. En: Pankhurst R.J. y Rapela C.W. (eds.) *The Proto-Andean margin of Gondwana*, The Geological Society, Special Publication 142: 297-323, London.
- Kuhn, D. 2002. Fold and thrust belt structures and strike-slip faulting at the SE margin of

- the Salar de Atacama basin, Chilean Andes. *Tectonics*, 21, 4, 1026, 10.1029/2001TC901042.
- Lavenu, A. y Cembrano, J. 1999. Compressional and transpressional-stress pattern for pliocene and Quaternary brittle deformation in fore arc and intra-arc zones (Andes of Central and Southern Chile). *Journal of Structural Geology* 21: 1669-1691.
- Lucassen, F. y Becchio, R. 2003. Timing of high-grade metamorphism: Early Palaeozoic U-Pb formation ages of titanite indicate long-standing high-T conditions at the western margin of Gondwana (Argentina, 26-29°S). *Journal of Metamorphic Geology* 21: 649-662.
- Martino, R.D., Painceyra, R., Guerschí, A. y Sfragulla, J.A. 1999. La faja de deformación de Sauce Punco, sierra Norte de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54(4): 436-440.
- Merriman, R.J. y Peacor, D.R. 1999. Very low grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. En: Frey, M. y Robinson, D. (eds.) *Low-Grade Metamorphism*, p. 10-60, Blackwell Science, Cambridge.
- Mon, R., Monaldi, C.R. y Salfity, J.A. 2004. Interferencia de pliegues en el valle del río Juramento-Cordillera Oriental (provincia de Salta). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 59(2): 213-219.
- Mpodozis, C. y Ramos, V.A. 1989. The Andes of Chile and Argentina. En: Ericksen, G.E.; Cañas, M.T.; Reinemund, J. (eds) *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources*, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series 11: 59-90.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W. y Fanning, C.M. 2000. Age and origin of coeval TTG, I- and S- type granites in the Famatinian belt of NW Argentina. *Transaction of the Royal Society Edinburgh, Earth Sciences* 91: 151-168.
- Ramos, V.A. 1988. Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America: A collisional history. *Episodes* 11: 168-174.
- Ramsay, J. G. y Huber, M. I. 1987. *The techniques of modern structural geology, Parte 2; Fold and Fractures*, 700 p., Academic Press, London.
- Rapalini, A.E., 2005. The accretionary history of southern South America from the latest Proterozoic to the Late Palaeozoic: some paleomagnetic constraints. En: Vaughan, A, Leat Pt y Pankhurst Rj (ed.), *Terrane processes at the margins of Gondwana*. The Geological Society, Special Publication 246: 305-328, London.
- Rapela, C.W. 2000. El ambiente geotectónico del Ordovícico de la región del Famatina. *Comentario. Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55: 134-136.
- Rapela, C.W. Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J. y Galindo, C., 1998. Early evolution of the Proto-Andean margin of South America. *Geology* 26: 707-710.
- Rossi, J.N., Durand, F.R., Toselli, A.J. y Sardi, F.G. 1997. Aspectos estratigráficos y geoquímicos comparativos de basamento metamórfico de bajo grado del Sistema del Famatina, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52(4): 469-480.
- Rossi, J.N., Vilner, A.P. y Toselli A.J. 2002. Ordovician metamorphism of the Sierras Pampeanas, Sistema de Famatina and Cordillera Oriental, Northwestern Argentina. En: Aceñolaza, F.J. (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina*, INSUGEO, Serie *Correlación Geológica* 16: 225-242.
- Schwartz, J.J. y Gromet, L.P. 2003. Provenance of a late Proterozoic-early Cambrian basin, Sierras de Córdoba, Argentina. *Precambrian Research* 129: 1-21.
- Simpson, C., R.D. Law, C.J. Northrup, y Martino, R.D., 1998. Crustal shortening of the Cambrian arc and post-metamorphic shear zones in the Sierras Pampeanas, 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 2: 394-399.
- Sims, J.P., Ireland, T.R., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P.E, Skirrow, R.G., Stuart-Smith, P.G. y Miró, R. 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Palaeozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. En: Pankhurst, R.J. y Rapela, C.W. (eds) *The Proto-Andean margin of Gondwana*, The Geological Society, Special Publication 142: 259-296, London.
- Steenken, A., Wemmer, K., López de Luchi, M.G., Siegesmund, S. y Pawlig, S. 2004. Crustal Provenance and Cooling of the Basement Complexes of the Sierra de San Luis: An insight Into the Tectonic History of the Proto-Andean Margin of Gondwana. *Gondwana Research* 7(4): 1171-1195.
- Toselli, A.J. 1990. Metamorfismo del Ciclo Pampeano. En: Aceñolaza, F.G.; Miller, H. y Toselli, A.J. (eds.) *El Ciclo Pampeano en el noroeste argentino*, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Serie *Correlación Geológica* 4: 181-197, San Miguel de Tucumán.
- Turner, J.C.M. 1960. Estratigrafía del tramo medio de la Sierra de Famatina y adyacencias, La Rioja. *Boletín Academia Nacional de Ciencias* 42: 77-126, Córdoba.
- Yáñez, G. y Cembrano, J. 2004. Role of viscous plate coupling in the late Tertiary Andean tectonics, *Journal of Geophysical Research* 109: B02407, doi:10.1029/2003JB002494.

Recibido: 26 de abril, 2005

Aceptado: 1 de noviembre, 2005