



CARACTERIZACIÓN PALEOMAGNÉTICA Y DE MAGNETOFÁBRICA DE LAS DOS SECUENCIAS QUE COMPONEN EL BATOLITO DE ACHALA, DEVÓNICO, SIERRAS PAMPEANAS (ARGENTINA)

Silvana Geuna^{1,2*}, Mónica López de Luchi², Leonardo Escosteguy³

¹Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina

²CONICET, Buenos Aires, Argentina

³ Servicio Geológico Minero Argentino, Buenos Aires, Argentina

Resumen

El batolito de Achala (31°30'S, 64°45'W, Córdoba, Argentina) es un complejo magmático importante de las Sierras Pampeanas, emplazado en basamento plutónico-metamórfico durante la orogenia Achaliana (Devónica). Está compuesto principalmente por monzogranito porfírico o equigranular grueso (Secuencia I), con edad de cristalización de ~380 Ma, seguido por granitos biotítico-muscovíticos de grano fino de ~370 Ma (Secuencia II). Se estudió el paleomagnetismo y la anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM) de treinta y seis sitios, principalmente en la Secuencia II, y los resultados se combinaron con datos publicados previamente. En su conjunto, el batolito es débilmente magnético, y contiene ilmeno-hematita como mineral portador de una remanencia magnética estable. La desmagnetización térmica hasta 620-650°C permitió aislar direcciones de remanencia con alta inclinación. Se calcularon dos polos paleomagnéticos diferentes para las dos Secuencias, que no se apartan demasiado del segmento 380-370 Ma de la curva de desplazamiento polar aparente de Gondwana. La ASM es mayor para la Secuencia II, y el elipsoide de ASM está alineado con la dirección de la cizalla activa durante su emplazamiento.

Abstract

The Achala batholith (31°30'S, 64°45'W, Córdoba, Argentina) is a major magmatic complex of the Sierras Pampeanas, emplaced in a metamorphic-plutonic basement during the Achalian Orogeny (Devonian). It is mainly a porphyritic to coarse-grained equigranular monzogranite (Sequence I), with crystallization age of ~380 Ma, followed by fine-grained, biotite-muscovite granites of ~370 Ma (Sequence II). Thirty-six sites were studied for paleomagnetism and anisotropy of magnetic susceptibility (AMS), mostly in the Sequence II, and combined with published data. Overall, the batholith is weakly magnetic, and it shows ilmeno-haematite as magnetic carrier of a stable remanence. Thermal demagnetization up to 620-640°C isolated steeply dipping remanence directions. Both Sequences provided different palaeomagnetic poles, not far from the 380-370 Ma segment of the Gondwana apparent polar wander path. The AMS is higher for Sequence II and the AMS ellipsoid is aligned with the direction of shearing active during its emplacement.



Introducción

La curva de desplazamiento polar aparente (CDPA) para el Paleozoico Medio de Gondwana está pobremente definida, y casi no incluye polos confiables de América del Sur. Las Sierras Pampeanas de Argentina contienen un registro abundante de magmatismo con edades que van desde el Cámbrico hasta el Carbonífero temprano, relacionado con las sucesivas orogénias Pampeana, Famatiniana y Achaliana, por lo cual los plutones graníticos de las Sierras Pampeanas constituyen un interesante objetivo para estudios paleomagnéticos, que permitan completar la CDPA con información de este continente.

El batolito de Achala, el más representativo del magmatismo achaliano de edad devónica en las Sierras de Córdoba (Fig. 1), proporcionó una remanencia magnética estable y primaria, portada por ilmenohematita magmática (Geuna et al. 2008a, b). Como es característico de granitos paramagnéticos, su fábrica magnética resultó ser débil y definida principalmente por formas oblatas, excepto en zonas de cizallamiento que mostraron mayor grado de anisotropía de susceptibilidad magnética (ASM, Geuna et al. 2008c). Geuna et al. (2008a) calcularon un polo paleomagnético (PP) representativo de varias facies del batolito, que resultó cercano a (pero no coincidente con) la posición esperada según CDPAs propuestas hasta el momento para Gondwana (ej. McElhinny et al. 2003).

El batolito de Achala se extiende a lo largo de 100 x 50 km, e incluye varias unidades magmáticas, la mayoría de ellas de carácter porfiroide, emplazadas en el nivel frágil-dúctil de la corteza, presumiblemente en una etapa tardío-colisional respecto a la colisión Chilena-Gondwana (ca. 390 Ma, Willner et al. 2010). El emplazamiento del batolito fue controlado y acompañado hasta sus últimas etapas, por deformación a lo largo de una faja de cizalla de rumbo NW-SE, que provocó el cabalgamiento de la mitad norte del macizo sobre la mitad sur, y el emplazamiento de facies biotíticas de grano fino a lo largo de este cabalgamiento (Zarco 2006). Patiño (1989) separó a estos granitos con alineación NW-SE, como una secuencia magmática posterior ("Secuencia II") a la secuencia típicamente porfiroide de Achala ("Secuencia I"). Estas dos secuencias fueron datadas por Rapela et al. (2008) por el método U-Pb SHRIMP en 379 ± 4 y 369 ± 3 Ma, respectivamente.

El objetivo de la presente contribución es presentar los resultados de un muestreo detallado con el fin de caracterizar la remanencia y fábrica magnéticas de 36 sitios, la mayor parte de ellos concentrados en el sector central del batolito, y en las facies de la "Secuencia II" como la definió Patiño (1989). Estos nuevos datos, sumados a los obtenidos por Geuna et al. (2008a, c), permitieron calcular dos nuevos PPs que reemplazan al de Geuna et al. (2008a), situados en distintos contextos de adquisición de fábrica y remanencia magnéticas.

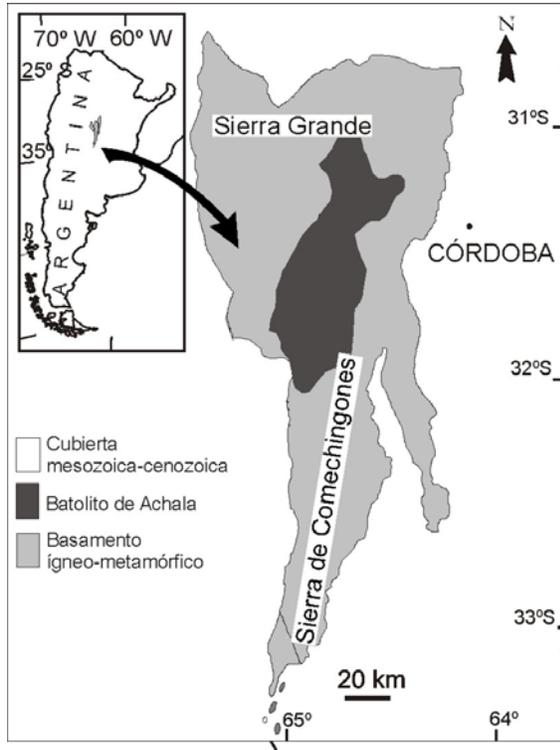


Figura 1: Mapa de ubicación del batolito de Achala en las Sierras Pampeanas de Córdoba.



Resultados

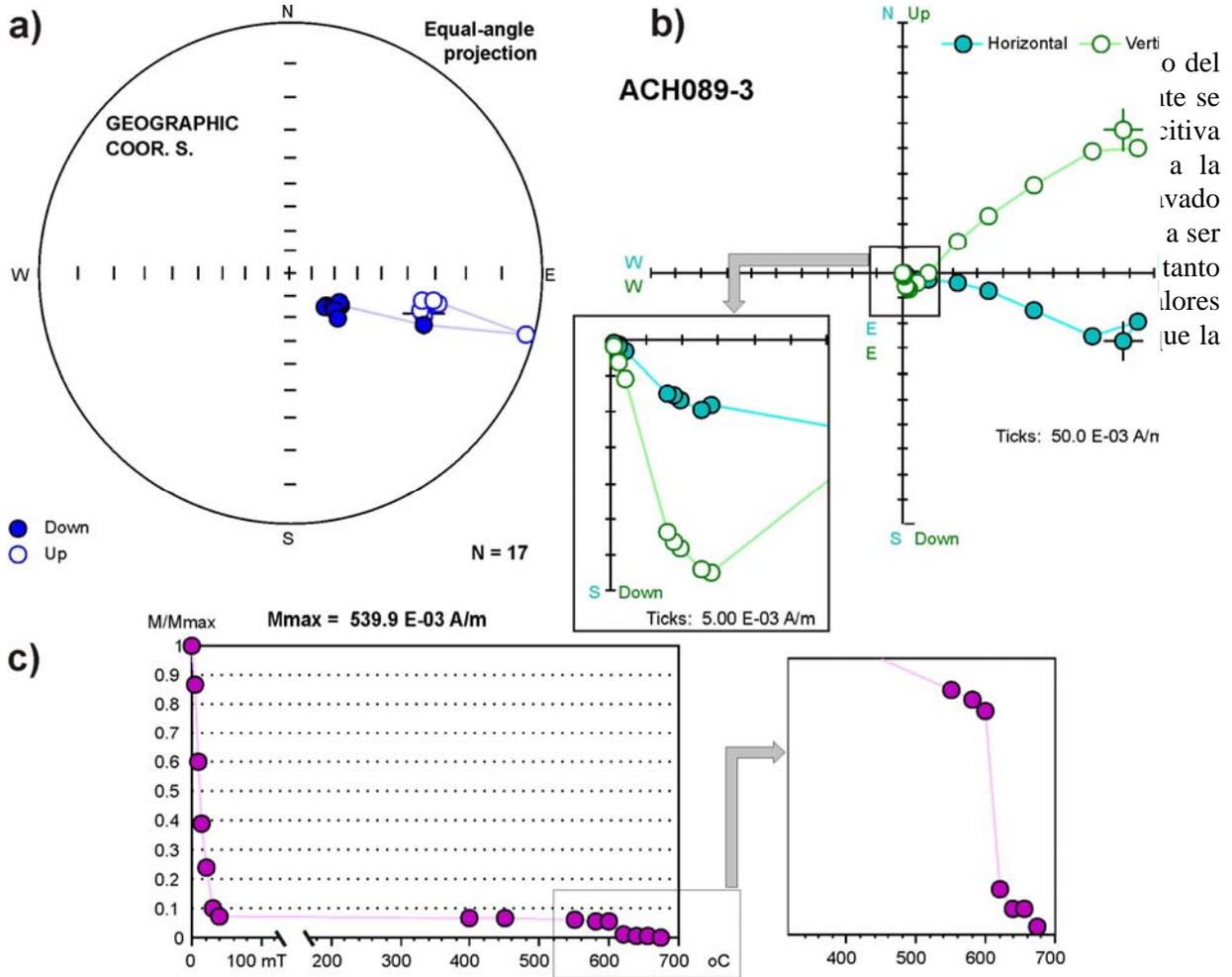


Figura 2: Ejemplo de desmagnetización por campos alternos de una muestra representativa de la Secuencia II, seguida por desmagnetización térmica. a) Proyección estereográfica, b) diagramas en proyecciones ortogonales de Zijderveld, c) diagramas de desmagnetización. El sector de altas temperaturas de b) y c) se encuentra ampliado en los recuadros.

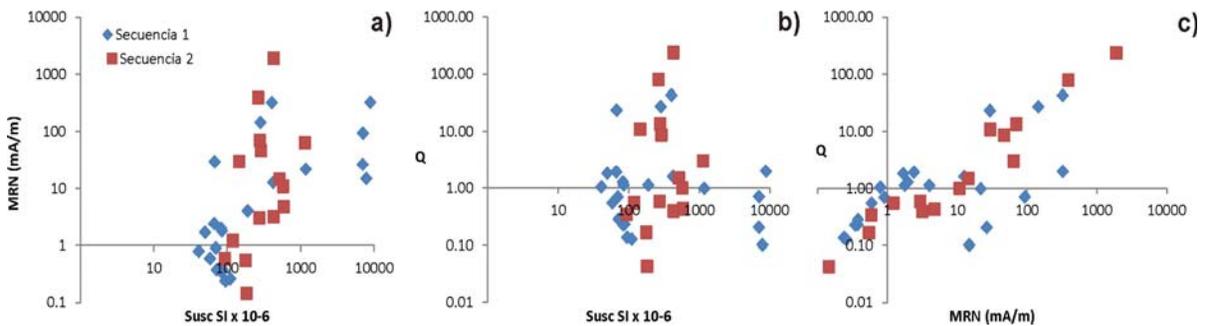


Figura 3: Gráficos log-log de a) magnetización remanente natural vs. susceptibilidad magnética, b) factor de Königsberger vs. susceptibilidad magnética y c) factor de Königsberger vs. magnetización remanente natural, para las Secuencias 1 (rombos azules) y 2 (cuadrados rojos).

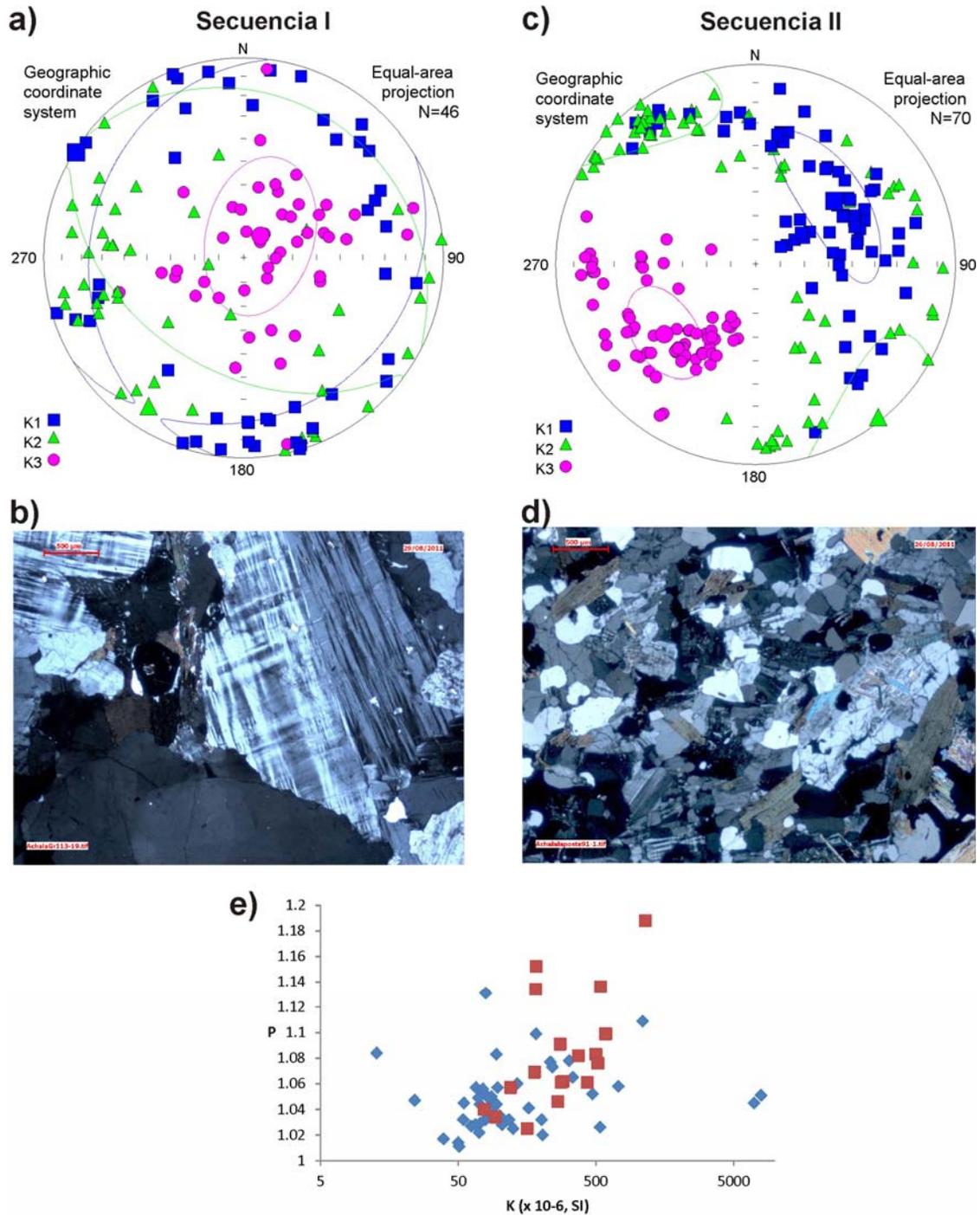


Figura 4: a) Direcciones de ejes máximo, intermedio y mínimo de susceptibilidad magnética (especímenes) para la Secuencia I. b) Granito porfiroide de la Secuencia I. Megacrystal de microclino con macla de Carlsbad, cuarzo con textura en damero incipiente. En el sector central se observan agregados de biotita y muscovita asociados con un cristal euédrico de apatita. Nótese los lóbulos mirmequíticos que se proyectan hacia la parte interna del microclino. La reacción para formar mirmequitas es una reacción de hidratación, en la que el agua necesaria podría haber sido introducida a través de fracturas durante otra intrusión ígnea. c) Ídem a) para Secuencia II. d) Granito biotítico de la Secuencia II, alineamiento paralelo de biotitas y del eje mayor del feldespato potásico, en una mesostasis equigranular de granito biotítico-muscovítico anhedral. e) Grado de ASM (P) versus susceptibilidad magnética (k) para la Secuencia I (rombos azules) y Secuencia II (cuadrados rojos).



Las direcciones de remanencia aisladas para las dos secuencias, tienen valores altos de inclinación y forman poblaciones estadísticamente diferentes, separadas por un ángulo de 7° . Los PPs calculados a partir de estas direcciones se sitúan en: Secuencia I, 56°S , 303°E ($N=27$, Dp 10, Dm 11) y Secuencia II, 53°S , 324°E ($N=15$, Dp 7, Dm 8).

La fábrica magnética presenta una coherencia direccional en todos los sitios de la Secuencia II, con una foliación aproximada $340^\circ/45^\circ\text{NE}$ y lineación que buza 45° hacia $N60^\circ$. El grado de ASM es mayor que en la Secuencia I (Fig 4e), y la fábrica es de origen magmático (Fig. 4d).

La Secuencia I se caracteriza por una fábrica menos definida direccionalmente, y de menor grado (Fig 4 a, e). Cuando estas rocas tienen deformación, esta es de tipo subsólido (Fig. 4b).

Discusión y conclusiones

Zarco (2006) interpretó un evento diastrófico mayor ocurrido durante el emplazamiento del batolito de Achala, que provocó el corrimiento del sector norte por sobre el sector sur, y que fue acompañado por la intrusión de los granitos biotíticos de la Secuencia II. Las diferencias en la fábrica magnética de las dos Secuencias se interpreta en función de su situación temporal con respecto a este evento principal: la Secuencia II, simultánea con la deformación, se caracteriza por su fábrica magmática bien marcada, en una dirección coincidente con la de la cizalla planteada por Zarco (2006). La lineación magnética registrada por la Secuencia II se correspondería con la inyección primaria del magma desde el cuadrante NE, acompañando la vergencia del cabalgamiento simultáneo hacia el SW en la interpretación de Zarco (2006). Por otro lado, la Secuencia I, ya cristalizada para el momento de la deformación principal, muestra fábricas magnéticas con menor grado de ASM, que se corresponde con menor grado de deformación sinmagmática, y presenta evidencias de deformación subsólida en sectores localizados.

Las direcciones de remanencia de las dos Secuencias permitieron calcular dos PPs diferentes (Fig. 5). Estos PPs no coinciden con la

traza de la CDPA propuesta para Gondwana por McElhinny et al. (2003), pero definen un segmento que es cercano y paralelo a ella. Este segmento se haría coincidente con aquella CDPA, si el batolito de Achala estuviera actualmente basculado unos 12° hacia el N. Alternativamente, la diferencia entre el segmento 380-370 Ma de la CDPA de América del Sur y del resto de Gondwana, podría obedecer a una situación de este sector de América del Sur con respecto a Gondwana, diferente a la tradicionalmente aceptada.

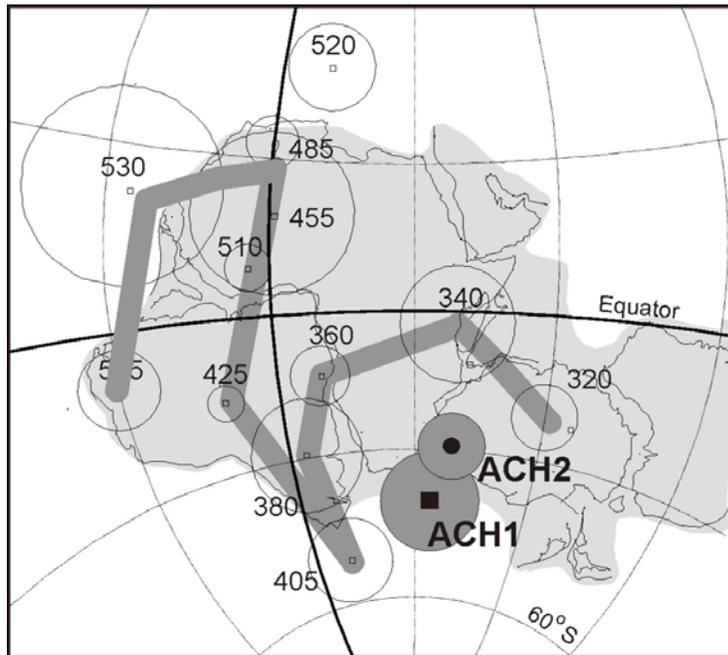


Figura 5: Polos paleomagnéticos para las Secuencias I (ACH1) y II (ACH2) del batolito de Achala, en coordenadas de África (donde fueron transferidos de acuerdo con los parámetros de reconstrucción de Reeves et al. 2004), y comparados con la CDPA paleozoica de Gondwana propuesta por McElhinny et al. (2003).



Agradecimientos

El trabajo fue financiado mediante los proyectos PIP CONICET 01502, PICT ANPCyT 1074, y UBACyT 20020090100122 y 20020100100047. Para la representación gráfica y el análisis de los datos se utilizaron los programas IAPD2000, Gmap 2003, Remasoft 3.0, Rema6W y Anisoft 3.2, cuya distribución gratuita se agradece.

Referencias

Geuna, S.E., Escosteguy, L.D. y Miró, R. 2008, Palaeomagnetism of the Late Devonian - Early Carboniferous Achala Batholith, Córdoba, central Argentina: implications for the apparent polar wander path of Gondwana. *Gondwana Research*, 13, 227-237.

Geuna, S.E., McEnroe, S.A., Robinson, P. y Escosteguy, L.D., 2008, Magnetic petrology of the Devonian Achala Batholith, Argentina: titanohaematite as an indicator of highly oxidized magma during crystallization and cooling, *Geophysical Journal International*, 175 (3), 925-941.

Geuna, S.E., Escosteguy, L.D., Miró, R., Candiani, J.C. y Gaido, M.F., 2008, La susceptibilidad magnética del batolito de Achala (Devónico, Sierra Grande de Córdoba), y sus diferencias con otros granitos "Achalianos", *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63(3), 380-394.

McElhinny, M.W., Powell, Ch.McA. y Pisarevsky, S.A., 2003, Paleozoic terranes of eastern Australia and the drift history of Gondwana, *Tectonophysics*, 362, 41-65.

Patiño, M.G. de, 1989, Estudio geológico y petrológico del Batolito de Pampa de Achala, provincia de Córdoba, a los 31°35' de latitud sur. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 2287, 235 p. (inédito), Buenos Aires.

Rapela, C.W., Baldo, E.G., Pankhurst, R.J. y Fanning, C.M., 2008, The Devonian Achala Batholith of the Sierras Pampeanas: F-rich, aluminous A-types granites. 6° South American Symposium on Isotope Geology, Actas, 8 pp. (en disco compacto), San Carlos de Bariloche.

Reeves, C.V., de Wit, M.J. y Sahu, B.K., 2004, Tight reassembly of Gondwana exposes Phanerozoic shears in Africa as global tectonic players, *Gondwana Research*, 7(1), 7-19.

Willner, A.P., Gerdes, A., Massonne, H-J., Schmidt, A., Sudo, M., Thomson, S.N., Vujovich, G., 2010, The geodynamics of collision of a microplate (Chilenia) in Devonian times deduced by the pressure-temperature-time evolution within part of a collisional belt (Guarguaraz Complex, W-Argentina), *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 162, 303-327.

Zarco, J.J., 2006, Geología estructural y petrología estructural del Complejo Granítico peraluminoso de Achala en relación con la génesis y localización de mineralizaciones de uranio (Sierras Pampeanas, Argentina). Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta, 88 pp. y anexos (inédito), Salta.