



## ANÁLISIS DE FÁBRICAS MAGNÉTICAS APLICADO AL ESTUDIO DE LA DEFORMACIÓN NEOTECTÓNICA EN LA PRECORDILLERA DE CUYO

Carla M. Terrizzano<sup>1\*</sup>, José M. Cortés<sup>1</sup>, Augusto E. Rapalini<sup>2</sup>, Sabrina Y. Fazzito<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Neotectónica (LANEO), Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA).

<sup>2</sup> Laboratorio de Paleomagnetismo Daniel A. Valencio, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA).

Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160, Pabellón II, Ciudad Universitaria, C1428EGA, Buenos Aires, Argentina. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

### Abstract

We present preliminary results of a magnetofabric study carried out by means of anisotropy of magnetic susceptibility measurements in Quaternary poorly or non-consolidated sediments of the Precordillera, Central Andes of Argentina. Our objective was to contribute to the development of this geophysical tool in such application in order to characterize the neotectonic deformation in terms of its kinematic behavior, as a complement of structural and geomorphological information, particularly in weakly deformed sediments.

Tectonic magnetic fabrics were isolated even in sediments that do not appear deformed in outcrop scale. Furthermore, the interpreted shortening directions are consistent with those expected in the current Andean convergent regime. Thus, the anisotropy of magnetic susceptibility appears to be a useful kinematic tool in the study of the Quaternary tectonic deformation.

### Resumen

Se presentan resultados preliminares de estudios de magnetofábrica en sedimentos cuaternarios poco o no consolidados de la Precordillera, en los Andes Centrales de Argentina. El objetivo del estudio es contribuir al desarrollo de dicha herramienta geofísica para el análisis de las condiciones cinemáticas de la deformación neotectónica, como complemento de la geología estructural y la geomorfología.

Se han detectado fábricas magnéticas tectónicas, incluso en sedimentos que no muestran evidencias macroscópicas de deformación. Las direcciones de acortamiento interpretadas son consistentes con las esperadas bajo el régimen compresional andino actual. De esta manera, la obtención de magnetofábricas a través de la anisotropía de susceptibilidad magnética resultaría una herramienta cinemática útil aún en estadios de deformación incipientes.

### Introducción

La anisotropía de susceptibilidad magnética (AMS) se utiliza para conocer la petrofábrica de una determinada roca y posee un amplio rango de aplicaciones, entre las que se destacan el estudio de procesos ígneos, la determinación de direcciones de paleocorrientes o de proveniencia de flujos piroclásticos o las investigaciones de paleotectónica, entre otras.

Distintos autores abordaron por otra parte el estudio de petrofábricas magnéticas como una herramienta para obtener información sobre la cinemática de la deformación tectónica de sedimentos poco o no



consolidados (Lowrie and Hirt 1985, Kissel et al. 1986, Mattei et al. 1997, Sagnotti et al. 1998, Parés et al. 1999, Parés and van der Pluijm 2002, Borradaile and Jackson 2004, Cifelli et al. 2005, Soto et al. 2009, Larrasoña et al. 2011), incluso cuando los mismos no muestran evidencias macroscópicas de dicha deformación. Son sin embargo aún escasos los estudios de AMS referidos al análisis de la magnetofábrica de sedimentos tardío cenozoicos sometidos a deformación neotectónica.

Este trabajo muestra resultados preliminares de un estudio que tiene una doble finalidad: por un lado, contribuir al desarrollo metodológico de la herramienta en este tipo de estudios y por otro lado, estimar las condiciones de deformación neotectónica de sedimentos tardío cenozoicos a recientes precordilleranos.

Con el objetivo de ponderar y calibrar el método de AMS, los resultados obtenidos han sido analizados en función de las diferentes litologías muestreadas, y enmarcados en un contexto estructural y cinemático constreñido a partir de estudios recientes.

## **Metodología**

La AMS se expresa por comparación de los valores de susceptibilidad magnética según tres ejes perpendiculares entre sí:  $k_1$  (máxima susceptibilidad),  $k_2$  (susceptibilidad intermedia) y  $k_3$  (mínima susceptibilidad), describiendo los mismos el correspondiente elipsoide de susceptibilidad magnética (Tarling y Hrouda, 1993). Existe cierta evidencia observacional (Kissel et al., 1986; Sagnotti y Meloni, 1993; Speranza et al., 1998) de que en sedimentos poco o no consolidados sometidos a procesos de deformación tectónica se produce una paulatina reorientación de las fábricas magnéticas originando nuevas fábricas que se apartan gradualmente de las originales, netamente sedimentarias, hasta alcanzar patrones característicos de materiales geológicos deformados. Esto aparentemente ocurriría en sedimentos con escasa o aún nula evidencia macroscópica de deformación interna. Por su parte, las nuevas fábricas magnéticas guardan consistencia con las direcciones de acortamiento y de extensión (direcciones cinemáticas) a nivel local o regional.

Se muestrearon para este trabajo 27 sitios en tres localidades de la Precordillera Occidental y Precordillera Sur, provincias de San Juan y Mendoza (Figura 1). Se muestrearon sedimentos clásticos poco o no consolidados de edad pleistocena y holocena. Los mismos presentan diversas granulometrías, desde pelitas hasta arenas gruesas y estuvieron sometidos a distintos grados de actividad tectónica cuaternaria (se muestrearon desde sedimentos aparentemente no deformados hasta sedimentos cuaternarios plegados o vinculados a fallas, así como también jaboncillos de falla).

El muestreo en la recolección de especímenes orientados se realizó mediante tubos plásticos de 22 mm de alto y 26 mm de diámetro o, en los casos en que la litología así lo requirió, con perforadora eléctrica portátil. La elección de los sitios dependió tanto del interés geológico específico como de la presencia de litologías adecuadas para el muestreo.

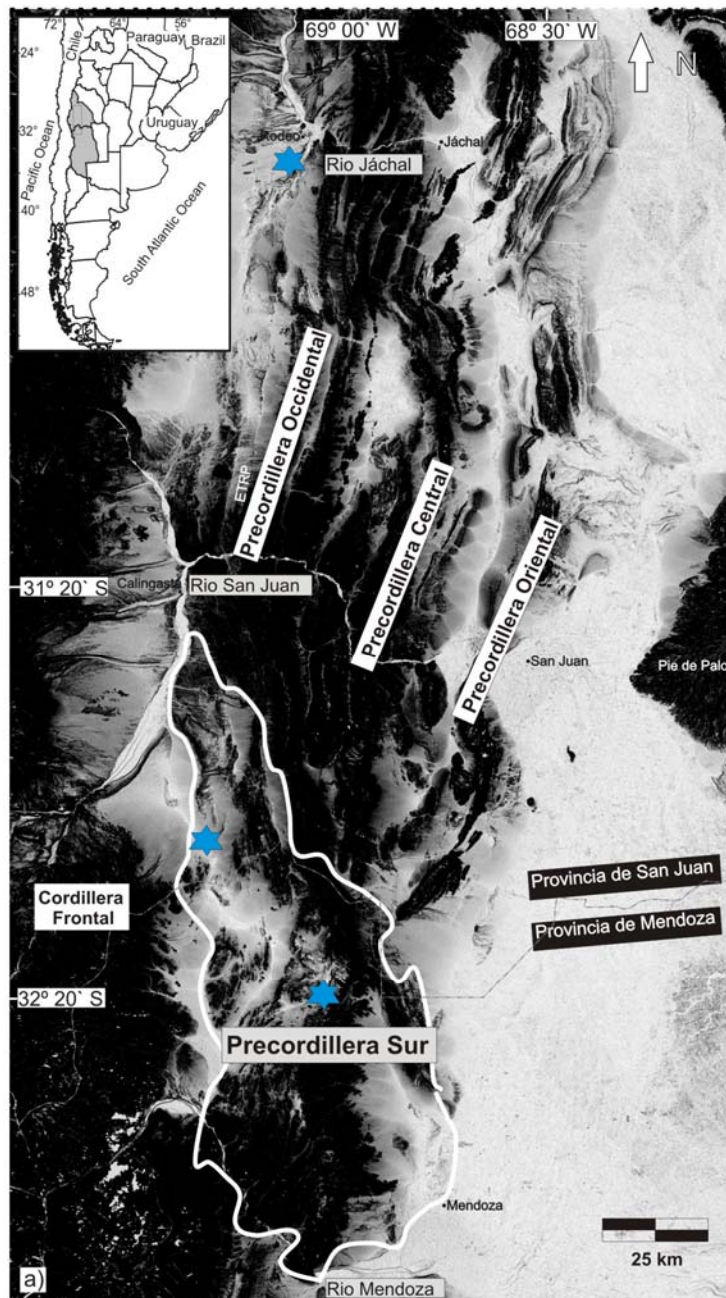
La AMS fue medida utilizando un susceptibilímetro AGICO MFK-1A perteneciente al Laboratorio de Paleomagnetismo Daniel Valencio. La representación gráfica y obtención de los datos estadísticos se realizó por medio del software Anisoft42 (Chadima y Jelinek, 2008).

## **Resultados**

En 21 sitios se obtuvieron improntas tectónicas, donde el diverso grado de deformación de los depósitos estudiados se correlaciona con los parámetros direccionales observados en el elipsoide de AMS, dando noción además, de los elipsoides de deformación de los mismos. Los elipsoides de AMS obtenidos son



mayoritariamente oblatos, donde el eje de mínima susceptibilidad ( $K_3$ ) se encuentra en posición vertical y los ejes de susceptibilidad intermedia y máxima se agrupan sobre el plano horizontal (plano de estratificación). En estos casos, se interpreta que  $K_1$  es perpendicular a la dirección de acortamiento local o regional, coincidiendo esta última con  $K_2$ . En otros casos (tales como en los jaboncillos de falla) se obtuvieron elipsoides prolados, donde  $K_1$  indicaría la dirección de movimiento (de estiramiento mineral). Las susceptibilidades magnéticas de estos sedimentos son del orden de  $10^{-3}$  SI, valor que manifestaría una contribución tanto de minerales ferromagnéticos como paramagnéticos a la susceptibilidad y a su anisotropía (Tarling y Hroudá 1993). Los resultados obtenidos son consistentes con las direcciones de acortamiento locales esperadas bajo el régimen de acortamiento andino (Ac.  $75^\circ \pm 5^\circ$ ). Cabe destacar una menor dispersión de los datos en aquellas litologías más finas (limo arcillosas) en relación a las litologías más gruesas (areno gravosas)



**Figura 1.** Ubicación de las localidades de muestreo.



## Conclusiones

Los estudios de magnetofábrica a partir de mediciones de anisotropía de susceptibilidad magnética resultan en principio una herramienta útil y eficiente en el estudio del grado y la cinemática de la deformación en sedimentos poco o no consolidados cuaternarios, donde el diverso grado de deformación tectónica se correlaciona con los parámetros direccionales observados en el elipsoide de AMS. Asimismo, la dirección de acortamiento interpretada es consistente con la debida al régimen compresional andino actual. Uno de los hallazgos más significativos del estudio es el hecho de haber reconocido, utilizando esta metodología, una criptofábrica tectónica en sedimentos que no presentan in situ evidencias macroscópicas de deformación. Esto mostraría que la AMS es una herramienta sensible incluso en estadios de deformación muy incipiente, permitiendo dilucidar así la presencia de zonas sometidas a deformación neotectónica que no podrían ser reconocidas por otros métodos. Se observa en principio, además, una mayor dispersión de los datos para aquellas granulometrías más gruesas, dadas por arenas o arenas gravosas.

## Referencias

- Borradaile, G.J., Jackson, M., 2004, Anisotropy of magnetic susceptibility (AMS): magnetic petrofabrics of deformed rocks. En: F. Martin Hernandez, C.M. Lünenburg, C. Aubourg and M. Jackson, Editors, Magnetic Fabric: Methods and Applications, Geological Society of London, Special Publication vol. 238, 299–360.
- Chadima, M., Jelinek, V., 2008. Anisoft data browser for Windows. Agico, Inc, República Checa.
- Cifelli, F., Mattei, M., Chadima, M., Hirt A.M., Hansen, A., 2005, The origin of tectonic lineation in extensional basins: Combined neutron texture and magnetic analyses on “undeformed” clays. *Earth and Planetary Science Letters*, 235, 62– 78
- Kissel, C., Barrier, E., Laj, C., 1986, Magnetic fabric in “underformed” marine clays from compressional zones. *Tectonics*, vol. 5, n° 5, 769-781
- Larrasoña, J.C., Gómez-Paccard, M., Giralt, S., Roberts, A.P., 2011, Rapid locking of tectonic magnetic fabrics in weakly deformed mudrocks. *Tectonophysics* (en prensa).
- Lowrie, W., Hirt, A.M., 1985, Compactional and tectonic magnetic fabrics in the Scaglia Rossa limestone, 5<sup>th</sup> IAGA Conf., 1, 207
- Mattei, M., Sagnotti, L., Faccenna C., Funiciello R., 1997, Magnetic fabric of weakly deformed clay-rich sediments in the Italian peninsula: Relationship with compressional and extensional tectonics. *Tectonophysics*, 271, 107-122
- Parés J.M., van der Pluijm, B.A., Dinarès-Turell J., 1999, Evolution of magnetic fabrics during incipient deformation of mudrocks (Pyrenees, northern Spain). *Tectonophysics*, 307, 1-14
- Parés J.M., van der Pluijm, B.A., 2002, Evaluating magnetic lineations (AMS) in deformed rocks. *Tectonophysics*, 350, 283-298



Sagnotti, L., Meloni, A., 1993, Pleistocene rotations and strain in southern Italy: the example of Sant'Arcangelo basin. *Annali de Geofisica*, 36, 2, 83-95

Sagnotti, L., Speranza, F., Winkler, A., Mattei, M., Funicello, R., 1998, Magnetic fabric of clay sediments from the external northern Apennines (Italy). *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 105, 73-93

Soto, R., Larrasoaña, J.C., Arlegui, L.E., Beamud, E., Oliva-Urcia, B., Simón, J.L., 2009, Reliability of magnetic fabric of weakly deformed mudrocks as a palaeostress indicator in compressive settings. *Journal of Structural Geology*, 31, 512–522

Speranza, F., Mattei M., Naso G., Di Bucci D., Corrado S., 1998, Neogene– Quaternary evolution of the central Apennine orogenic system (Italy): a structural and palaeomagnetic approach in the Molise region. *Tectonophysics*, 299, 143–157

Tarling, D.H., Hrouda, F., 1993, *The magnetic anisotropy of rocks*. Chapman and Hall, London