



## MAGNETOESTRATIGRAFÍA EN SEDIMENTITAS DEL MIOCENO TARDÍO DEL NOROESTE DE ARGENTINA

Cecilia M. Spagnuolo<sup>1,2</sup>, Sergio M. Georgieff<sup>1,2</sup>, Augusto E. Rapalini<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales, Tucumán, Argentina

<sup>2</sup> CONICET, Argentina

<sup>3</sup> Universidad de Buenos Aires, IGEBA, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

### RESUMEN

Se realizó el primer estudio magnetoestratigráfico en la Formación Las Arcas de edad miocena en las Sierras Pampeanas (26° 12' S; 65° 47' W) y se obtuvo la primera datación (8.79 ± 0.14 Ma) por el método Ar/Ar en una toba a 45 m de la base de la unidad. Se estudió la columna aflorante, ~ 810 m de espesor, la cual pudo correlacionarse con la Escala de Polaridad Geomagnética Global (GPTS). Esta correlación indica que los sedimentos de la Formación Las Arcas habrían comenzado a depositarse a los 9.1 Ma. 26 de 48 sitios portan una remanencia magnética primaria que se usó para calcular un polo paleomagnético (D = 8.7° I = -43.9°  $\alpha_{95} = 11.9$ ) sugiriendo que el área tuvo una rotación de ~ 10° desde el Mioceno Tardío.

**Palabras clave:** Formación Las Arcas, Terciario, Sierras Pampeanas, Paleomagnetismo, Magnetoestratigrafía.

### ABSTRACT

The first magnetostratigraphic study was carried out in the Miocene Las Arcas Formation, in the Northern Pampean Ranges (26° 12' S; 65° 47' W) and furthermore the first dating (8.79 ± 0.14 Ma) of the unit was obtained at 45 m from the unit base. ~ 810 m of sedimentary rocks were sampled obtaining a magnetostratigraphic column that was correlated with the Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS). This correlation indicates that deposition of the Las Arcas Formation sediments started at around 9.1 Ma. 26 from 48 sites carry a primary magnetization that was used to calculate a paleomagnetic pole (D = 8.7° I = -43.9°  $\alpha_{95} = 11.9$ ) that suggests that this area underwent a rotation of ~10° since the Late Miocene.

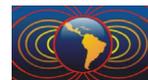
**Keywords:** Las Arcas Formation, Tertiary, Pampean Ranges, Paleomagnetism, Magnetostratigraphy.

### Introducción

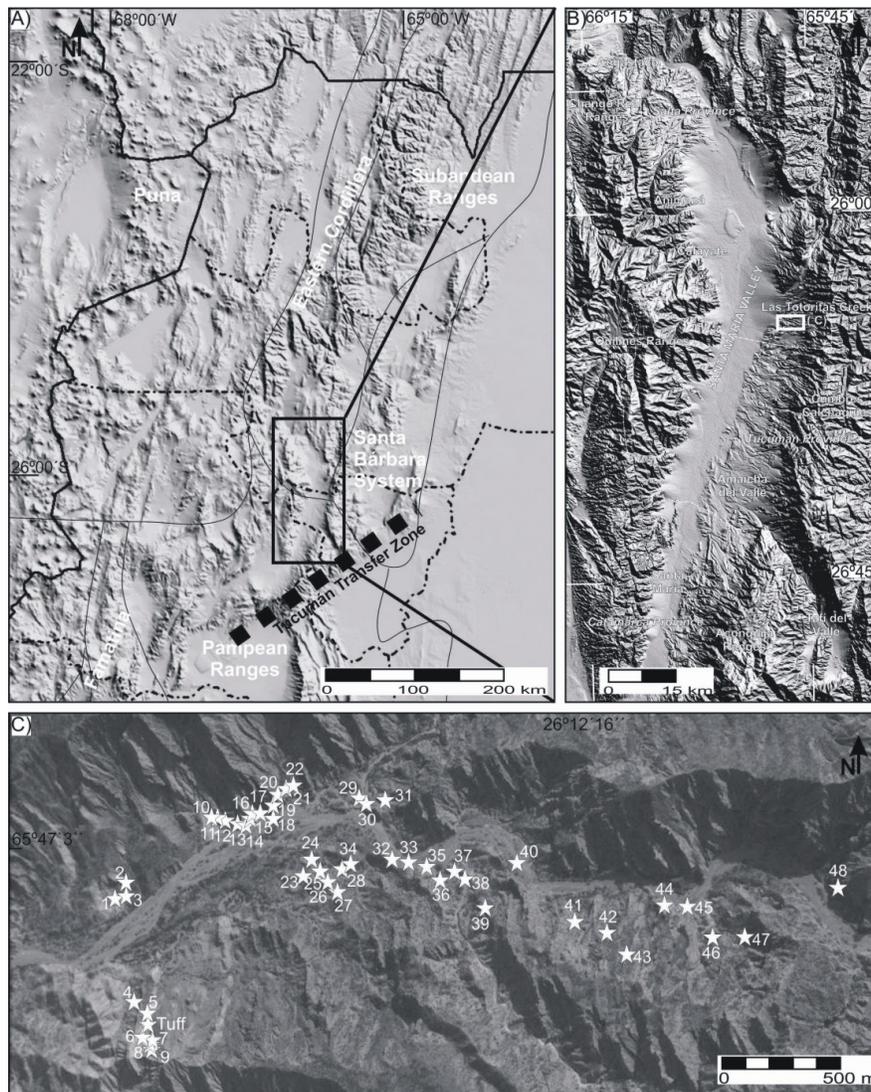
El Valle de Santa María es una unidad morfotectónica que abarca el SE de Salta, O de Tucumán y NE de Catamarca en las Sierras Pampeanas Septentrionales del Noroeste Argentino (NOA). Limita al este por la Sierra de Aconquija y las Cumbres Calchaquies y al oeste por la Sierra de Quilmes (fig. 1).

La estratigrafía general del área comienza con un basamento ígneo-metamórfico precámbrico-cámbrico temprano (Ruiz Huidobro 1966; Toselli, Rossi, 1998; Toselli *et al.* 1999) cubierto por depósitos cenozoicos. Esos depósitos se componen de la Formación Saladillo (Paleógeno - Peirano 1946; Galván, Ruiz Huidobro, 1965; Bossi *et al.* 2001) y el Grupo Santa María (Neógeno - Ruiz Huidobro 1960; Galván, Ruiz Huidobro, 1965; Bossi, Palma, 1982) subdividido de base a techo en las Formaciones San José, Las Arcas, Chiquimil, Andalhuala y Corral Quemado. Sobre ellos se encuentran la Formación Yasyamayo y depósitos sedimentarios pleistocenos.

Se realizó un estudio magnetoestratigráfico en la Quebrada de Las Totoritas (26° 12' S; 65° 47' W), afluente del río de Santa María en la ladera oriental de las Cumbres Calchaquies al sur de la Provincia de Salta, Argentina (fig. 1). La Formación Las Arcas de edad miocena *s.l.* (Galván, Ruiz Huidobro, 1965) fue elegida para este estudio por su coloración rojiza, litología sedimentaria y por tratarse de la unidad menos estudiada



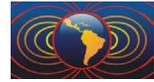
del Grupo Santa María (Ruiz Huidobro 1960; Galván, Ruiz Huidobro, 1965; Bossi *et al.* 2001). Se realizó por primera vez una datación de la unidad en una toba intercalada a 45 m de la base de la misma. La correlación de los 810 m de la columna magnetoestratigráfica local con la GPTS ayuda a definir con mayor precisión la tasa y la edad de acumulación de esta unidad, mientras que el polo paleomagnético permitirá conocer si la zona tuvo rotaciones de bloques según ejes verticales.



**Figura 1.** A) Modelo de elevación digital (DEM) del NOA. B) DEM del Valle de Santa María con la ubicación del área de muestreo (Quebrada Totoritas). C) Fotografía aérea de la Quebrada de las Totoritas con los sitios paleomagnéticos representados por estrellas. Véase la ubicación de la toba datada entre los sitios 5 y 6.

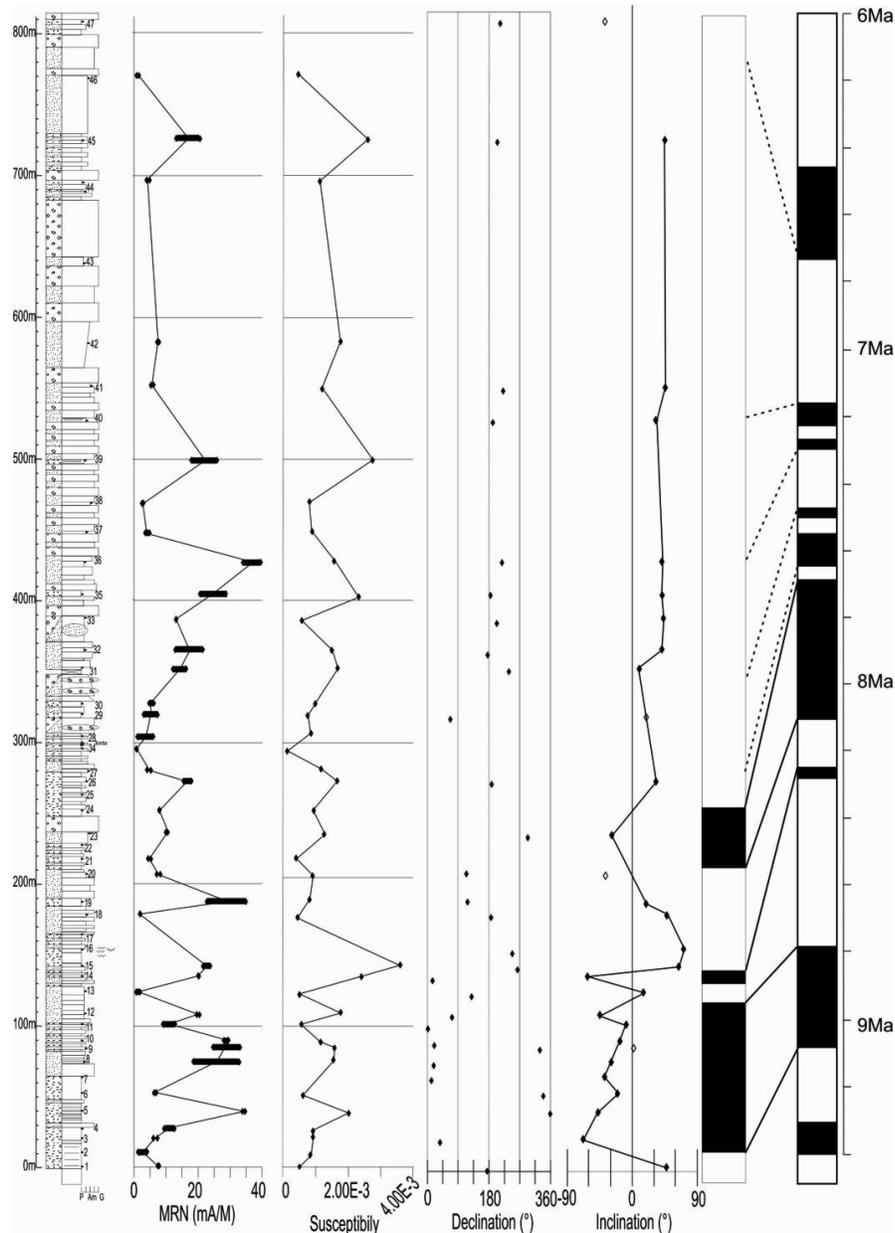
### Metodología paleomagnética

A lo largo del perfil estudiado, se recolectaron 113 muestras de mano y 26 testigos obtenidos con una perforadora portátil eléctrica distribuidos en 48 sitios (figs. 1 y 2). Las muestras se orientaron con brújula magnética y solar en los casos que fue posible. Los sitios se obtuvieron con una distancia estratigráfica de ~ 10 m en las pelitas y ~ 20 m en las areniscas. En el laboratorio, cada testigo fue rebanado en 1 a 4 especímenes paleomagnéticos de tamaño estándar (2.2 cm de alto y 2.54 cm de diámetro).

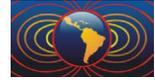


En la mayoría de los sitios 2 especímenes por sitio fueron tratados con procedimientos de desmagnetización estándar, uno termal (95, 150, 190, 295, 350, 400, 450, 500, 530, 560, 580, 610, 630 y 650 ° C) y otro por campos alternos (3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 mT) para evaluar la técnica más efectiva en el resto de la colección. Se midió la susceptibilidad después de cada etapa de calentamiento. Las componentes magnéticas se determinaron por análisis de componente principal (Kirshvink 1980) con una desviación angular máxima menor a 15° (3 componentes fueron obtenidas con un MAD > 15°).

Se realizaron curvas de adquisición isotermal de la remanencia con la secuencia: 17, 29, 44, 61, 90, 150, 250, 350, 450, 600, 1000, 1310, 1640, 2300 y 2545 mT, y campos reversos (*back field*): 122, 137, 150, 250, 302, 350, 400, 450, 600 y 735 mT. Algunos especímenes irregulares fueron utilizados para realizar curvas termomagnéticas.



**Figura 2.** Perfil sedimentario de la Formación Las Arcas. Los números indican los sitios paleomagnéticos. Se muestra la magnetización remanente natural (MRN), susceptibilidad, declinación e inclinación de cada sitio. Finalmente la columna magnetoestratigráfica local y su correlación con la GPTS (Lourens *et al.* 2004).

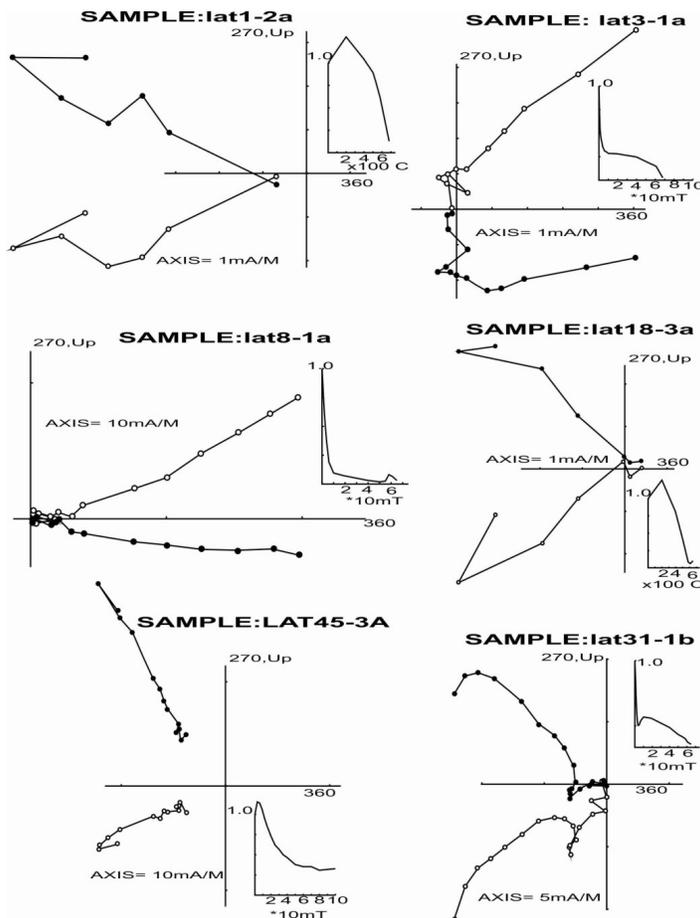


## Resultados y análisis

Las curvas de IRM indican una primera saturación menor a 150 mT y una segunda por encima de los 2500 mT, mientras que las curvas de campo reverso muestran una coercitividad de remanencia entre 40 y 350 mT, sugiriendo la presencia de hematita y una fase ferromagnética en las muestras. Las curvas de desmagnetización (fig. 3) y las curvas termomagnéticas también muestran la presencia de magnetita y hematita como portadores magnéticos.

En 20 sitios se aisló una componente de baja temperatura/campo alterno (295°-450°C/6-60mT; componente A). Una componente de temperatura y campos intermedios se aisló en 31 sitios (500°-580° C/30 - 100 mT; componente B) y una componente de alta temperatura se aisló en 31 sitios (660°-680°C; componente C). Estas 3 componente ya habían sido encontradas por Aubry *et al.* (1996) en un trabajo paleomagnético preliminar de esta unidad al sur de nuestra área de estudio. En los sitios 2, 4, 17, 22, 28, 34, 38, 43 y 46 no se hallaron componentes magnéticas por la pérdida de la muestra de mano, una aleatoriedad de las direcciones intrasitio o una remagnetización de los especímenes. La componente A se interpretó como una magnetización viscosa.

Las componentes B y C portadas por magnetita y hematita respectivamente son muy similares. No se pudo realizar un test de plegamiento positivo porque las capas son homoclinales. Se encontraron ambas polaridades y se aplicaron test de reversión: según McFadden, McElhinny (1990) indeterminado y según McFadden, Lowes (1981) positivo. La dirección obtenida con el promedio de sitios después de la corrección estructural es: Dec = 8.7° Inc = -43.9° N (sitios)=26  $\alpha_{95}$  = 11.9° y el polo calculado para la Fm. Las Arcas LAT: 82.2° N 337.6° E Dp = 14.9 Dm = 9.3°. En la Figura 2 se representa la columna magnetoestratigráfica local obtenida.



**Figura 3.** Comportamiento magnético representativo de los especímenes analizados (coordenadas geográficas) de la Fm. Las Arcas. Los símbolos llenos (vacíos) representan la proyección en el plano horizontal (vertical).



## Conclusiones

En este trabajo se presentan los resultados de la magnetoestratigrafía realizada en la Formación Las Arcas (Mioceno, NOA). Se estudiaron muestras distribuidas en 48 sitios con las cuales se obtuvo una remanencia pre-tectónica en 25 sitios. El polo paleomagnético muestra que la localidad tuvo una rotación de  $\sim 10^\circ$  desde los 9.1 Ma a la actualidad. Con las inclinaciones obtenidas se construyó una columna magnetoestratigráfica local y utilizando una datación de la base ( $8.79 \pm 0.14$  Ma) se realizó la correlación con la GPTS.

## Agradecimientos

Los estudios paleomagnéticos se realizaron en el Laboratorio de Paleomagnetismo Daniel Valencio (Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires) del Departamento de Geología de la Universidad de Buenos Aires (Argentina). El trabajo forma parte del Posdoctorado del CONICET de C.M.S.

## Referencias

- Aubry L., Roperch P., de Urreiztieta M., Rossello E., Chauvin, A., 1996. Paleomagnetic study along the south-eastern edge of the Altiplano-Puna Plateau: Neogene tectonic rotations, *J. Geophys. Res.*, *101*, 17.883–17.899, doi:10.1029/96JB00807.
- Bossi G. E., Palma, R., 1982, Reconsideración de la estratigrafía del Valle de Santa María, Provincia de Catamarca, Argentina, Congreso Latinoamericano de Geología, No. 5, Actas 1, 155-172, Buenos Aires, 17-22 de octubre
- Bossi G. E., Georgieff S. M., Gavrilloff I. J. C., Ibañez L.M., Muruaga C. M., 2001. Cenozoic evolution of the intramontane Santa María basin, Pampean Ranges, northwestern Argentina, *Journal of South American Earth Sciences*, *14*, 725-734
- Galván A.F., Ruiz Huidobro O., 1965. Geología del valle de Santa María. Estratigrafía de las Formaciones Mosozoico-Terciarias, *Acta Geológica Lilloana* *7*, 217-230.
- Kirschvink J. L., 1980. The least squares line and plane and the analysis of paleomagnetic data, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, *62*, 699–718
- Lourens L. J., Hilgen F. J., Laskar J., Shackleton N. J., Wilson D., 2004, The Neogen Period, Gradstein F, Ogg J *et al.* (eds.) A geologic Time Scale, Cambridge University Press, Reino Unido, 409-440.
- McFadden P. L., Lowes F. J., 1981. The discrimination of mean directions drawn from Fisher distributions, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, *67*, 19–33. doi: 10.1111/j.1365-246X.1981.tb02729.x
- McFadden P. L., McElhinny M. W., 1990. Classification of the reversal test in paleomagnetism, *Geophysical Journal International*, *103*, 725–729.
- Peirano, A., 1956, Observaciones generales sobre la tectónica y los depósitos terciarios del cuadrángulo 26 S-64 30', 0-28 30'S-67 O en el noroeste argentino, *Acta Geológica Lilloana*, *1*, 61-144.
- Ruiz Huidobro O. J., 1960. El Horizonte Calcáreo – Dolomítico en la Provincia de Tucumán, *Acta Geológica Lilloana*, *3*, 147-171.
- Ruiz Huidobro O., 1966. Contribución a la geología de las Cumbres Calchaquíes y Sierra del Aconquija (Tucumán–Catamarca), *Acta Geológica Lilloana*, *8*, 215pp.
- Toselli J. A., Rossi J.N., 1998. El basamento metamórfico- ígneo de las Sierras Pampeanas de la Provincia de Tucumán, Geología de Tucumán (Eds. Gianfrancisco, M., Puchulu, M.E., Durango de Cabrera, J. y Aceñolaza, G.F.), Colegio de Graduados en Ciencias Geológicas de Tucumán, 47–56.
- Toselli J. A., López J. P., Sardi F. G., 1999. El basamento metamórfico en Cumbres Calchaquíes Noroccidentales, Aconquija, Ambato y Ancasti: Sierras Pampeanas, Relatorio XIV Congreso Geológico Argentino, Geología del Noroeste Argentino, *1*, 73–79, Salta