



ROCK-MAGNETIC STUDIES ON PALEOLAKE SEDIMENTS FROM TAJAMAR FORMATION

María A. Irurzun*^{1,2}, Nicolás Larcher¹, Gustavo González Bonorino^{2,3}, Claudia S. G. Gogorza^{1,2}.

¹Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Facultad de Ciencias Exactas, Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS), Tandil, Argentina

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

³Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC), Ushuaia, Argentina

Abstract

In this paper we conducted a detailed study of rock magnetism to characterize sediments obtained from three cores located in an outcrop in Guachipas (25° 31'S 65° 30.5 'W), Tajamar Formation. Guachipas sediments are located in the river drainage of Guachipas River, which drains Meso-Cenozoic outcrops that bordering the southern end of the Lerma valley.

Measurements of magnetic susceptibility (specific, χ and volumetric, k), declination, inclination and intensity of the natural remanent magnetization (D, I and NRM), anhysteretic remanent magnetization (ARM), isothermal remanent magnetization (IRM), reaching saturation (SIRM) were performed. A reverse field was applied to determine the coercivity of remanence (B_{CR}). Associated parameters were calculated. The stability of the NRM was analyzed by alternating field demagnetization.

The studied samples showed a viscous remanent magnetization (VRM) removed with alternating fields of about 10-15mT., Inclination vary around -20° and declination around 1°.The magnetic properties have shown highly variable values, showing changes in both grain size and concentration of magnetic minerals. It was found that the main carrier of remanence is magnetite with the presence of hematite in different percentages.

Resumen

En este trabajo se realizó un detallado estudio de magnetismo de rocas para caracterizar los sedimentos obtenidos en tres testigos ubicados en un afloramiento en Guachipas (25°31'S 65°30.5'O), Formación Tajamar. Los sedimentos de Guachipas se encuentran en el área de drenaje del río Guachipas, el cual drena afloramientos de estratos Meso-Cenozoicos que bordean el extremo austral del valle de Lerma.

Se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética (específica, χ y volumétrica, k), declinación, inclinación e intensidad de la magnetización remanente natural (D, I y NRM), magnetización remanente anhistórica (ARM), isotérmica (IRM) alcanzando la saturación (SIRM). Se aplicó campo reverso para determinar la coercitividad de remanencia (B_{CR}). Se calcularon los parámetros asociados. Se analizó la estabilidad de la NRM mediante desmagnetización por campos alternos.



Las muestras estudiadas mostraron una magnetización remanente viscosa (VRM), la cual fue eliminada con campos alternos de alrededor de 10-15mT. La inclinación varía alrededor de -20° y la declinación alrededor de 1° . Se observan amplias variaciones en las propiedades magnéticas, evidenciando cambios tanto en el tamaño de grano como en la concentración de los minerales magnéticos. Se encontró que el principal portador de la remanencia es magnetita con presencia de hematita en diferentes porcentajes.

Introducción

La Formación Tajamar (Gallardo et al., 1996; Gallardo y Georgieff, 1999) está típicamente constituida por sedimentos pelíticos y arenosos que se depositaron en un lago que ocupó el sector oriental y austral del valle de Lerma. Las pelitas laminadas de esta formación son de origen lacustre y afloran de manera puntual a lo largo del valle de Lerma desde la localidad de Guachipas (Fig. 1) al sur hasta la latitud de la localidad de San Agustín al Norte ($25^\circ\text{S } 65^\circ 26'\text{O}$). Más al norte los sedimentos pelíticos se hayan cubiertos y su extensión difiere según distintos autores (Baudino, 1996; Malamud et al., 1996; Gallardo et al., 1996).

Malamud et al. (1996) realizaron los únicos estudios magnéticos publicados sobre la Formación Tajamar. Mediante la desmagnetización térmica de la NRM de muestras de Rumical ($24^\circ 58'\text{S } 65^\circ 23'\text{O}$) determinaron que la Formación Tajamar se depositó dentro de una época de polaridad normal (Brunhes) y que el principal portador de la magnetización es hematita. Estos autores dataron niveles de ceniza volcánica de la Formación La Viña cuyo contacto con la formación Tajamar es a través de una discordancia erosiva a levemente angular. Las edades obtenidas fueron de 100 ± 40 miles de años para el más antiguo, y 5.13 ± 0.25 y 3.92 ± 0.19 miles de años para los más recientes. Debido a esta escasez de registros magnéticos es que es necesario estudiar los afloramientos de esta Formación. Para el presente trabajo se colectaron muestras orientadas en cubos plásticos de 2 cm de lado, en los afloramientos de pelitas lacustres en la localidad de Guachipas.

Metodología

En la localidad de Guachipas se encuentra un afloramiento de cuatro metros de sedimentos lacustres pertenecientes a un paleolago ubicado en el Valle de Lerma. El muestreo se llevo a cabo hincando cubos plásticos de 8 cm^3 uno debajo de otro en tres perfiles paralelos denominados TP, TA y TB. En total se obtuvieron 158 muestras, las cuales fueron recolectadas cada 2.5 cm para cada perfil.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo Ambiental del IFAS – UNCPBA. Se realizaron mediciones de χ , k en alta y baja frecuencia (k_{lf} y k_{hf}), NRM, D, I, IRM, SIRM, ARM con un campo directo de 0.1, 0.5 y 0.9 mT y campo alterno con valor pico de 100 mT ($\text{ARM}_{100\text{mT}}$). Se calcularon los valores de B_{CR} , S ($\text{IRM}_{300\text{mT}}/\text{SIRM}$), factor F ($100 \cdot (k_{lf} - k_{hf})/k_{lf}$), %softIRM ($(\text{SIRM} - \text{IRM}_{40\text{mT}}) \cdot 100/\text{SIRM}$), susceptibilidad anhistérica (k_{ARM}) y los cocientes interparamétricos: $\text{ARM}_{100\text{mT}}/k$, $\text{ARM}_{100\text{mT}}/\text{SIRM}$, k_{ARM}/k , y SIRM/k .

La estabilidad de la NRM se analizó mediante desmagnetización por campos alternos con valor de campo pico progresivamente más elevado. En un grupo de muestras piloto se utilizaron los siguientes pasos: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80 y 95mT. Para el resto de las muestras se usaron seis pasos: 0, 10, 20, 30, 40 y 95mT. Con estos pasos de desmagnetización, se determinaron los valores de D e I de la magnetización remanente estable mediante análisis de componentes principales (Kirschvink, 1980).

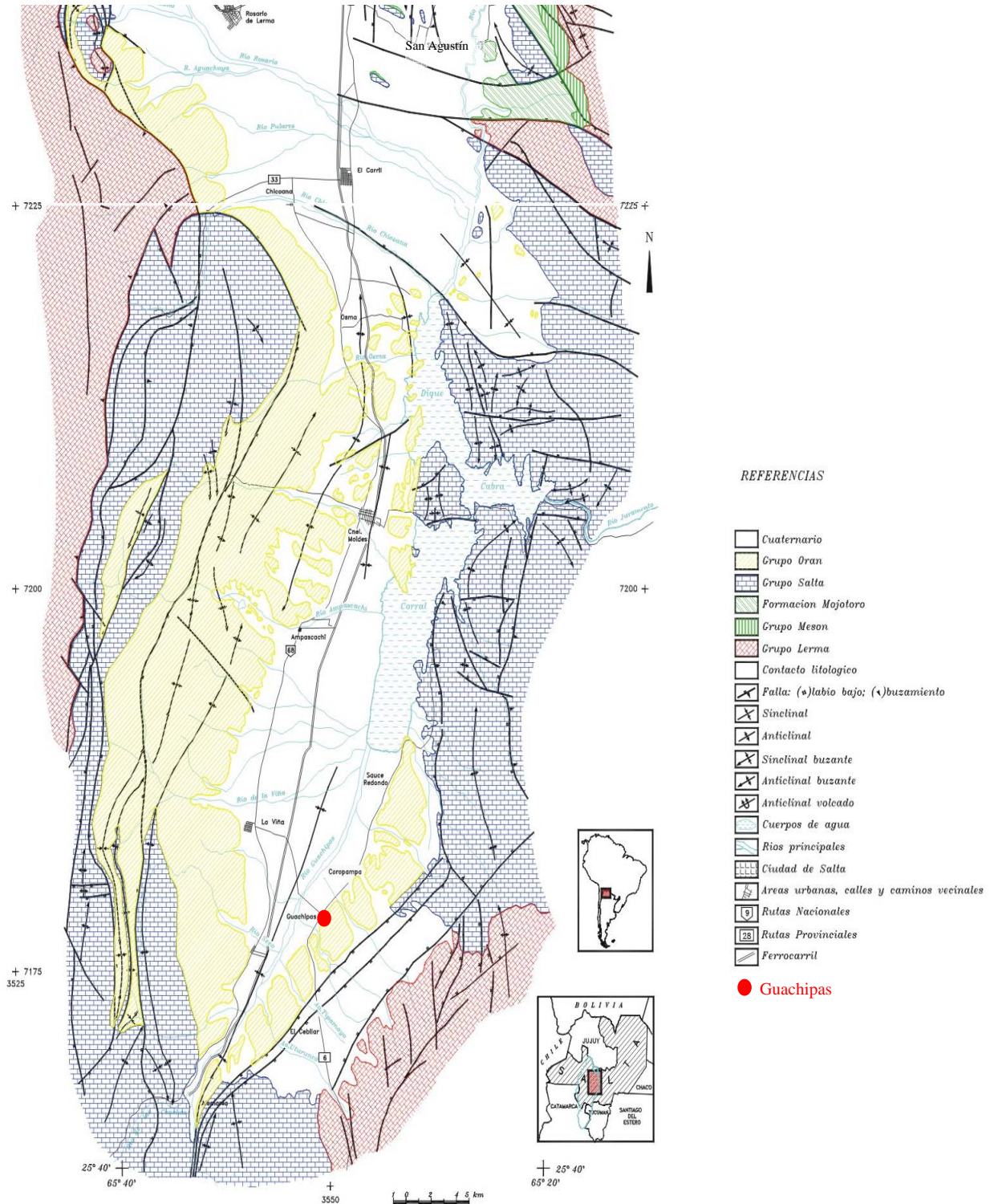


Figura 1: Mapa geológico del Valle de Lerma con la ubicación del perfil estudiado en este trabajo. (Modificado de Aguilera, 1988)



Resultados y análisis

En la Fig. 2 se muestran las curvas de χ obtenidas para los testigos estudiados. En la misma se indican algunas de las líneas de correlación utilizadas para llevar los datos a una profundidad común. Las curvas obtenidas muestran un alto grado de similitud, lo que permitió realizar una excelente correlación de los niveles de sedimento. Para las muestras entre dos líneas de correlación se realizó una regresión lineal debido a la alta densidad de las mismas.

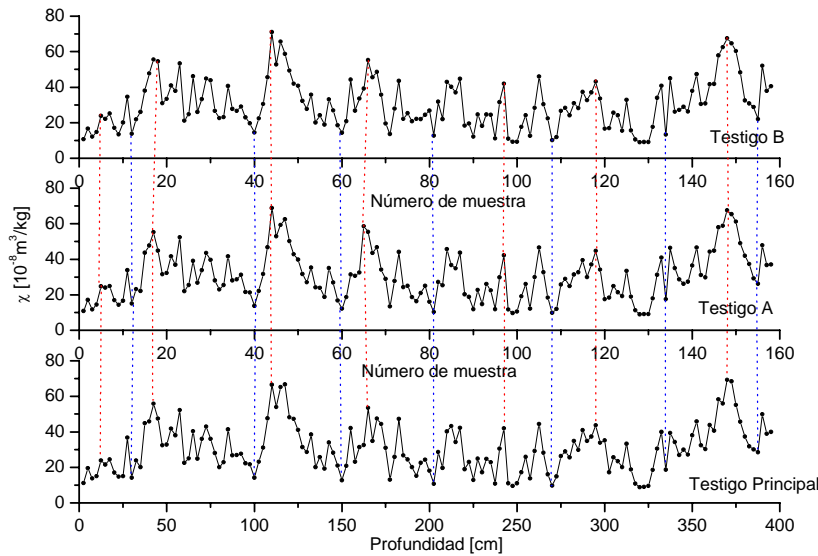


Figura 2: χ en función de la profundidad para TP y en función del número de muestra para TA y TB. Se muestran líneas de correlación.

En la Fig. 3 se muestra el resultado de la desmagnetización por campos alternos. Más del 90% de las muestras tiene este comportamiento. Se observa una VRM que es eliminada entre 0 y 10-15mT. Esos valores fueron eliminados para el análisis vectorial posterior. Mediante análisis de componentes principales se determinaron los valores de D e I para los tres testigos estudiados (Fig. 4). La inclinación presenta cambios notorios alrededor

de la media ($-20^\circ \pm 6^\circ$), valor notoriamente más bajo que -43° , correspondiente al valor de I según el modelo de dipolo geocentrico axial (DGA) en la latitud del sitio estudiado. La declinación muestra pequeñas variaciones en torno al valor medio ($1^\circ \pm 0.6^\circ$), lo que coincidiría con el valor de 0° , según dicho modelo. Tiene un mínimo alrededor de los 72 cm y una zona con cambios que van de -34° a 13° entre los 200 y 280 cm.

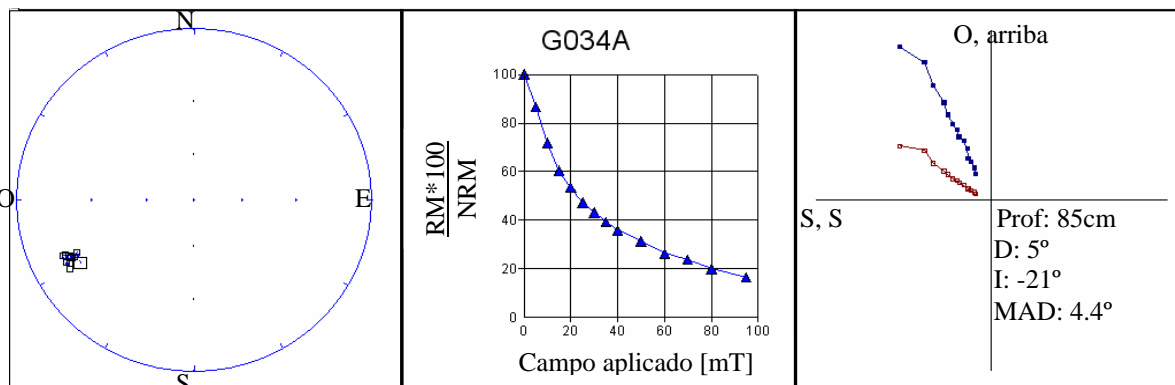


Figura 3: Gráficos estereográfico, de decaimiento porcentual de la MRN en función del campo aplicado y de Zijderveld para la muestra G034A.

Para determinar el tipo de mineralogía magnética presente en las muestras se analizaron los resultados de los gráficos propuestos por Peters y Dekkers (2003), Thompson y Oldfield (1986) y los cocientes descritos en Metodología. Se encontró que el principal portador de la magnetización es magnetita con presencia de hematita en distintas proporciones. Los porcentajes de mineralogía tipo hematita (minerales magnéticos de alta cercitividad) presente en las muestras se determinaron según el método descrito por Chaparro et al. (2004) mediante IRM y desmagnetización magnética. Concluido el proceso de mediciones de IRM y desmagnetización magnética con un valor pico de campo de 100mT, se obtienen las curvas de magnetización remanente total, filtrada y residual. De esta manera se obtiene información de BCR y S-



ratio para cada fase magnética (Fig. 5a y 5d). Los porcentajes de minerales magnéticamente duros oscilan entre 8 y 45%. En una sola muestra se encontró un 60% de minerales tipo hematita. Los tamaños de grano magnético se encuentran entre 4 y 8 μm mientras que la concentración de minerales tipo magnetita varia entre el 0.006 y el 0.03% (Fig. 5b).

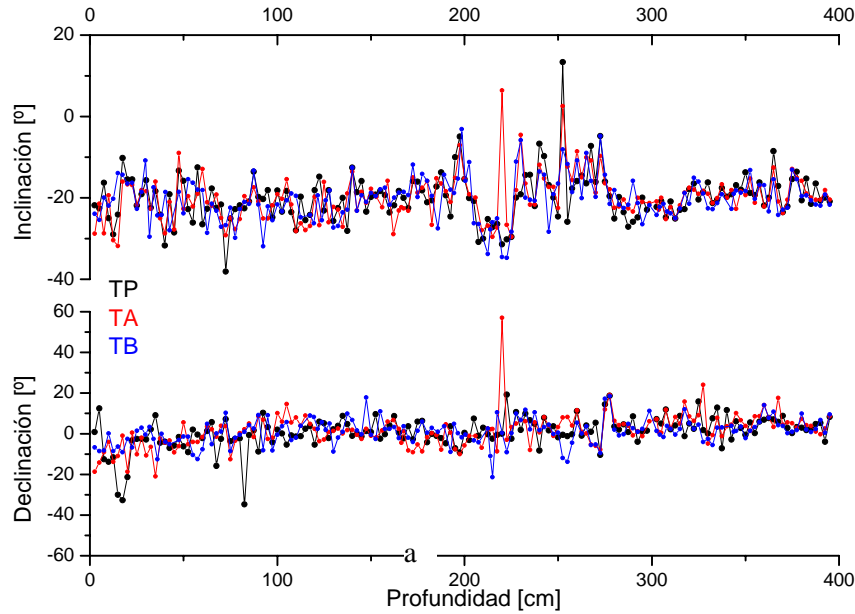


Figura 4: Curvas de inclinación y declinación en función de la profundidad.

Los valores obtenidos para el factor F (Fig. 5c) muestran valores menores al 6% indicando la nula presencia de minerales superparamagnéticos. Los cocientes interparamétricos (Fig. 5c) indican poca variación en los tamaños de grano magnético. Tanto este, como en el de la Fig. 5b, son gráficos sugeridos para muestras con predominancia de magnetita. Las muestras con menores valores de % soft IRM (Fig. 5c) y en consecuencia menor porcentaje de magnetita se observan ubicadas en el sector inferior izquierdo de la Fig. 5b,

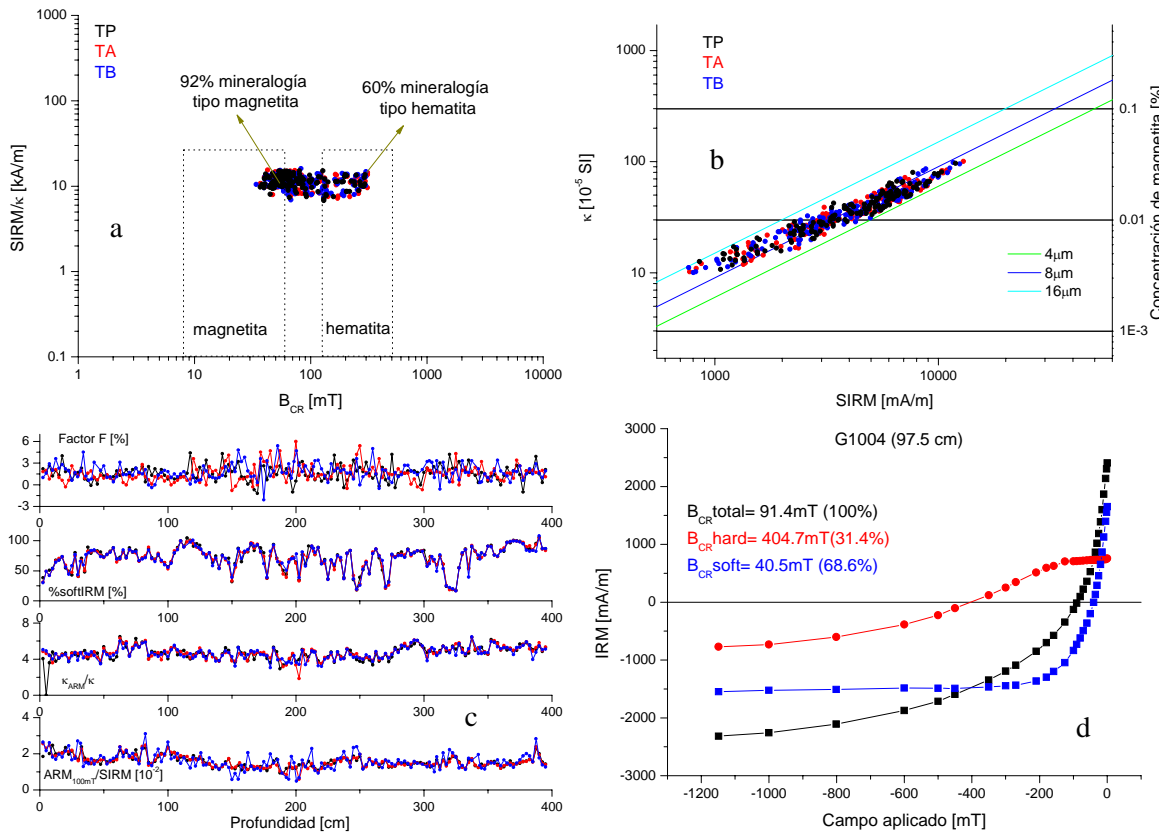


Figura 5: a) SIRM/k vs. B_{CR} . (Peters y Dekkers, 2003). b) k vs. SIRM, (Thompson y Oldfield, 1986). c) Factor F, % soft IRM, k_{ARM}/k y $ARM_{100mT}/SIRM$ en función de la profundidad. d) Determinación de fases magnéticas por el método de Chaparro *et al.* (2004 y 2005) de la muestra G1004.



sin que esto signifique mayor tamaño de grano magnético. En 136 de los 158 niveles se observaron valores de %softIRM mayores al 50%, lo que confirma una predominancia de minerales tipo magnetita en los tres perfiles

Las diferencias de mineralogía magnética entre los sedimentos de Rumical previamente estudiados por Malamud et al. (1996) y Guachipas se atribuyen a la proveniencia de áreas de aporte distintas. El afloramiento de Rumical se encuentra ubicado al norte del lineamiento Calama-Olacapato-Toro (COT), en el área de influencia de ríos que drenan litologías de basamento Precámbrico-Paleozoico inferior (e.g., Toro-Rosario y Arias-Arenales). Los sedimentos de Guachipas, en cambio, se encuentran en el área de drenaje del río Guachipas, el cual drena afloramientos de estratos Meso-Cenozoicos que bordean el extremo austral del valle de Lerma.

Conclusiones

Mediante las curvas de χ se pudo realizar una excelente correlación de los distintos niveles, lo que permitió llevar todos los testigos a una profundidad común. Las curvas de desmagnetización magnética mostraron una componente estable a partir de desmagnetizaciones por campo alterno con valores pico de entre 10 y 15 mT. La inclinación oscila entre -30° y -10° mientras que la declinación está centrada en 1° . Las propiedades magnéticas mostraron tener amplias variaciones en las muestras de Guachipas, evidenciando principalmente cambios en la concentración de los minerales magnéticos. El portador magnético principal es magnetita con presencia de hematita en diferentes proporciones. Sólo en un 13% de las muestras se observó predominancia de hematita como portador principal. El tamaño de grano magnético presenta pequeñas variaciones y se encuentra centrado alrededor de los $8 \mu\text{m}$ (dominio pseudo-simple).

Referencias

- Aguilera, N., 1988. Tectónica de la comarca del Valle de Lerma - Provincias de Salta y Jujuy. Informe Final, Beca de Iniciación, CONICET. Inédito, Salta.
- Baudino, G. A., 1996. Hidrogeología del Valle de Lerma Provincia de Salta, Argentina Tesis Doctoral Universidad Nacional de Salta.
- Chaparro, M.A.E., Sinito, A.M. 2004. An alternative experimental method to discriminate magnetic phases using IRM acquisition curves and magnetic demagnetisation by alternating field. *Rev. Bras. Geof.*, 22 (1): 17-32.
- Kirschvink, J. L., 1980. The least-square line and plane and the analysis of paleomagnetic data. *Geophys. J. R. Astr. Soc.* 62, 699-718.
- Gallardo, E. F., Aguilera, N. G., Davies, D. A. y Alonso, R. N., 1996. Estratigrafía del Cuaternario del Valle de Lerma. Provincia de Salta. Argentina. XII Congreso Geológico de Bolivia. Actas II, 483-493.
- Gallardo, E. F. y Georgieff, S. M., 1999. Estratigrafía y paleogeografía del Cuaternario del Valle de Lerma, Salta. Relatorio, XIV.
- Malamud, B. D., Jordan, T. E., Alonso, R. A., Gallardo, E. F., González, R. E., Kelley, S. A., 1996. Pleistocene Lake Lerma, Salta Province, NW Argentina. En: XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, 103-114.
- Peters, C. & Dekkers, M.J., 2003. Selected room temperature magnetic parameters as a function of mineralogy, concentration and grain size. *Phys. Chem. Earth*, 28, 659-667.
- Thompson R. & Oldfield F., 1986. Environmental Magnetism. Allen & Unwin Ltd., London, U.K. 225 pp.