



CARACTERIZACIÓN MAGNÉTICA DE LOS SEDIMENTOS LACUSTRES DE LA LAGUNA CARI-LAUFQUEN CHICA (RÍO NEGRO, ARGENTINA)

Diego A. Martínez^{1*}, Claudia S. G. Gogorza^{1,2}, María A. Irurzun^{1,2}, Romina Achaga^{1,2},
Marcelo A. Zárate³, Ana M. Sinito^{1,2}

¹ Instituto de Física Arroyo Seco (IFAS), Centro de Investigaciones en Física e Ingeniería del Centro de la Provincia de Buenos Aires (CIFICEN), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Tandil, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Tandil, Argentina.

³ Instituto de Ciencias de la tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP), Universidad Nacional de la Pampa (UNLPAM), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), La Pampa, Argentina.

*e-mail: diermar87@hotmail.com

ABSTRACT

In this work we present a rock magnetic study of the core LCACH19-4, collected at Lake Cari-Laufquen Chica (Río Negro, Argentina). The analysis of rock magnetic data suggests that titanomagnetite grains in stable pseudo single domain (PSD) state are carrying the remanence signal. Pronounced changes are observed in the variation of concentration-dependent parameters as well as in the sedimentological description, all which allows identify three magnetic zones inside the core. Water level and energy fluctuations are clearly reflected in the lithological composition of the studied sediment core.

Keywords: rock magnetism, lake Cari-Laufquen, Patagonia, lacustrine sediments

RESUMEN

En este trabajo se presentan los estudios de magnetismo de rocas del testigo LCACH19-4 extraído en la laguna Cari-Laufquen Chica (Río Negro, Argentina). Los estudios de magnetismo de rocas sugieren que la señal de la remanencia es portada por titanomagnetita en tamaño de grano de dominio pseudo-simple. Las variaciones de parámetros dependientes de la concentración muestran cambios notorios, así como la descripción sedimentológica, lo que permite dividir al testigo en tres magnetozonas. Variaciones en el nivel de agua y de energía se reflejan claramente en la composición litológica del testigo estudiado.

Palabras claves: magnetismo de rocas, laguna Cari-Laufquen, Patagonia, sedimentos lacustres,

1. Introducción y sitio de muestreo

Los sedimentos lacustres proporcionan archivos del Cuaternario tardío, que ofrecen la oportunidad de estudiar cambios ambientales, climáticos y del campo magnético terrestre; a partir de las variaciones de minerales magnéticos contenidos durante la depositación y acumulación de los sedimentos (Lanci *et al.*, 1999). Los estudios enfocados a la variación de condiciones ambientales en el Hemisferio Sur, específicamente en la Patagonia extra-andina son escasos, por lo que resulta necesario realizar este tipo de estudio para entender su comportamiento durante el Holoceno. En este trabajo se propone una interpretación paleoambiental preliminar a partir de la caracterización magnética de un testigo (LCACH19-4) extraído de la Laguna Cari-Laufquen Chica en abril de 2019 (41°12' 41.00" S - 69°25' 55.60" O) (Fig. 1).

Esta laguna pertenece al sistema lacustre Cari-Laufquen, situado en la margen oriental de la placa convergente de América del Sur y al occidente del Macizo de Sumuncura (Wathley, Cusminsky, 1999). En el área próxima se pueden observar rocas de diferentes edades: Triásico-Jurásico (depósitos volcánicos de Garamilla y Taquetrén); Cretácico (rocas sedimentarias de las Formaciones Angostura y Coli-Toro), Mioceno (depósitos piroclásticos de la Formación Collón-Cura) y Plioceno (Basalto de La Cabaña) (Coviaga *et al.*, 2018). De

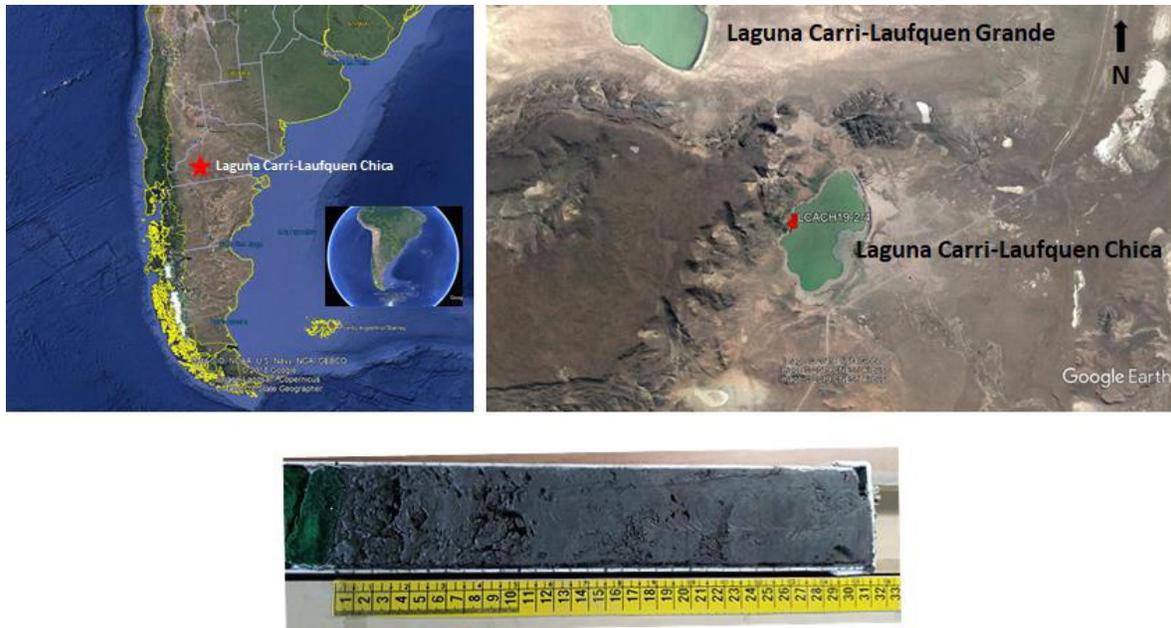


Figura 1. Parte superior-Localización de la laguna Cari-Laufquen Chica y del testigo LCACH19-4. Parte Inferior-Fotografía del testigo extraído.

acuerdo con Ariztegui *et al.* (2008), esta zona no fue afectada por la última glaciación de la Cordillera de los Andes, por lo que se pueden encontrar depósitos lacustres del Pleistoceno y, eólicos, aluviales y coluviales del Holoceno (Wathley, Cusminsky, 1999).

Diversos trabajos en este sistema lacustre se han realizado solo para la laguna vecina conocida como Cari-Laufquen Grande, que en algún momento formaron un solo paleolago (Galloway *et al.*, 1988), como son los de Ariztegui *et al.* (2001), Cartwright *et al.* (2011) y Wathley y Cusminsky (1999), quienes se enfocaron en cambios ambientales a partir del estudio de propiedades sedimentológicas, geoquímicas y paleontológicas.

2. Metodología

El testigo elegido para el estudio tiene una longitud de 31 cm, y se muestreó hincando 13 cubos de 8 cm³, uno inmediatamente a continuación del otro. Las muestras fueron medidas y analizadas en el laboratorio de Paleomagnetismo y Magnetismo Ambiental del Instituto de Física “Arroyo Seco” (IFAS-CIFICEN-UNCPBA, Argentina). Se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética por punto cada 0.5 cm previamente al muestreo y posteriormente se realizaron mediciones de susceptibilidad magnética volumétrica (k) en alta y baja frecuencia (4700 Hz k_{hf} y 470 k_{lf}) utilizando el equipo MS2 de Bartington Instruments Ltd. La magnetización remanente anhistérica (MRA), se obtuvo aplicando un campo directo de 0.05 mT y un campo alterno con valor de pico máximo de 95 mT con un equipo MRA parcial Molspin integrado a un desmagnetizador Magnético Molspin, y se realizó la desmagnetización para todas las muestras, medida en un Magnetómetro JR6A (Agico Ltd.). La magnetización remanente isotérmica (MRI) en 5 muestras piloto, se obtuvo aplicando campos crecientes a temperatura ambiente en un magnetizador de pulso IM-10-30 (ASC Scientific) hasta alcanzar la saturación (MRIS). Una vez saturado se aplicaron campos reversos hasta alcanzar los 300 mT. El resto de las muestras fueron saturadas aplicando un campo de 1144 mT y después se aplicaron campos reversos. Con estos datos se calculó el campo coercitivo de remanencia (BCR) y el cociente S (MRI-300 mT/ MRIS). Para las muestras piloto además se calculó el campo aplicado a cuando alcanza el 50% de la saturación ($B'CR$).

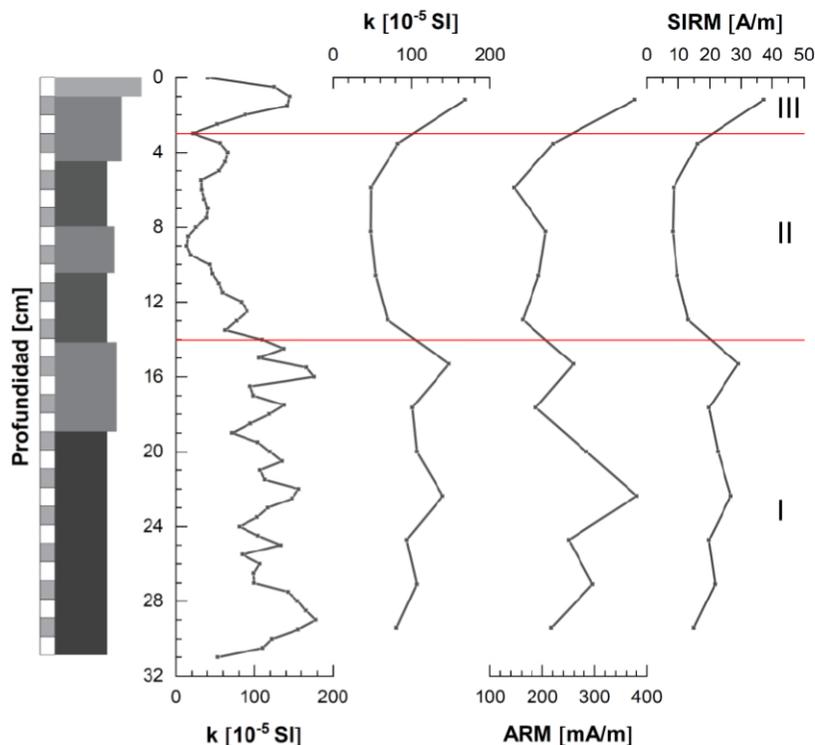


Figura 2. Perfil sedimentológico, susceptibilidad magnética por punto (k), susceptibilidad magnética (k) de las muestras, magnetización remanente anhistérica (MRA) y magnetización remanente isotérmica de saturación (MRIS) en función de la profundidad.

3. Resultados

Los sedimentos en la Laguna Cari-Laufquen Chica son de grano fino, principalmente arcilla y limos, con presencia de restos de plantas y enriquecimiento de materia orgánica en algunos niveles. La k por punto medida sobre el testigo, permitió identificar 3 niveles que son correlacionables con las observaciones sedimentológicas macroscópicas (Fig. 2). El nivel I (31.0-14.0 cm) presenta un aumento en los valores de k y están asociados con limos, arcillas y con una concentración de arena menor al 10% y restos de plantas; el nivel II (14.0 - 3.0 cm) está compuesto de arcillas principalmente y limos con alto contenido de materia orgánica, presenta los valores de k más bajos de todo el testigo y el nivel III (3.0 - 0.0 cm) contiene limos y restos de plantas y aumento en los valores de k . En el nivel I se observan variaciones de k , posiblemente debido a la concentración variable de granos tamaño arena, consecuencia de procesos fluctuantes durante la depositación, como cambios en el nivel del agua o en el régimen de energía de los canales aportantes de los sedimentos acumulados.

Los valores de k , MRA y MRIS (Fig. 2), presentan diferencias claras para los tres niveles. k tiene una media de 96.1×10^{-5} SI, los niveles I y III presentan los valores más altos con medias de 111.1×10^{-5} SI y 168.3×10^{-5} SI respectivamente; el nivel II presenta una media de 60.1×10^{-5} SI. La MRA media es de 244.8 mA/m; en el nivel II la media es de 185.9 mA/m, comparativamente baja respecto de los valores presentadas en los niveles I (268.0 mA/m) y III (377.1 mA/m). La MRIS varía alrededor de una media de 19 A/m y para los intervalos I, II y III de 22.0 A/m, 11.1 A/m y 37.0 A/m, respectivamente. Los parámetros dependientes de la concentración de minerales magnéticos (k , MRA y MRIS) presentan variaciones que estarían reflejando los cambios litológicos observados en el testigo.

Para determinar la mineralogía magnética se usaron las curvas de adquisición y de campo reverso de la MRI (Fig. 3A). Todas las muestras alcanzaron aproximadamente el 95% de la MRIS en un campo de 300 mT, indicando que minerales magnéticos de baja coercitividad como magnetita y/o maghemita (Turner,



1997) son los dominantes en los sedimentos. S varía entre 0.89 - 0.92 con una media de 0.91, indicando el predominio de granos de baja coercitividad. B_{CR} varía entre 42.3 mT - 55.4 mT, con una media de 49 mT, sugiriendo la presencia de minerales magnéticamente “blandos” tipo magnetita y/o titanomagnetita (Peters, Dekkers, 2003). El diagrama $MRIS/k$ vs. B'_{CR} (Peters, Dekkers, 2003) (Fig. 3B) muestra que el mineral magnético principal está en la zona de la magnetita y la titanomagnetita. Esto permite usar la relación propuesta en Evans y Heller (2003), para determinar a partir del cociente entre el B'_{CR} y el B_{CR} la presencia de titanomagnetita (1.2 ± 0.2) o magnetita (1.6 ± 0.2) (Fig. 3C). Se concluye que la mineralogía magnética para el testigo estudiado está dominada por titanomagnetita; sin embargo, no se puede descartar que se trate de magnetita oxidada.

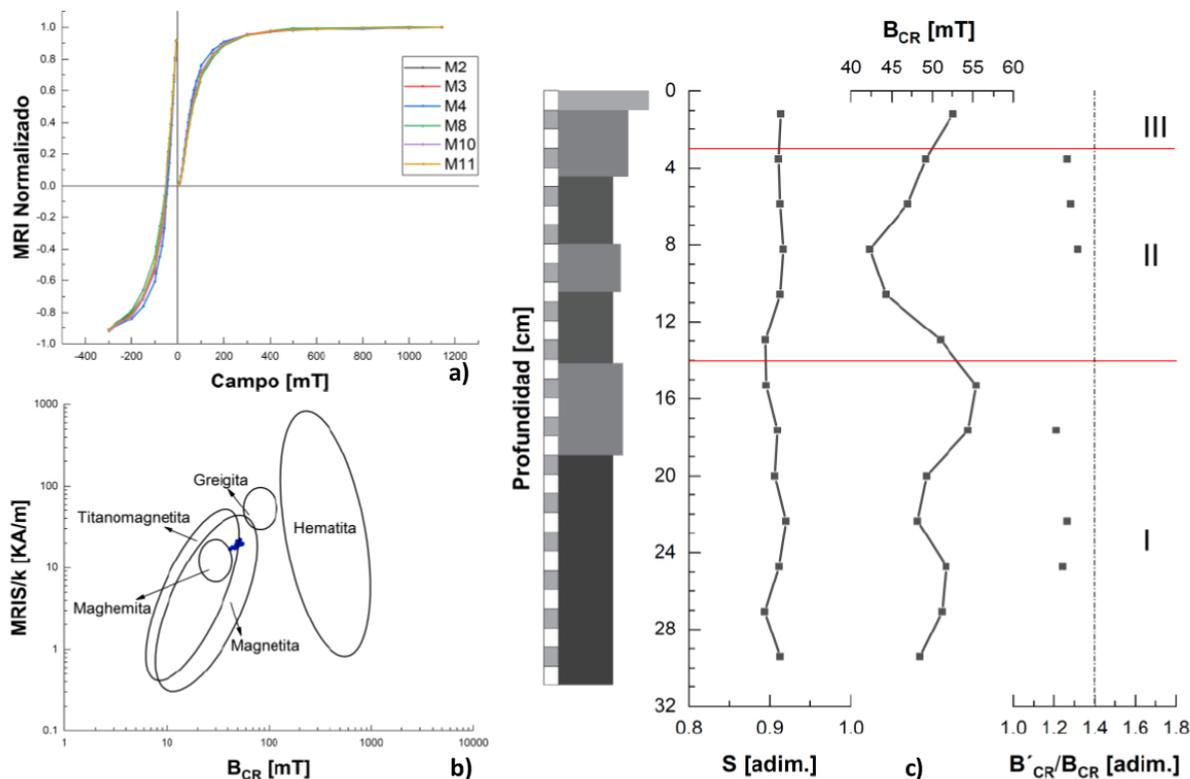


Figura 3. a) Curva de adquisición de la magnetización remanente isotérmica (MRI) normalizada para muestras piloto. b) $MRIS/k$ vs B'_{CR} modificado de Peters y Dekkers (2003). c) Perfiles del cociente S , B_{CR} y B'_{CR}/B_{CR} en función de la profundidad.

Las variaciones del tamaño de grano magnético se estimaron a partir de los cocientes interparamétricos $MRA/MIRS$ y $MIRS/k$ (Fig. 4A). Por otra parte, se calculó el factor dependiente de la frecuencia (%F) $[(k_{lf} - k_{hf}) / k_{lf}] \times 100$ para determinar la posible presencia de granos super-paramagnéticos, Los cocientes muestran variaciones a lo largo del testigo, lo que evidencia la posible presencia de minerales paramagnéticos y/o cambios posdeposicionales en los minerales ferrimagnéticos (Heil *et al.*, 2009). %F presenta una media de 2.3% indicando baja concentración de minerales super-paramagnéticos (Dearing *et al.*, 1999). El gráfico de k vs $MRIS$ (Thompson, Oldfield, 1986), a partir del cual es posible determinar el tamaño de grano y la concentración para muestras donde el mineral predominante es titanomagnetita (Fig. 4B), muestra que el tamaño de grano varía entre 2 μm y 4 μm , con una concentración entre 0.01% y 0.1%.

4. Conclusiones

La caracterización magnética de los sedimentos de la Laguna Cari-Laufquen Chica permitió identificar



tres niveles con variaciones en la concentración de minerales magnéticos. Concentración de minerales magnéticos alta en las unidades I y III de acuerdo a los valores de k , MRA y MRIS, y relativamente bajas en la unidad II. De acuerdo a la información aportada por las curvas de MRI, se identificó que los minerales principales son de baja coercitividad y que el mineral magnético más importante es la titanomagnetita. Sin embargo, no se puede descartar posibles efectos de oxidación y/ o transformación de la magnetita. El tamaño de grano magnético dominante en los sedimentos varía entre $2\ \mu\text{m}$ y $4\ \mu\text{m}$ con una concentración que varía entre 0.01% y 0.1%. Se necesitan realizar estudios de magnetización térmica y microscopía, que permitan determinar con mayor precisión los minerales magnéticos dominantes, así como estudios geoquímicos que puedan aportar en la determinación de los procesos que han ocurrido y establecer su relación con las diferencias observadas en los perfiles de MRA/MRIS y MRIS/ k y posibles efectos sobre los minerales magnéticos.

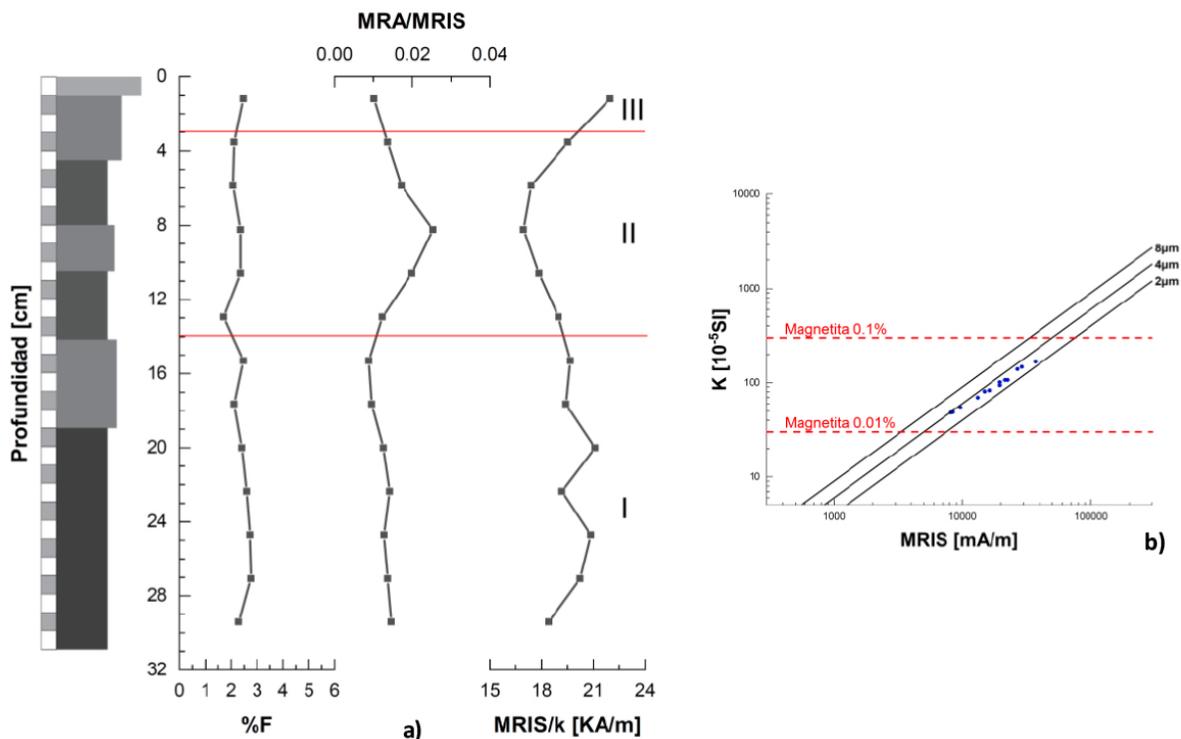


Figura 4. a) perfiles de cocientes interparamétricos dependientes del tamaño de grano magnético %F, MRA/MRIS y SIRM/ k . b) variación de k con MRIS usado para determinar el tamaño de grano y concentración de magnetita en las muestras (Thompson, Oldfield, 1986)

Agradecimientos

Los trabajos aquí presentados han sido financiados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica PICT2016-1713 (ANPCyT). D. Martínez se desempeña como becario doctoral de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica en el marco del proyecto PICT2016-1713 (ANPCyT). Los autores agradecen el invaluable apoyo prestado por la Municipalidad de Ingeniero Jacobacci (Río Negro, Argentina) y a su Intendente, Sr. Carlos Toro y al personal del Instituto Técnico Superior de Ingeniero Jacobacci



Referencias

- Ariztegui D., Anselmetti F.S., Kelts K., Seltzer G., D'Agostino K., 2001. Identifying paleoenvironmental change across South and North America using high-resolution seismic stratigraphy in lakes. In: Markgraf V. (Ed). *Interhemispheric Climate Linkages*, Academic Press, San Diego, California, 227-240.
- Ariztegui D., Anselmetti F.S., Gilli A., Waldmann N., 2008. Late Pleistocene environmental change in Eastern Patagonia and Tierra del Fuego – A limnogeological approach. In: Rabassa J. (Ed). *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego (Developments in Quaternary Science, Vol. 11)*. Elsevier. London 241-253.
- Cartwright A., Quade J., Stine S., Adams K.D., Broecker W., Cheng H., 2011. Chronostratigraphy and lake-level changes of Laguna Cari-Laufquen, Río Negro, Argentina. *Quaternary Research*, 76, 430-440.
- Coviaga C., Cusminsky G., Pérez A.P., Schwalb A., Markgraf V., Ariztegui D., 2018. Paleoenvironmental changes during the last 3000 years in Lake Cari-Laufquen (Northern Patagonia, Argentina), inferred from ostracod paleoecology petrophysical, sedimentological and geochemical data. *The Holocene, Research Papers*, 1-13.
- Cusminsky G., Schwalb A., Pérez A.P., Pineda D., Viehberg F., Whatley R., Markgraf V., Gilli A., Ariztegui D., Anselmetti F.S., 2011. Late quaternary environmental changes in Patagonia as inferred from lacustrine fossil and extant ostracods. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103, 397-408.
- Dearing, J.A., 1999. *Environmental Magnetic Susceptibility: Using the Bartington MS2 System*. Chi Pub., Kenilworth, pp. 54.
- Evans M. E., Heller F., 2003. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics*. Academic press, New York, 293 pp.
- Galloway R.W., Markgraf V., Bradbury J.P., 1988. Dating shorelines of lakes in Patagonia, Argentina. *Journal of South american earth Sciences*, 1, 2, 198-198.
- Heil C.W., Rosenbaum J.G., Colman S.M., 2009. Paleomagnetism and environmental magnetism of GLAD800 sediment cores from Bear Lake, Utah and Idaho. *The Geological Society of America, Special Paper 450*, 291-310.
- Lanci L., Hirt A.M., Lowrie W., Lotter A.F., Lemcke G., Sturm M., 1999. Mineral-magnetic record of Late Quaternary climatic changes in a high Alpine lake. *Earth and Planetary Science Letters*, 170, 49-59.
- Peters C., Dekkers M.J., 2003. Selected room temperature magnetic parameters as a function of mineralogy, concentration and grain size. *Physics and Geochemistry of the Earth*, 28, 659-667.
- Thompson R., Oldfield F., 1986. *Environmental Magnetism*. Allen And Unwin, London, 225 pp.
- Turner G. M., 1997. Environmental magnetism and magnetic correlation of high resolution lake sediment records from Northern Hawke's Bay, New Zealand. *Journal of Geology and Geophysics*, 40, 3, 287-298.
- Whatley R.C., Cusminsky G.C., 1999. Lacustrine Ostracoda and late Quaternary palaeoenvironments from the Lake Cari-Laufquen región, Río Negro province, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*,