



MAGNETISMO AMBIENTAL DE LOS ULTIMOS CA.150 ka EN EL LAGO DE CHALCO, MÉXICO CENTRAL.

B. Ortega^{1*}, A. Rodríguez², A. M. Soler³, S. Lozano¹, M. Caballero³

¹ Instituto de Geología, UNAM, Cd. México, México.

² Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. Cd. México, México.

³ Instituto de Geofísica, UNAM, Cd. México, México.

*e-mail: bortega@igeofisica.unam.mx

ABSTRACT

A lacustrine sedimentary sequence 122 m long from Lake Chalco, basin of Mexico (central Mexico), has been subject to sedimentological, geochemical, bioproxies and rock magnetic analyses. ¹⁴C dates available for the upper part and Th/U from the middle, suggest that the sequence encompasses the last *ca.* 150 ka. Rock magnetism parameters will allow understanding the link between detrital input, biogenic productivity and diagenesis; and in turn these will allow us to establish the link between magnetic mineralogy and paleoclimate, and to validate the paleomagnetic variations recorded in Chalco lacustrine sediments. Rock magnetic parameters characterize the magnetic components in terms of mineralogy, grain size distribution and concentration. The analyses include the identification of magnetic phases by Curie temperatures, and measurements of susceptibility, ARM, IRM and hysteresis parameters Ms, Mr, Hc, Hcr and S300 and HIR300 ratios. The results show a correspondence between rock magnetism parameters with the sedimentary characteristics. Rock magnetic analyses revealed that the main magnetic minerals are Ti-magnetites/maghemites in the PSD domain range of detrital origin. Sharp rock magnetic variations occur at 106, 79 and 57 m depth, linked to shifts towards higher coercivity and grain domain. These boundaries are close to the transitions of MIS-6, MIS-5 and MIS5-4, respectively. In the warmer periods magnetic minerals are characterized by MD-PSD Ti-magnetites/maghemites with significant contribution of hematite/goethite.

Keywords. Environmental magnetism, geochemical proxies, last interglacial, MIS-6

RESUMEN

En la cuenca de Chalco, al SE de la cuenca de México (México central), se recuperó una secuencia lacustre de 122 m de longitud con el propósito de documentar las variaciones climáticas y ambientales a través del análisis de indicadores sedimentológicos, geoquímicos, biológicos y de magnetismo de rocas. Las edades de ¹⁴C y Th/U indican que la secuencia abarca los últimos *ca.* 150 ka. Los análisis de magnetismo de rocas permitirán entender la relación entre el aporte detrítico, la productividad biogénica y las transformaciones diagenéticas; y a su vez ésta permitirá establecer la relación entre la mineralogía magnética y el paleoclima. Los parámetros del magnetismo de rocas caracterizan los componentes magnéticos en términos de la mineralogía, distribución de tamaños y concentración. Los análisis incluyen la identificación de las fases a través de las temperaturas de Curie, la medición de susceptibilidad magnética, ARM, IRM, los parámetros de histéresis Ms, Mr, Hc y Hcr, y los cocientes S300 y HIRM300. Los resultados muestran correlación entre las propiedades magnéticas y las características sedimentológicas. Los principales minerales magnéticos son Ti-magnetitas/maghemitas de tamaño PSD de origen detrítico. Las marcadas fluctuaciones en estos parámetros encontradas a 106, 79 y 57 m de profundidad están asociadas al aumento en la coercitividad y el tamaño de dominio de los minerales magnéticos. Estos límites son cercanos a las transiciones de los estadios isotópicos MIS6, MIS-5 y MIS-4, respectivamente. Durante los periodos cálidos los minerales magnéticos están caracterizados por Ti-magnetitas/maghemitas MD-PSD con una significativa contribución de hematita/goethita.

Palabras Clave. Magnetismo ambiental, indicadores geoquímicos, último interglacial, MIS-6



1. Introducción

Los sedimentos lacustres son importantes archivos de los cambios ambientales ya que preservan indicadores de las condiciones paleoclimáticas y paleoecológicas. La comprensión de la variabilidad del balance hidrológico en los pasados ciclos glaciales/interglaciales proveen la base para el establecimiento de futuros escenarios d cambio climático. Los sedimentos de la cuenca de Chalco, localizada al SE de la cuenca de México (parte central de México), proveen un registro paleoambiental de los últimos cientos de miles de años.

En la zona del depocentro de la cuenca de Chalco, se colectó una secuencia de 122 m de longitud que ha sido sujeta a una serie de análisis estratigráficos, sedimentológicos, paleoecológicos, geoquímicos y de magnetismo de rocas (Lozano-García et al., 2017), con el propósito de reconstruir las condiciones paleoambientales en la región central de México (Fig. 1). En particular, los análisis de magnetismo de rocas permitirán entender la relación entre el aporte de detritos, la productividad biogénica y la diagénesis; y éstos procesos permitirán a su vez establecer la relación entre la mineralogía magnética y el paleoclima, así como validar las variaciones del registro paleomagnético contenido en los sedimentos de Chalco.

2. Métodos

Fechamientos de ^{14}C y Th/U indican que la secuencia abarca los últimos *ca.* 150 ka. Los parámetros de magnetismo de rocas caracterizan los componentes magnéticos en términos de la mineralogía magnética, la distribución de tamaños de partícula, y la concentración. Los análisis incluyen la identificación de fases minerales por medio de las transiciones de susceptibilidad magnética en función de la temperatura, la medición de susceptibilidad magnética y remanencias tales como NRM ARM, IRM, parámetros de

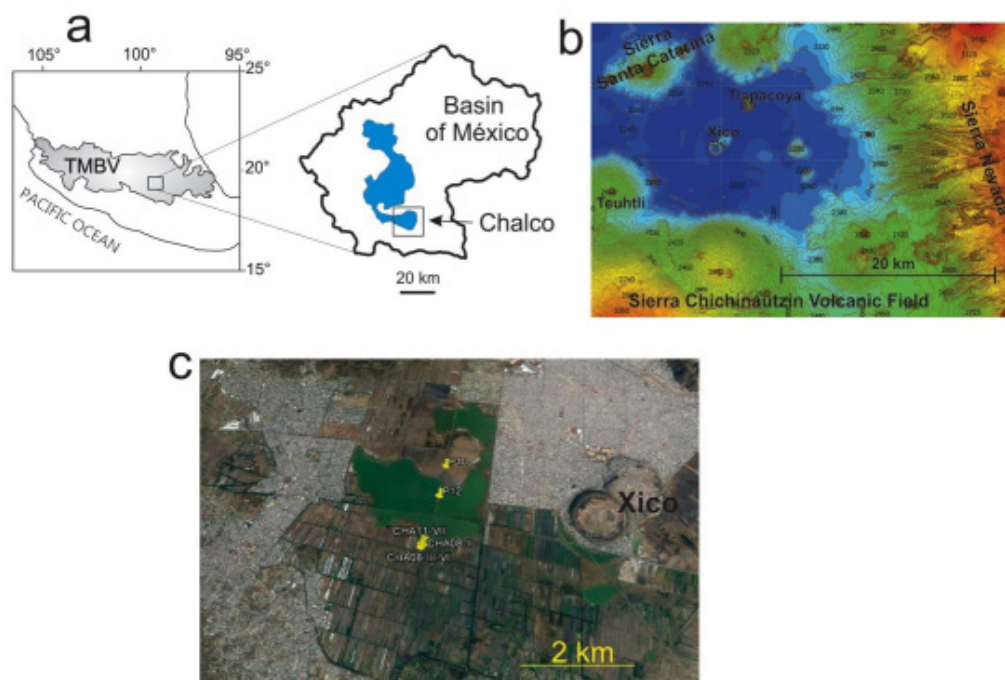
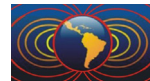


Figura 1. Localización de la cuenca de Chalco. a) Extensión del Cinturón Volcánico Transmexicano (TMBV) y ubicación de la cuenca de México; desarrollo del sistema lacustre en el que Chalco ocupa la parte SW. b) Estructuras volcánicas que limitan a la cuenca de Chalco. c) Imagen de Google Earth en la que se observa la extensión del lago en 2016, y posición de los sondeos CHA08-CHA11 en los que se recuperó la secuencia sedimentaria.



histéresis M_s , M_r , H_c , H_{cr} ; y cocientes S_{300} y $HIRM_{300}$. En promedio, las muestras fueron colectadas cada 10 cm, excepto para susceptibilidad magnética que fue medida cada 2 cm. Los indicadores geoquímicos carbono total y nitrógeno (C_{total} y N , Fig. 2) son comparados como parámetros independientes para validar las interpretaciones del magnetismo de rocas.

3. Resultados y discusión.

La columna litoestratigráfica se dividió en seis unidades (Fig. 2). La unidad basal (6) está compuesta principalmente por sedimentos laminados de oozes de diatomeas intercalados con capas de carbonatos autigénicos; esta unidad abarca el fin del estadio isotópico marino MIS 6 (< 130 ka). Las unidades litoestratigráficas 5-3, que coinciden con los estadios MIS 5-3, están compuestas por sedimentos clásticos ricos en restos de algas calcáreas y componentes biogénicos. Las unidades 2 y 1 abarcan los estadios MIS 2 y parte del MIS-1, en las que dominan sedimentos clásticos con cantidades variables de componentes biogénicos. Los sedimentos volcanoclásticos y los depósitos volcánicos de caída (tefras) son comunes a lo largo de toda la secuencia.

Los análisis de las propiedades magnéticas revelan que los minerales magnéticos principales son Ti-magnetitas/maghemitas de origen detrítico, que en el diagrama de Day se ubican en el campo de tamaño PSD, y minerales de alta coercitividad, hematitas y goethitas, en algunas secciones de la secuencia. Los parámetros de concentración χ_{4P} , ARM y SIRM siguen el mismo patrón, con máximos no asociados a tefras en la unidad 5.

El parámetro dependiente de tamaños de grano fino ARM/IRM 100 mT muestra valores máximos significativos sólo en las unidades litoestratigráficas 2 y 1, que coinciden con los estadios isotópicos 2 y 1 en las cuales se presentan los valores máximos de C y N .

Los valores de mayor coercitividad H_{cr} se encuentran en las unidades 5 y parte final de 1, que coinciden con MIS-5 y MIS-1.

Las variaciones mayores de propiedades magnéticas coinciden con las fluctuaciones climáticas mayores representadas por los estadios isotópicos. Los estadios fríos MIS-6, MIS-4 y MIS-2 presentan menores concentraciones de minerales magnéticos y menores valores de coercitividad. Los estadios isotópicos 5 y 1, cálidos, presentan valores más altos de coercitividad, aunque los valores del MIS-1 se encuentran diluidos por el contenido de materia orgánica. No hay diferencias significativas entre los estadios frío MIS-4 y el cálido MIS-3.

4. Conclusiones

La mineralogía magnética de los sedimentos lacustres varía de Ti-magnetita y Ti-maghemita a hematita/goethita.

El estadio cálido MIS-6 presenta baja concentración de Ti-magnetitas, en donde dominan los oozes de diatomeas laminados. Esto indica la presencia de una lago relativamente profundo, con escaso aporte de terrígenos.

Durante el cálido MIS-5 ocurre la más alta producción de minerales duros, hematita/goethita. Esto coincide con la abundancia de componentes calcáreos que indican las condiciones más secas de la secuencia. No se registran mayores diferencias entre los estadios MIS-4 y MIS-3. A partir de 26 ka, a lo largo de los estadios MIS-2 y MIS-1, incrementa la abundancia de minerales de grano fino y de relativamente alta coercitividad, así como el contenido de C y N , lo que sugiere la formación de magnetita biogénica SD.

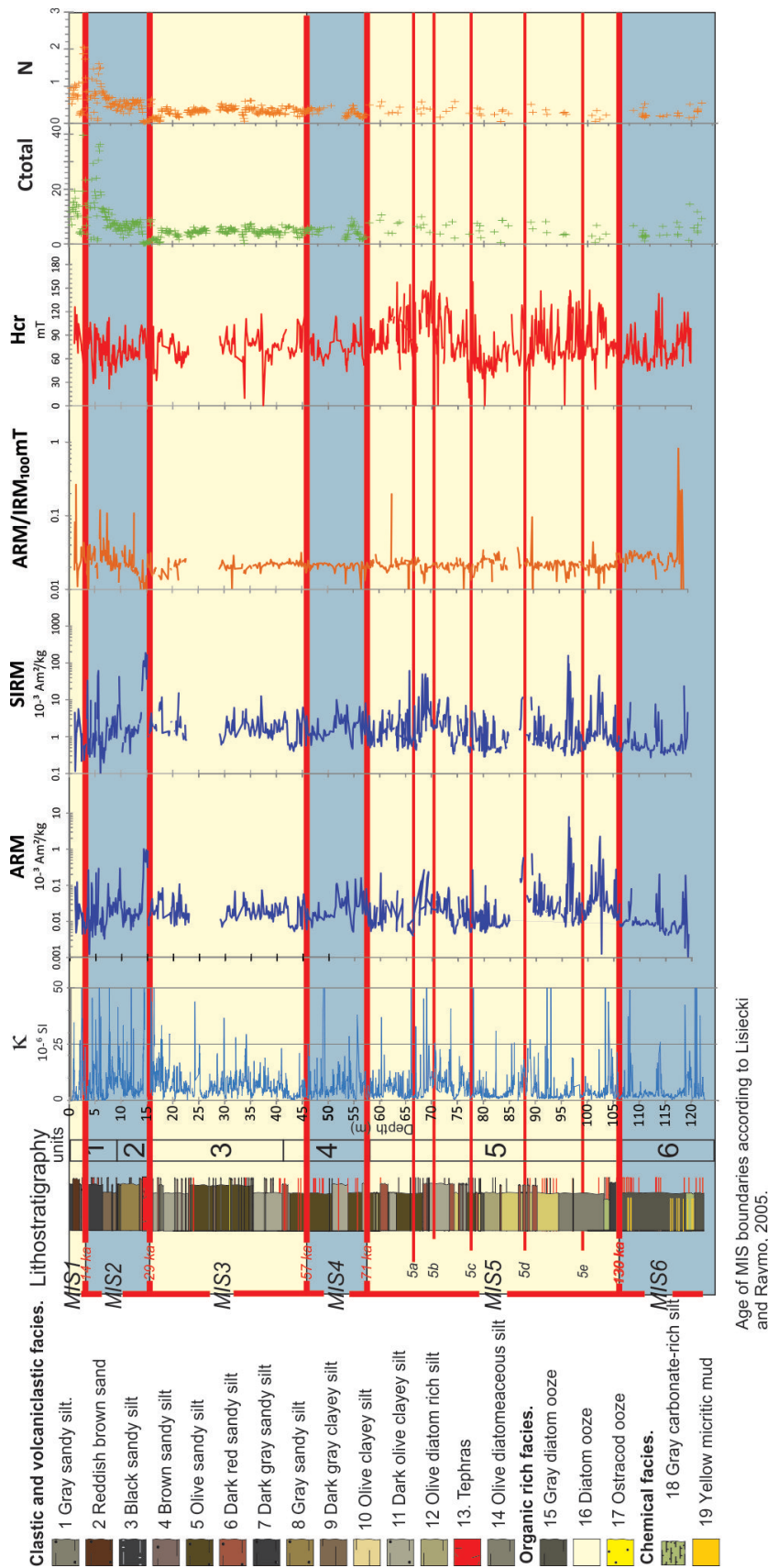


Figura 2. Columna litoestratigráfica de la secuencia sedimentaria lacustre de 122 m de longitud. A la izquierda se marcan los límites temporales (números rojos) de los estadios isotópicos MIS 6 al 1, así como la posición aproximada de los máximos de los subestadios del MIS-5, de acuerdo a la cronología de Lisiecki y Raymo (2005). Estos estadios se marcan en la figura como fondo azul (fríos) y amarillos (cálidos). A la derecha de la columna están las unidades litoestratigráficas 1 a 6, cuyos límites coinciden cercanamente a los de los MIS. La susceptibilidad magnética κ medida a intervalos de 1 cm fue suavizada mediante un promedio corrido de 5 puntos, y en ella se omitieron los valores asociados directamente a depósitos volcánicos de caída (tefras), para resaltar el resto de las variaciones ambientales. Los parámetros κ , ARM y SIRM son indicadores de la concentración de minerales (ferri)magnéticos. ARM/IRM_{100mT} refleja la concentración de partículas SD. Hcr depende de la concentración de minerales magnéticamente duros, ya sea partículas SD o hematitas/goethitas. C y N reflejan la productividad biológica.



Agradecimientos.

Este trabajo fue apoyado por los proyectos UNAM-DGAPA IN109012, IN220609, IN107013 y IV100215, la Coordinación de la Investigación Científica UNAM, Y CONACYT 130963. H. Barceinas, B. García y A. Rodríguez midieron parámetros de histéresis en el Institute for Rock Magnetism (IRM) de la University of Minnesota. El IRM está financiado por la National Science Foundation, Earth Sciences Division, y por la University of Minnesota.

Referencias

- Lisiecki, L.E. y Raymo M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $d^{18}O$ records. *Paleoceanography* 20, PA1003.
- Lozano-García S., Brown E.T., Ortega B., Caballero M., Werne J., Fawcett P.J., Schwalb A., Valero-Garcés B.L., Schnurrenberger D., O'Grady R., Stockhecke M., Steinman B., Cabral-Cano E., Caballero C., Sosa-Nájera S., Soler A.M., Pérez L., Noren A., Myrbo A., Bückler M., Wattrus N., Arciniega A., Wonik T., Watt S., Kumar D., Acosta C., Martínez I., Cossio R., Ferland T., Vergara-Huerta F. 2017. Perforación profunda en el lago de Chalco: reporte técnico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 69, 2, 299-311.