



LOS REGISTROS PALEOMAGNÉTICOS EN METEORITOS CONDÍTICOS Y LA EVOLUCIÓN TEMPRANA DEL SISTEMA SOLAR

J. Urrutia Fucugauchi¹, D. Flores Gutiérrez², L. Pérez Cruz¹, C. Linares López¹

¹ Laboratorio de Paleomagnetismo, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D.F., México

² Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D.F., México

RESUMEN

Se presenta el registro paleomagnético reconstruido de mediciones micromagnéticas y microestructurales en cóndrulos individuales separados del meteorito Allende.

Palabras clave: meteoritos, meteorito Allende

Introducción

Los sistemas planetarios se forman a partir de las nubes de gas y polvo interestelar, en las cuales se dan procesos de acreción con la formación de la(s) estrella(s) y los diferentes cuerpos planetarios (Hewins *et al.*, 1996; Hewins, 1997). Las observaciones de exo-planetas en años recientes han incrementado el interés por entender la formación y evolución de discos planetarios. En el sistema solar, los meteoritos representan remanentes de los primeros cuerpos sólidos y constituyen una de las fuentes de información para investigar las características y etapas tempranas de evolución del sistema solar (Wood, 1988; Krot *et al.*, 2005; Scott, 2007). Los estudios sobre la composición, estructura y propiedades físicas y químicas proveen evidencias sobre las etapas iniciales de la nebulosa protoplanetaria. Los meteoritos condriticos son de los materiales más primitivos y están formados por cóndrulos, inclusiones de calcio y aluminio, agregados irregulares blancos, inclusiones negras y una matriz de grano fino de coloración negra (fig. 1). La característica distintiva es la ocurrencia de pequeños esferoides de silicatos, que constituyen los cóndrulos y



que presentan texturas características que sugieren enfriamiento rápido a partir de material fundido, semejante a gotas de magma. En los modelos de formación de meteoritos condriticos, los cóndrulos representan el material condensado después de la formación de las CAIs, a menor temperatura.

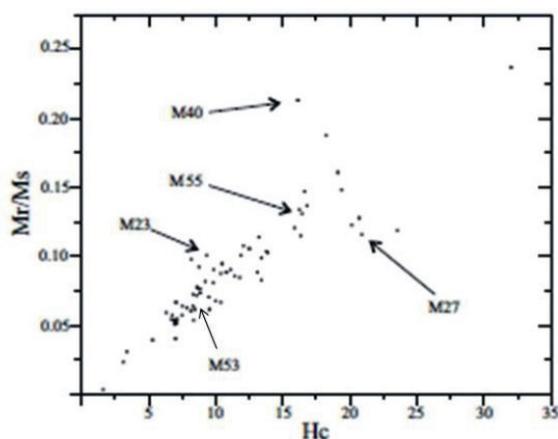
El registro paleomagnético de estos meteoritos ha sido analizado para investigar los campos magnéticos en las etapas tempranas de formación del sistema solar (Suigura *et al.*, 1977)

Figura 1. Imagen de un fragmento del meteorito condritico carbonáceo Allende. Los meteoritos condriticos están caracterizados por la presencia de cóndrulos e inclusiones de calcio y aluminio (CAIs), dentro de una matriz silicatada de grano fino.



Resultados

En este estudio, el registro paleomagnético se reconstruye de mediciones micromagnéticas y microestructurales en cóndrulos individuales separados del meteorito Allende. Allende es una condrita carbonácea CV3, oxidada y con hierro en los silicatos y óxidos. Los datos de histéresis magnética, adquisición de magnetización isoterma y desmagnetización de la magnetización de saturación sugieren la presencia de magnetita de grano fino de dominio pseudo-sencillo. Las graficas de cocientes de los parámetros de histéresis presentan relaciones con la forma y tamaño de los cóndrulos, en particular los cocientes de magnetización y de coercitividad (v.g., fig. 2). La morfología, estructura interna y composición elemental investigadas por microscopía electrónica de transmisión y espectrometría correlacionan con los parámetros magnéticos. Los cóndrulos muestran valores bajos de cocientes de magnetización, entre 0 y 0.22, y de coercitividad, entre 3 y 24 mT. Los valores bajos sugieren que los cóndrulos fueron afectados por alteración y remagnetización,



lo cual limita los estudios de paleointensidad para la determinación de campos magnéticos en la nebulosa. Relaciones lineales son observadas entre los cocientes de magnetización y la

Figura 2. Relaciones entre propiedades magnéticas para cóndrulos individuales del meteorito Allende. Cociente de magnetización remanente y de saturación (M_r/M_s) graficado en función de la coercitividad (H_c). Los números identifican cóndrulos seleccionados para análisis de propiedades micromagnéticas y de texturas y composición por microscopía electrónica. La mayoría de los cóndrulos forman una tendencia lineal, para coercitividades hasta alrededor de 17 mT y cocientes de magnetización menores a 0.17 (Flores-Gutiérrez *et al.*, 2010 a).

coercitividad, para el rango entre 0.17 y 17 mT. Estas relaciones muestran correlaciones con los datos microestructurales y la composición, con cóndrulos compuestos mostrando valores altos de magnetizaciones remanentes y de saturación.

Cóndrulos cuyas relaciones de parámetros de histéresis que corresponden a las relaciones lineales presentan formas redondeadas y un rango característicos de tamaños y texturas. En las Figuras 3 y 4 se muestra un ejemplo para el cóndrulo identificado como 53 b, en el diagrama de la Figura 2. Este cóndrulo presenta un anillo parcial de acreción, que han sido investigados en otros meteoritos (Kring *et al.*, 1991). Los cóndrulos cuyos parámetros salen fuera de la tendencia presentan estructuras y texturas que indican cóndrulos compuestos, fragmentación y alteración. Los análisis de microscopía electrónica y espectrométricos muestran arreglos mineralógicos relacionados a los tamaños de cóndrulos, tipo, texturas, formas y microestructuras.

Los resultados de propiedades magnéticas se analizan en términos de sus implicaciones para la formación y evolución temprana de protoplanetiales con la generación de campos magnéticos internos como origen del registro paleomagnético de condritas carbonáceas.

Bibliografía

Connolly, H. C., Love, S.G., 1998. The formation of chondrules: Petrologic tests of the shock wave model. *Science*, 280, 62-67.



Figura 3. Cóndrulo 53 b. Imagen de microscopia electrónica de barrido (Flores-Gutiérrez *et al.*, 2010 a,b).

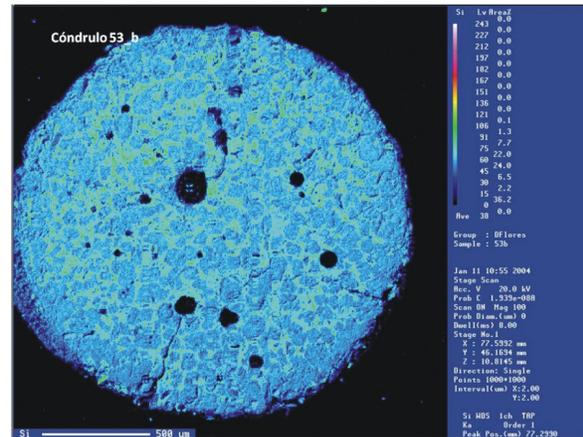


Figura 4. Cóndrulo 53 b. Imagen de microscopia

- Cuzzi, J. N., Alexander, C. M. O. D., 2006. Chondrule formation in particle-rich nebular regions at least several hundred of kilometers across. *Nature*, 441, 483-485.
- Flores-Gutierrez, D., Urrutia-Fucugauchi, J., 2002. Hysteresis properties of chondritic meteorites: New results for chondrules from the Allende meteorite. *Geofisica Internacional*, 41, 179-188.
- Flores-Gutiérrez, D., Urrutia-Fucugauchi, J., Pérez-Cruz, L., Linares-López, C., 2010a. Micromagnetic and microstructural analyses in chondrules of the Allende meteorite. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27, 162-174.
- Flores-Gutiérrez, D., Urrutia-Fucugauchi, J., Pérez-Cruz, L., Díaz Hernández, R., Linares-López, C., 2010b. Scanning electron microscopy characterization of iron, nickel and sulfur in chondrules from the Allende meteorite – Further evidence for between-chondrules major compositional differences. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27, 338-346.
- Hewins R. H., 1997, Chondrules. *Annual Reviews Earth Planetary Sciences*, 25, 619–659.
- Hewins, R. H., Jones, R. H., Scott, E. D. R. (Eds), 1996. Chondrules and the Protoplanetary Disk. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Kring, D., 1991. High temperature rims around chondrules in primitive chondrites: evidence for fluctuating conditions in the solar nebula. *Earth Planetary Science Letters*, 105, 65-80.
- Krot, A. N., Yurimoto, H., Hutcheon, I. D., MacPherson, G. J., 2005. Chronology of the early Solar System from chondrule-bearing calcium-aluminium rich inclusions. *Nature*, v. 434, 998-1001.
- Scott, E. R. D., 2007. Chondrites and the protoplanetary disk. *Annual Reviews Earth Planetary Sciences*, 35, 577-620.
- Suigura, N., Lanoix, M., Strangway, D. W., 1979. Magnetic fields of the solar nebula as recorded in chondrules from the Allende meteorite. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 20, 342-349.
- Urrutia-Fucugauchi, J., 1979. Further reliability tests for determination of palaeointensities of the Earth's magnetic field. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 61, 243-251
- Urrutia Fucugauchi, J., 1981. Some observations on short-term magnetic viscosity behaviour at room temperature. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 26, P1-P5.
- Wood, J. A., 1988. Chondritic meteorites and the solar nebula. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, v. 16, 53-72.

