

Mackinawita, pirita y S en sedimentos lacustres ricos en materia orgánica (Lago Sochagota, Paipa, Colombia)

Gabriel Ricardo Cifuentes (1*), Juan Jiménez-Millán (2), Rosario Jiménez-Espinosa (2),
Claudia Patricia Quevedo (1)

(1) Facultad de Ciencias e Ingeniería, Grupo de Investigación Gestión de Recursos Hídricos, Universidad de Boyacá, Campus Tunja (Colombia)

(2) Departamento de Geología y CEACTierra, Universidad de Jaén. Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén (España)

* corresponding author: grcifuentes@uniboyaca.edu.co

Palabras Clave: Mackinawita, Pirita, Lago Sochagota, Colombia | **Key Words:** Mackinawite, Pyrite, Sochagota Lake, Colombia

INTRODUCCIÓN

La evolución de las condiciones redox de las aguas intersticiales de los sedimentos es uno de los factores que controlan la formación y transformación de los minerales autigénicos. En estos procesos participan fases amorfas y minerales metaestables, precursores de los que finalmente se observan. Los elementos con capacidad de actuar como donantes o receptores de electrones, tales como el S y el Fe, juegan un papel esencial en el desarrollo de la asociación mineral en equilibrio. La presente comunicación analiza el papel de las fases intermedias metaestables y la influencia del soporte orgánico en la formación y reactividad de fases de S y Fe (mackinawita, pirita, S nativo) en ambientes lacustres salinos ricos en materia orgánica mediante el estudio de los sedimentos del Lago Sochagota (Paipa, Colombia).

CONTEXTO REGIONAL Y MATERIALES

El Lago Sochagota está formado por aguas hidrotermales de facies sulfatadas-cloruradas sódico potásicas relacionadas con el sistema geotérmico asociado al volcán existente en el municipio de Paipa (Colombia) (Cifuentes et al., 2018). Los relieves del entorno están constituidos por rocas sedimentarias de composición silícea cretácicas y cuaternarias. Al sur del lago aparecen los materiales del volcán de Paipa, un edificio piroclástico ácido erosionado de edad Plioceno-Pleistoceno. Los materiales depositados en el lago son sedimentos microlaminados. Las láminas de color oscuro se caracterizan por la presencia de abundantes restos de plantas. Los sedimentos están constituidos mayoritariamente por cuarzo y una asociación compleja de minerales de la arcilla formada por distintos tipos de interstratificados y términos finales: caolinita, interstratificado caolinita-esmectita, interstratificado

mica-vermiculita dioctaédrica, interstratificado illita-esmectita e illita (Cifuentes et al., 2018).

FASES DE S Y Fe

Las imágenes de microscopía electrónica revelan que las fases con S y Fe se concentran especialmente en el interior de restos vegetales. En esta posición pueden aparecer pequeños cristales idiomorfos de pirita, framboides y agrupaciones de framboides de pirita (Fig. 1A). En la parte central de algunos testigos de sedimento especialmente ricos en materia orgánica, aparecen restos vegetales completamente rellenos y reemplazados por sulfuro de hierro (Figs. 1B y 1C). Los microanálisis EDS revelan la presencia de concreciones sin oxígeno y con razones S:Fe 1:1 (similares a las de mackinawita) y 2:1 (propias de pirita). Junto a las zonas ricas en pirita aparecen agregados de S(0) formados por microfibras y microesférulas que generan una textura vesicular (Fig. 1D). También pueden aparecer pequeños cristales de sulfuros dispersos en la matriz arcillosa del sedimento (Fig. 1E).

Los microanálisis Raman pusieron de manifiesto la presencia de mackinawita bien cristalizada, pirita y S nativo. Las concreciones con razón S:Fe próximas a 1 presentan espectros con un pico principal a 298 cm⁻¹, uno pequeño a 208 cm⁻¹ y otro débil a 260 cm⁻¹, corroborando la presencia de mackinawita (Fig. 2A). Los espectros de las regiones con razones S:Fe mayores muestran espectros más complejos, en los que, además de unos picos débiles de mackinawita, también pueden identificarse pirita, con picos a 344 y 379 cm⁻¹, y azufre elemental (α -S8) con picos a 152 y 218 cm⁻¹ (Fig. 2B).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En ambientes sedimentarios de baja temperatura, los iones sulfuro son producidos por microorganismos

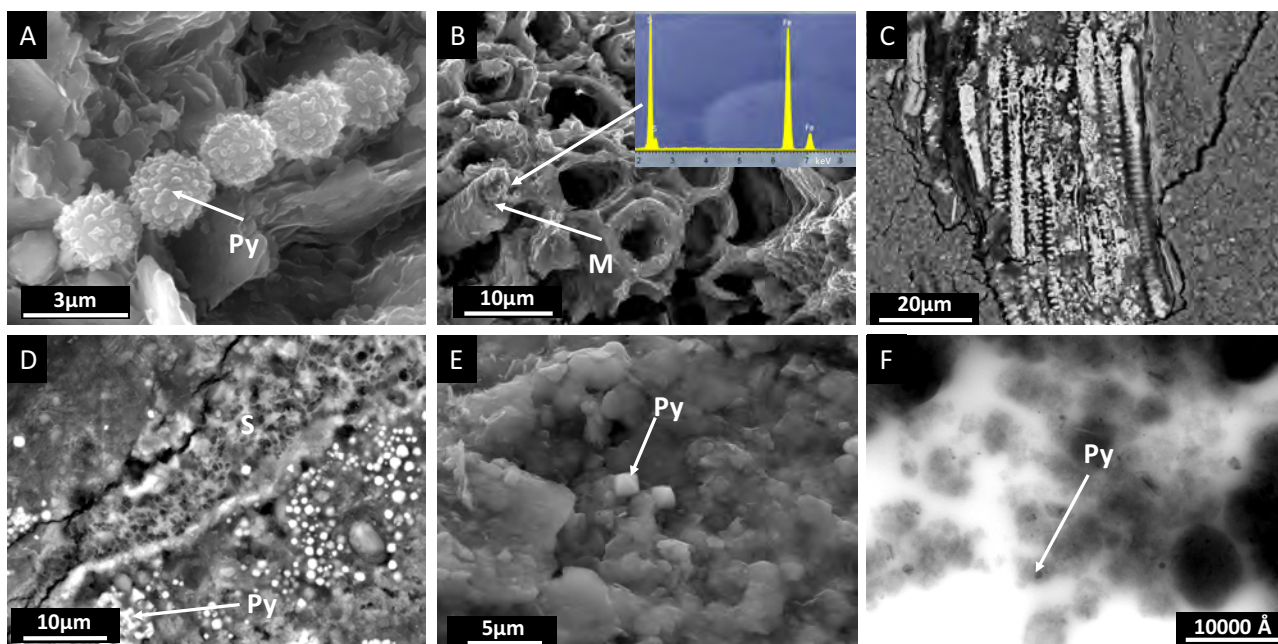


Fig 1. Imágenes de microscopía electrónica de sedimentos del Lago Sochagota. A, B y E: imágenes de electrones secundarios. C y D: imágenes de electrones retrodispersados. F: imagen de microscopio electrónico de transmisión. Py: pirita; M: mackinawita; S: azufre nativo.

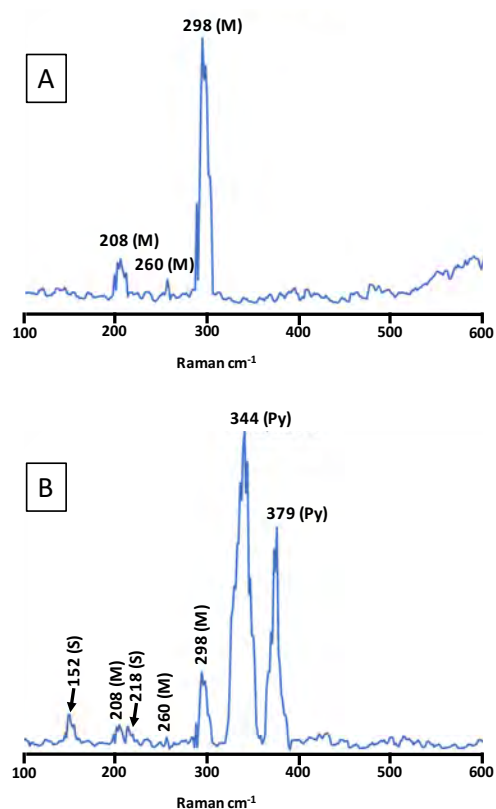


Fig 2. Espectros microRaman de zonas ricas en sulfuros de sedimentos del Lago Sochagota. Py: pirita; M: mackinawita; S: azufre nativo.

reductores de sulfatos (MRS) (Cosmidis et al. 2019). En los experimentos realizados con MRS, las fases predominantes son mackinawita y greigita, sugiriendo que la presencia de sustancias orgánicas podría inhibir la formación de pirita. Las fases sólidas metaestables mackinawita (FeS) y greigita (Fe₃S₄) se preservan raramente en el registro de rocas sedimentarias. El uso

conjunto de las técnicas de microscopía electrónica y espectroscopía Raman ha permitido la determinación precisa y las relaciones texturales de las fases estables y metaestables de S y Fe presentes en los sedimentos del Lago Sochagota. La presencia mackinawita sugiere que la actividad microbiológica asociada a la descomposición de la materia orgánica propició la precipitación de sulfuros de Fe metaestables, los cuales se transformaron, posteriormente, en pirita y S nativo por un proceso de oxigenación del sedimento. El hecho de que los sedimentos del Lago Sochagota sean ricos en caolinita y cuarzo propicia la existencia de microambientes pobres en Fe que podrían favorecer la precipitación de fases organosulfuradas con microestructuras encapsuladas en soporte orgánico de formas esféricas y en filamentos (Fig. 1D) (Cosmidis et al., 2019).

AGRADECIMIENTOS

“Programa de Becas para la Formación de Doctores en Ciencias Básicas - AUIP - UJA – 2015”; Grupo Gestión del Recurso Hídrico (Universidad de Boyacá – COL0005477); Grupo de investigación RNM-325.

REFERENCIAS

- Cifuentes, G.R., Jiménez-Millán, J., Quevedo, C.P., Jiménez-Espinosa, R., Nieto, F. (2018): Fijación de K hidrotermal a través de transformaciones secuenciales de formación de illita en ambiente lacustre hipersalino reductor (Lago Sochagota, Colombia). SEA 2018.
- Cosmidis, J., Nims, C.W., Diercks, D., Templeton A. S. (2019): Formation and stabilization of elemental sulfur through organomineralization. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **247**, 59-82.