

# Vermiculitas tratadas hidrotermalmente: capacidad de adsorción de CO<sub>2</sub> e implicaciones geológicas

Ayoub Lahchich (1), Pedro Alvarez Lloret (2), Celia Marcos (3\*)

(1-2-3) Departamento de Geología, Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, C/. Jesús Arias de Velasco s/n, 33005 Oviedo, Spain; uo285853@uniovi.es; pedroalvarez@uniovi.es; cmarcos@uniovi.es.

\* Autor correspondiente: cmarcos@uniovi.es; Tel.: +34-985103100

**Palabras Clave:** Vermiculitas, Tratamiento de expansión, Tratamiento hidrotermal, Vermiculitización, Dióxido de carbono.

**Key Words:** Vermiculites, Expansion treatment, Hydrothermal treatment, Vermiculitization, Carbon dioxide.

## INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de combustibles fósiles en la industria, construcción y transporte ha incrementado las emisiones nocivas de CO<sub>2</sub>, contribuyendo al calentamiento global, cambio climático y lluvia ácida, con efectos negativos en la salud y el medio ambiente. En 2022, la concentración de CO<sub>2</sub> alcanzó 418 ppm, un 50% más que en la era preindustrial (Wang et al., 2014; Harvey et al., 2017). Para mitigar el efecto de CO<sub>2</sub>, se han investigado energías renovables y tecnologías de captura y almacenamiento. La adsorción con materiales como la vermiculita, conocida por su estabilidad y porosidad, es una opción prometedora (Rahman et al., 2017; Sordakis et al., 2018; Kabir et al., 2018). Además, la carbonatación mineral convierte el CO<sub>2</sub> en minerales estables. El objetivo consistió en investigar dos vermiculitas diferentes y someterlas a tratamiento térmico, de irradiación con microondas e hidrotermal con CO<sub>2</sub> para analizar posibles cambios estructurales beneficiosos en condiciones de baja temperatura y presión para la adsorción de CO<sub>2</sub>.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se investigaron dos tipos de vermiculita proporcionadas por Vermiculita y Derivados S.A. (Gijón, España). La primera, de Uganda (V-U-20), es de color dorado y contiene 0.36% de K<sub>2</sub>O. La segunda, de China (V-CHG-20), es de color verde marrón y contiene 3.92% de K<sub>2</sub>O, siendo de menor pureza que la de Uganda. Ambas muestras tienen un tamaño de partícula inferior a 5 mm y un grosor de 0.5-1 mm. Se realizaron tres tratamientos: 1) Térmico: calentamiento a 900 °C durante 1 minuto (V-U-900 y V-CHG-900). 2) Irradiación por microondas: 1 minuto para V-U-MW y 20 segundos para V-CHG-MW. 3) Hidrotermal: las muestras, tanto iniciales como expandidas, se mezclaron con agua y se expusieron a CO<sub>2</sub> (10 bares y 100 °C) durante 24 horas (V-U-20-24, V-U-900-24, V-U-MW-24, V-CHG-20-24, V-CHG-900-24 y V-CHG-MW-24).

El pH del agua destilada y soluciones hidrotermales se midió a temperatura ambiente con un peachímetro calibrado. La lixiviación de cationes de la vermiculita durante el tratamiento hidrotermal se detectó con un espectrómetro ICP-MS (Agilent HP 700). La pérdida de peso de las muestras se midió con una balanza de precisión. La caracterización de las vermiculitas analizadas se llevó a cabo con difracción de rayos X (PANalytical X'Pert Pro MPD), termogravimetría (TA Instrument SDT Q600) y BET (ASAP 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron las soluciones hidrotermales tras la filtración de muestras de vermiculita, observando un aumento del pH debido a la disolución de CO<sub>2</sub> y la liberación de grupos OH<sup>-</sup>, afectando a sus propiedades físico-químicas. El análisis ICP-MS reveló que los elementos más lixiviados fueron Na, Si y Cl, con una pérdida de masa general del 6.7% y una disminución de presión durante el tratamiento. Los espectros de difracción (Fig. 1) confirmaron la presencia de vermiculita en las muestras de Uganda, y vermiculita, mica e interestratificados en la de China, la cual se transformó más mediante tratamiento hidrotermal. En la muestra V-CHG-900-24, tratada hidrotermalmente se aprecia la vermiculitización que indica que el origen de las vermiculitas también puede ser hidrotermal. El análisis térmico (Fig. 2) mostró que la descomposición ocurre en cinco etapas indicadas en la leyenda de la Fig. 2.

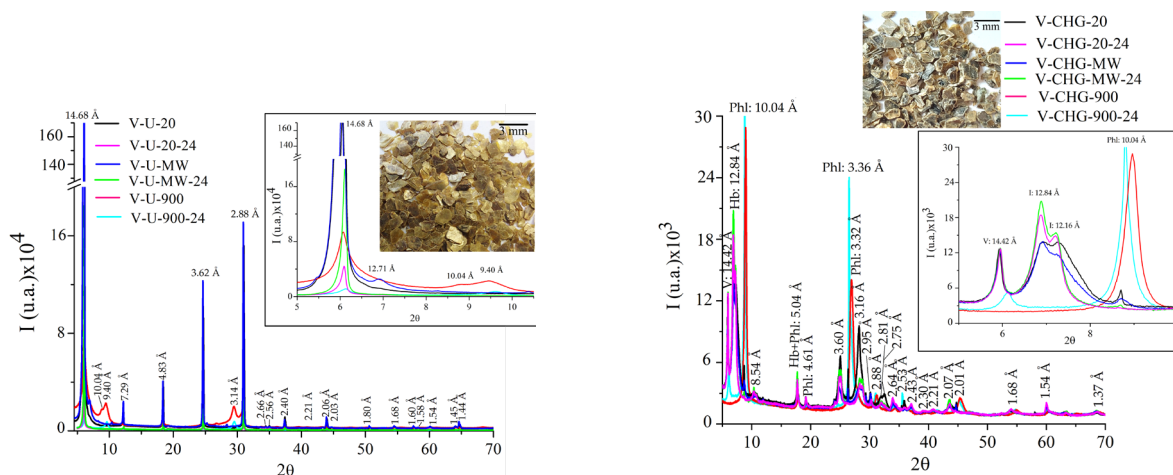


Fig 1. Diagramas de DRX de las vermiculitas de partida y tratadas de Uganda (izquierda) y China (derecha).

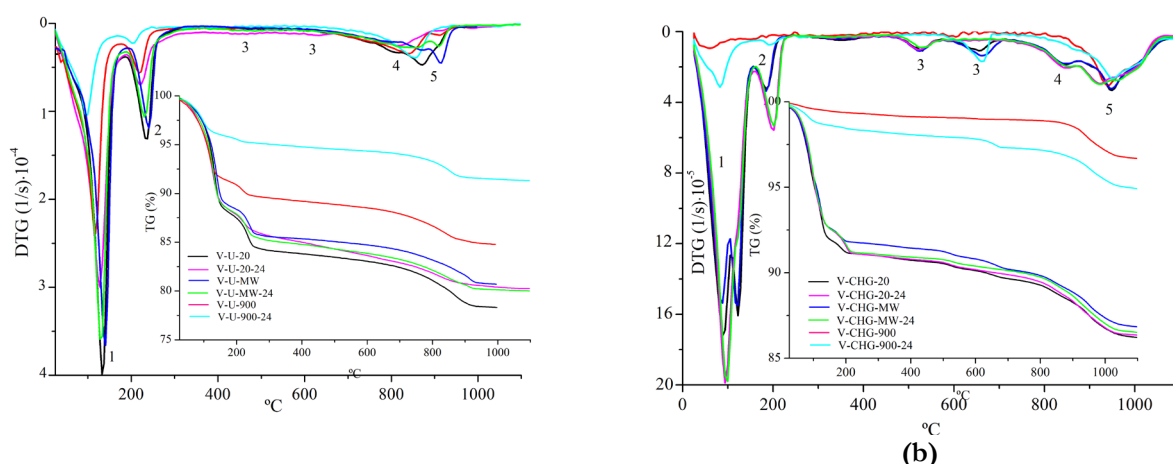


Fig 2. Curvas TG y DTG de muestras de Uganda (a) y de China (b). Nota: 1 - pérdida de agua superficial adsorbida; 2 - pérdida de agua entre capas y agua ligada a cationes entre capas; 3 - pérdida de hidroxilos; 4 - descomposición de  $\text{CO}_2$ ; 5 - recristalización.

## CONCLUSIONES

Los tratamientos aplicados a las vermiculitas comerciales investigadas alteraron su composición y estructura. El tratamiento hidrotermal provocó pérdida de masa, aumento del pH y mayor desorden estructural, sugiriendo un origen hidrotermal. Las muestras más puras se amorfizaron, mientras que la menos pura se vermiculitizó. Estas vermiculitas tratadas demostraron ser efectivas para la adsorción de  $\text{CO}_2$ , aumentando su porosidad.

## REFERENCIAS

- Harvey, A., Boland, J.B., Godwin, I., Kelly, A.G., Szydłowska, B.M., Murtaza, G., Thomas, A., Lewis, D.J., O'Brien, P., Coleman, J.N., 2017. Exploring the versatility of liquid phase exfoliation: producing 2D nanosheets from talcum powder, cat litter and beach sand, 2D. *Materials* **4** (2), 25–54.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A.A., Kim, K.-H., 2018. Solar energy: potential and future prospects. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **82**, 894–900.
- Rahman, F.A., Aziz, M.M.A., Saidur, R., Bakar, W.A., Hainin, M.R., Putrajaya, R., et al., 2017. Pollution to solution: capture and sequestration of carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future. *Renew. Sust. Energ. Rev.* **71**, 112–126.
- Sordakis, K., Tang, C., Vogt, L.K., Junge, H., Dyson, P.J., Beller, M., Laurenczy, G., 2018. Homogeneous catalysis for sustainable hydrogen storage in formic acid and alcohols. *Chem. Rev.* **118** (2), 372–433.
- Wang, W.L., Xiao, J., Wei, X.L., Ding, J., Wang, X.X., Song, C.S., 2014. Development of a new clay supported polyethylenimine composite for  $\text{CO}_2$  capture. *Appl. Energy* **113**, 334–341.