

# Petrología, geoquímica e inclusiones fluidas en la stichtita de la Serpentinita Victoria (NE México): condiciones de formación

Vanessa Colás (1\*), Augusto Antonio Rodríguez-Díaz (2), Juan Alonso Ramírez-Fernández (3), Eduardo Alejandro Alemán-Gallardo (3), María Guadalupe Dávalos-Elizondo (4), Israel David Garduño-Torres (5)

(1) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza, 50009, Zaragoza (España)

(2) Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México (México)

(3) Facultad de Ciencias de la Tierra. Universidad Autónoma de Nuevo León, 67700, Linares (México)

(4) Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México (México)

(5) Posgrado en Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional Autónoma de México, 04510, Ciudad de México (México)

\* corresponding author: [vcolas@unizar.es](mailto:vcolas@unizar.es)

**Palabras Clave:** Stichtita, serpentinita, inclusiones fluidas, condiciones P-T. **Key Words:** Stichtite, serpentinite, fluid inclusions, P-T conditions.

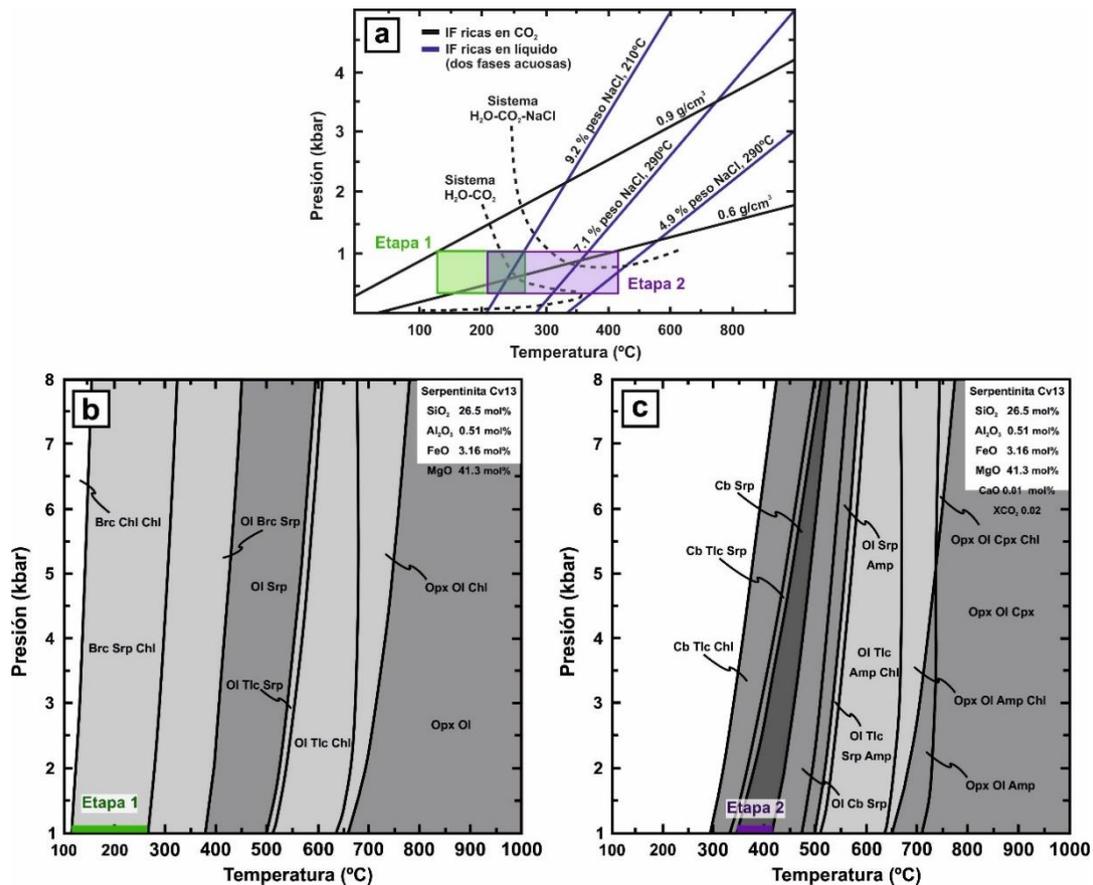
## INTRODUCCIÓN

La stichtita es un hidroxicarbonato rico en Mg y Cr que se forma de manera excepcional durante la serpentinitización hidratada de rocas ultramáficas ricas en cromita, en un amplio rango de condiciones de presión y temperatura. Sin embargo, en los sistemas serpentiniticos antiguos, tanto la composición de los fluidos como las condiciones P-T implicadas en la formación de la stichtita todavía son desconocidas, a pesar de su potencial para comprender cuestiones clave como el ciclo del carbono, el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, el geosequestro de gases de efecto invernadero o el origen de la vida en el Sistema Solar. En esta contribución presentamos un estudio integral de las inclusiones fluidas y de la composición, en roca total, de elementos mayores y tierras raras (REE, por sus siglas en inglés) de la stichtita y las serpentinitas asociadas en la Serpentinita Victoria del Bloque Ciudad Victoria (Cañón Novillo, NE México; Alemán-Gallardo, 2022), las cuales representan una porción del fondo oceánico Paleozoico (i.e., Océano Reico) que, presumiblemente, nunca alcanzó condiciones de facies de anfíbolita (i.e., deserpentinización) durante su emplazamiento y exhumación (Torres-Sánchez et al., 2017).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Serpentinita Victoria se han diferenciado, mediante microscopía óptica y VNIR-SWIR, tres tipos de microestructuras en función de la cantidad de stichtita presente: i) serpentinitas, con serpentina pseudomórfica en malla, reloj de arena y bastitas, cromita y clorita; ii) serpentinita rica en stichtita, con serpentina no pseudomórfica interpenetrativa e interconectada, clorita y cromita rodeada por stichtita y, ocasionalmente, magnetita; y iii) stichtita intercrecida con serpentina no pseudomórfica, cromita, clorita y, en menor medida, talco.

Composicionalmente, la stichtita y ambos tipos de serpentinitas muestran relaciones Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> y MgO/SiO<sub>2</sub> similares a las peridotitas abisales serpentinizadas. Sin embargo, en ambos tipos de serpentinita los patrones de REE, normalizados a condrita son relativamente planos con una ligera pendiente negativa, debido a un ligero empobrecimiento en tierras raras pesadas (HREEs, por sus siglas en inglés) respecto a las ligeras (LREEs, por sus siglas en inglés); mientras que la stichtita muestra un menor contenido en REE, sobre todo en las HREEs respecto a las LREEs, dibujando un patrón ligeramente cóncavo. A partir de las fases identificadas en las inclusiones fluidas a temperatura ambiente con FTIR, y las temperaturas de homogenización obtenidas mediante microtermometría, se han identificado dos tipos de inclusiones fluidas primarias y pseudosecundarias. Las ricas en CO<sub>2</sub>, más comunes en la serpentinita, se formaron entre 125 y 275°C a menos de 1 kbar; mientras que las inclusiones fluidas bifásicas, exclusivas de la stichtita y con una proporción variable de vapor y líquido formado por una mezcla de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y NaCl, se generaron entre 200 y 425°C a menos de 1 kbar (Fig. 1a).



**Fig. 1.** (a) Diagrama P-T con las isocoras calculadas para inclusiones fluidas ricas en  $\text{CO}_2$  y acuosas, y las curvas de inmiscibilidad teórica para los sistemas  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$ . Pseudosecciones para una serpentinita rica en stichtita saturada en  $\text{H}_2\text{O}$  (a) y  $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$  (b). Abreviaturas: Amp anfíbol, Cb carbonato, Chl clorita, Cpx clinopiroxeno, Brc brucita, Dsp diáspora, Ol olivino, Opx ortopiroxeno, Srp serpentinita y Tlc talco.

Las diferencias texturales, composicionales y en inclusiones fluidas presentes en las serpentinitas y stichtita de la Serpentinita Victoria pudieron ser consecuencia de un proceso de serpentinitización que tuvo lugar en dos etapas asociadas con la infiltración de diferentes tipos de fluidos. Los diagramas P-T-X modelizados para la serpentinita rica en stichtita indican que, en la primera etapa de serpentinitización, el olivino y el piroxeno de la peridotita interaccionaron con fluidos ricos en  $\text{H}_2\text{O}$ , formando cromita rica en  $\text{Fe}^{2+}$ , clorita y brucita (Fig. 1b). Este proceso tuvo lugar entre 127 y 270°C a 1 kbar, sin modificar significativamente la composición en elementos mayores y REE de la peridotita, lo que es consistente con las condiciones P-T obtenidas en las inclusiones fluidas ricas en  $\text{CO}_2$  (Fig. 1a). Sin embargo, la segunda etapa de serpentinitización se produjo por la adición de fluidos ricos en C-H-O en el sistema, formándose serpentinita y stichtita enriquecida en MgO, pero empobrecida en  $\text{SiO}_2$ , CaO y LREEs, entre 160 y 420°C a 1 kbar, similares a las condiciones P-T obtenidas en las inclusiones fluidas bifásicas (Fig. 1a).

Por consiguiente, la stichtita en la Serpentinita Victoria se formó por la infiltración de fluidos ricos en  $\text{H}_2\text{O}$  que evolucionaron a más ricos en  $\text{CO}_2$ , en condiciones de P y T bajas. De esta forma, el estudio combinado de inclusiones fluidas y el modelado termodinámico de serpentinitas con stichtita es una herramienta propicia para comprender mejor los procesos de serpentinitización capaces de desentrañar múltiples procesos geodinámicos.

## REFERENCIAS Y AGRADECIMIENTOS

- Alemán Gallardo, E.A. (2022): Caracterización petrológica del Complejo Metamórfico Novillo del Precámbrico del bloque Ciudad Victoria, México. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León, 198 p.
- Torres-Sánchez, S.A., Augustsson, C., Jenchen, U., Barboza-Gudiño, J.R., Alemán-Gallardo, E.A., Ramírez-Fernández, J.A., Torres-Sánchez, D., Abratis, M. (2017): Petrology and geochemistry of meta-ultramafic rocks in the Paleozoic Granjeno Schist, northeastern Mexico: Remnants of Pangaea ocean floor. *Open Geosci.*, **91**, 361-384.

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CONACYT-Ciencia Básica A1-S-14574.