

Modelización termodinámica de la hidratación y estado de oxidación de la cuña de manto (Plateau del Colorado, EEUU)

María Ramón-Fernández (1*), José Alberto Padrón-Navarta (1), Françoise Boudier (2), Carlos J. Garrido (1)

(1) Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (IACT-CSIC), 18100, Armilla (España)

(2) Géosciences Montpellier, Université de Montpellier & CNRS, 34090, Montpellier (France)

* corresponding author: m.ramon@csic.es

Palabras Clave: Modelización termodinámica, Hidratación, Fugacidad de oxígeno, Cuña de manto, Plateau del Colorado.

Key Words: Thermodynamic modeling, Hydration, Oxygen fugacity, Mantle wedge, Colorado Plateau.

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO GEOLÓGICO

La principal diferencia entre los magmas primitivos de dorsales medio-oceánicas y los magmas primitivos de arco, es que los segundos contienen mayores concentraciones de volátiles y están más oxidados, con razones Fe^{3+}/Fe_{total} más elevadas (Kelley & Cottrell, 2009). Sin embargo, el mecanismo que provoca la oxidación de estos magmas y su relación con su alto contenido en volátiles sigue siendo incierto. Los enclaves ultramáficos de Green Knobs — exhumados por diatremas de microbrecha ultramáfica serpentinizadas en el campo volcánico Navajo, Plateau del Colorado, EEUU— constituyen un muestreo casi instantáneo de la zona más fría ($<800^{\circ}C$) de una cuña de manto subcontinental suprasubducción asociada a la subducción de bajo ángulo de la antigua placa de Farallon. Esta zona de subducción se caracterizó por un flujo de calor inusualmente bajo, lo cual promovió el enfriamiento y la hidratación de la litosfera, evidenciado en los enclaves por la presencia de fases hidratadas como anfíbol, clorita y antigorita. Estos enclaves ofrecen, por tanto, una oportunidad única para investigar el estado y los mecanismos de oxidación-reducción de la cuña del manto y su relación con la interacción de los fluidos liberados por la losa de subducción. En esta comunicación, presentamos un estudio petrológico y de modelización termodinámica del proceso de hidratación de peridotitas en condiciones de cuña de manto, con el objetivo de determinar la relación entre el estado de oxidación y la hidratación de la cuña del manto en un contexto de suprasubducción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la modelización termodinámica hemos seleccionado tres enclaves lherzolíticos que representan tres estadios diferentes de hidratación (2, 8 y 23 vol. % de fases hidratadas). Los estadios de hidratación han sido caracterizados mediante microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS) y microsonda electrónica (EPMA). El estudio de los enclaves muestra que el proceso de hidratación de las peridotitas de cuña del manto produjo cambios significativos en la asociación mineral, textura y composición química. En el primer estadio de hidratación, la recristalización estuvo restringida a los bordes de grano, donde aparecen neoblastos de anfíbol en equilibrio textural con neoblastos de piroxeno y olivino, y variaciones composicionales de menos de $20\ \mu m$ en los bordes de la espinela. En el segundo estadio, las zonas de recristalización de anfíbol son más extensas e incluyen clorita y Fe-cromita. En el último estadio, un aumento de la hidratación provoca la aparición de antigorita asociada a clorita. Con el aumento del grado de hidratación, disminuye el #Mg del olivino, los óxidos evolucionan desde espinelas ricas en Al a Fe-cromita, y la composición del anfíbol varía de pargasita a tremolita y la de la clorita de clinocloro a peninita. Con el objetivo de investigar si las variaciones composicionales observadas pudieran ser el resultado de la hidratación progresiva de un mismo protolito mantélico, hemos modelizado termodinámicamente el proceso de hidratación en estas rocas asumiendo el más simple de los escenarios: la hidratación como consecuencia de la adición de un componente puro H_2O sin ninguna carga en solución ni electrolítica. Los modelos (pseudosecciones P-X) han sido realizados con el software *Perple_X* (Connolly, 2009) usando la composición anhídrica equivalente de la muestra menos hidratada como composición de partida (X_0), añadiéndole 2 moles de agua como composición final (X_1). La Figura 1 muestra las asociaciones en equilibrio en función del grado de hidratación para un rango de presión

de 1 a 2.4 GPa a una temperatura de 600 °C. La elección de la temperatura se basa en datos preliminares de geotermometría de elementos trazas en olivino.

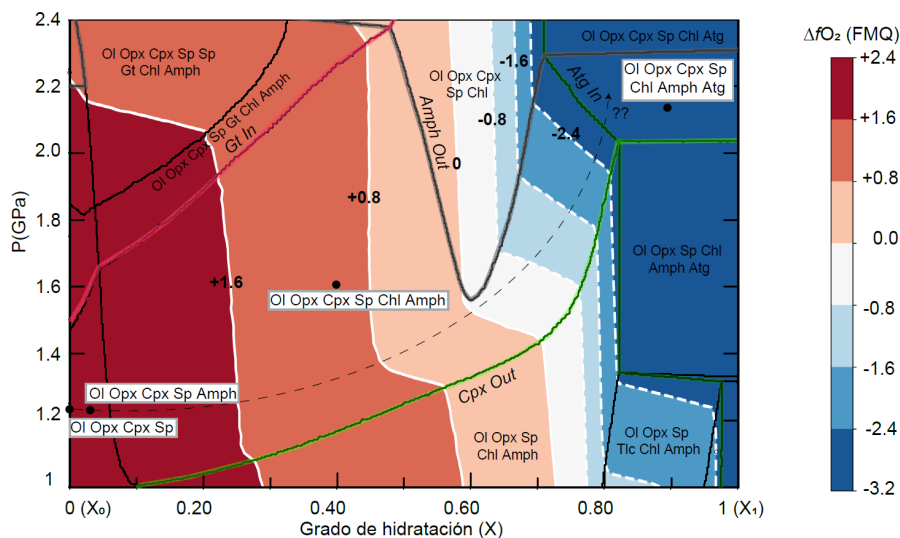


Fig 1. Diagrama de fases P-X mostrando la hidratación del posible protolito. Las líneas blancas representan los valores de ΔfO_2 relativos al buffer FMQ y las asociaciones marcadas en blanco son las presentes en las rocas estudiadas. La flecha negra representa la posible trayectoria P-X de las peridotitas al hidratarse.

El modelo termodinámico predice que para reproducir la secuencia de asociaciones minerales observadas en los enclaves es necesario un aumento de la presión durante la hidratación, desde valores de 1.0 – 1.4 GPa hasta valores de 2.0 – 2.2 GPa donde se forma una nueva generación de clinopiroxenos pobres en Al que es estable con anfíbol, clorita y antigorita. Con la progresiva hidratación, el modelo también reproduce de manera muy satisfactoria las variaciones composicionales observadas en los enclaves, como el descenso del #Mg en olivino (de 91 a 89 vs 91 a 88 observado), el descenso de Al en clinopiroxeno (0.07 a 0.01 vs. 0.17 a 0.01 observado), anfíbol, clorita y espinela, y en particular para esta última, el #Cr aumenta (15 a 93 vs. 13 a >63 observado). Los valores calculados de la fugacidad de oxígeno, fO_2 , disminuyen con el grado de hidratación, desde valores FMQ +1.6 hasta valores más reducidos FMQ –2.4 para muestras con un 1.85 wt. % H₂O. Esto se debe a que la adición de H₂O puro produce una reducción durante el proceso de hidratación para un valor constante de la relación Fe³⁺/FeO_{total} en la roca total.

CONCLUSIONES

La hidratación de peridotitas en la parte fría de la cuña de manto mediante fluidos acuosos puros conlleva un descenso de fO_2 y variaciones composicionales importantes de las distintas asociaciones minerales. El hecho de que el protolito estuviese previamente oxidado y de que haya variaciones en las condiciones de presión, sugiere que estas peridotitas han experimentado una compleja historia tanto previa como durante la hidratación a alta presión (>1GPa) relacionada con la evolución geodinámica de la subducción de la placa de Farallon antes de ser exhumadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Françoise Boudier la cesión de las muestras estudiadas, muestreadas originalmente por Adolphe Nicolas en 1977 en el marco de la International Kimberlite Conference en EEUU. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto RUSTED PID2022-136471N-B-C21 & C22 financiado por MICIN/AEI/10.13039/501100011033. Este trabajo se enmarca dentro del contrato predoctoral de MRF (FPU20/01037) financiado por el MICINU y el Fondo Social Europeo+.

REFERENCIAS

- Connolly, J. A. D. (2009). The geodynamic equation of state: What and how. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10(10), 2009GC002540.
- Kelley, K. A., & Cottrell, E. (2009). Water and the Oxidation State of Subduction Zone Magmas. *Science*, 325(5940), 605-607.