

Petrogénesis de enclaves ultramáficos del manto subcontinental del volcán La Breña (campo volcánico de Durango, México)

Juan José Rovira Medina (1*), Jose María González-Jiménez (1), Fernando Gervilla Linares (1), Vanessa Colás (2), María Guadalupe Dávalos-Elizondo (3), Jorge Aranda (3)

(1) Departamento de Mineralogía y Petrología, Universidad de Granada, Fuentenueva s/n. 18002, Granada (España)

(2) Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México

(3) Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México

* corresponding author: juanjoseroviramedina@correo.ugr.es

Palabras Clave: xenolitos, ultramáficos, La Breña, Durango, El Jagüey, sulfuros, minerales del grupo del platino, oro. | **Key Words:** xenoliths, ultramafics, La Breña, Durango, El Jagüey, sulfides, platinum group minerals, gold.

INTRODUCCIÓN

Los xenolitos mantélicos son rocas ultramáficas que han quedado atrapadas en el seno de una litología ígnea y que logan alcanzar la superficie a través de un proceso volcánico. El análisis de estos xenolitos nos da una información muy valiosa sobre la naturaleza del manto litosférico subcontinental y los fundidos y/o fluidos que existen en el mismo. Un aspecto relativamente poco estudiado en este tipo de rocas mantélicas es el origen de sulfuros de Fe-Ni-Cu y su posible relación con la concentración y transporte de metales nobles (e.g., O'Driscoll y González-Jiménez, 2016).

CONTEXTO GEOLÓGICO

Los xenolitos estudiados, proceden de las lavas y piroclastos asociados al volcán La Breña, en el campo volcánico de Durango (México). Este volcán se encuentra muy próximo a la ciudad de Durango y forma parte de un conjunto de volcanes basálticos de edad plio-cuaternaria (McDowell & Keizer, 1977).

El volcán se localiza en el margen oriental de la Sierra Madre Occidental y consta de al menos tres cráteres que actualmente forman, junto con el volcán Jagüey, un complejo de maares muy jóvenes que intersectan entre sí. La formación del volcán La Breña se ha interpretado como el resultado del colapso de un cono cinerítico, producido por la retirada del magma hacia zonas más profundas de la cámara magmática subyacente, durante la formación de maar contiguo, El Jagüey (Aranda-Gómez, 1991). Si bien, la formación de ambos volcanes se puede explicar a través de una evolución singenética, que acabó con la fusión de ambos tras un periodo de explosiones freatomagmáticas (Aranda-Gómez, 1991)

PETROGRAFÍA DE LOS XENOLITOS

En conjunto, los xenolitos estudiados están compuestos por un 51% de olivino y 46% de piroxeno (27% de clinopiroxeno y 19% de ortopiroxeno). El 3% restante incluye sulfuros y espinelas accesorias. En las muestras estudiadas no se han identificado minerales hidratados como micas o anfíboles, los cuales suelen presentarse en rocas ultramáficas del manto que han sufrido metasomatismo modal.

Los xenolitos estudiados (5- 20 cm de diámetro) son lherzolitas con textura protogranular, caracterizada por granos de olivino y enstatita de aproximadamente 4 mm de diámetro, con límites curvilíneos y comúnmente con *kink bands*. Los cristales de diópsida y espinela son más pequeños (1mm) y se asocian comúnmente con el ortopiroxeno. En algunas partes de la roca la presencia de puntos triples es común y se encuentran también numerosas fracturas y venillas intergranulares rellenas de vidrio máfico, formado por fusión parcial durante el transporte a la superficie y/o por infiltración del magma transportador.

MINERALOGÍA DE LOS SULFUROS

La asociación mineral está constituida por granos de monosulfuros de Ni-Fe (solución sólida monosulfurada o MSS por su siglas en inglés) y pentlandita, ocasionalmente reemplazados por óxidos de hierro y, además, inclusiones (sub)micrométricas minerales del grupo del platino y oro, incluidos en ellos. La mayoría de los sulfuros (de tamaño menor a 50 μm) son anhedrales con predominio de formas redondeadas o de gota. Los sulfuros se encuentra bien incluidos en olivino o en posición intergranular (entre cristales de olivino, piroxenos y/o espinelas.) o en la red de venillas de vidrios metasomático que corta a los xenolitos

(normalmente con tamaños mayores a 100 μm ; *Figura 1, A*).

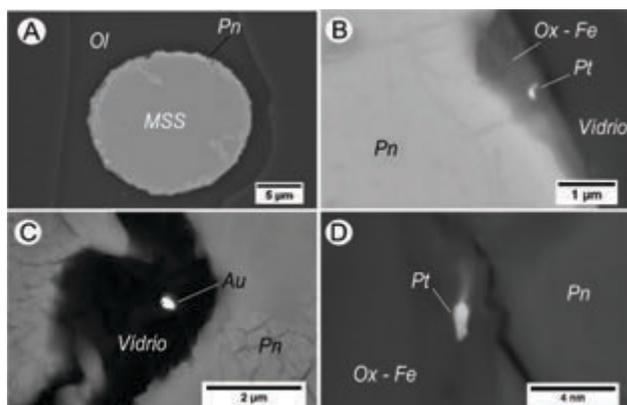


Fig 1: Microfotografía de SEM de los sulfuros y de los metales nobles (MGP y Au) presente en ellos.

En conjunto los granos de MSS ($(\text{Fe,Ni})_{1-x}\text{S}$) analizados con microsonda de electrones muestran concentraciones de azufre entre el 36,79% y 39,04% en peso; entre el 24,51% y 50,94% en peso de hierro; y entre 9,45% y 37,14% en peso de níquel. Todas ellas presentan concentraciones de cobre y cobalto inferiores al 0,60% y 0,40% en peso, respectivamente.

Los granos de pentlandita analizados (Pn; $(\text{Fe,Ni})_9\text{S}_8$) tienen una estrecha variación de la concentración en azufre, que varía entre el 33,18% y el 34,34% en peso; entre el 34,0% y el 38,05% en peso de hierro; y de entre el 24,11% y el 35,58% en peso de níquel. Presentan contenidos de cobre y cobalto inferiores al 0,4% y 0,05% en peso, respectivamente.

Los minerales del grupo del platino (MGP) localizados son granos de tamaño inferior a 0,5 μm , y aunque algunos de ellos presentan hábitos xenomorfo, la mayoría se muestran morfologías idiomorfas. Estos MGP se localizan incluidos en cristales de pentlandita, y en óxidos de hierro productos de su alteración. Se encontraron, además, dos granos de oro con tamaños inferiores a 0,3 μm . Ambos granos de oro se localizan incluidos en vidrio intersticial (*Figura 1, B-D*)

DISCUSIÓN

Los xenolitos son lherzolitas equilibradas en las facies de espinela y son representativas del manto que subyace a la corteza debajo de la Mesa Central de México.

Los sulfuros identificados en estos xenolitos forman granos aislados de MSS o bifásicos de MSS-Pn. El origen de estos sulfuros se asocia a la solidificación de líquidos sulfurados inmiscibles. En el caso de los sulfuros incluidos en olivino, su origen puede relacionarse con la segregación (y posterior atrapamiento) de líquidos sulfurados residualmente enriquecidos en Ni y Fe que habrían sido producidos por la fusión parcial previa de sulfuros de Ni-Fe-Cu. Por el contrario, los sulfuros que ocupan posiciones intergranulares entre los silicatos

formadores de los xenolitos o en el vidrio intersticial representarían volúmenes de fundido sulfurado inmiscible originados como consecuencia de la cristalización fraccionada de pequeñas fracciones de fundido silicatado (portador de S) que migraron a través del manto subcontinental. Los contenidos relativos de Ni/Fe en los granos de MSS sugieren que éstos se equilibraron a unas temperaturas próximas a 1000°C. En cambio, la presencia de pentlandita en las zonas exteriores de las inclusiones de MSS-Pn parece sugerir un proceso de exsolución a temperaturas inferiores a 610 °C (Kullerud et al., 1969). Sin embargo, la presencia de granos de pentlandita aislados en algunas de las venillas de vidrio parece sugerir la posible formación de pentlandita a temperaturas mayores ($\sim 800^\circ\text{C}$) como producto de la reacción peritectica de la MSS y un líquido(s) sulfurado rico en Ni y Fe (Mansur et al., 2019). Esto podría explicar la coexistencia de granos aislados de MSS y de Pn en los vidrios. Dicho escenario podría alcanzarse considerando que las venillas de vidrio corresponde a antiguos canalillos de percolación de fundidos, en los cuales el ambiente dinámico generado podría dar lugar a la interacción y separación de sólidos y líquidos sulfurados (Holzeid, 2010).

La presencia de oro y MGP, evidencian que los líquidos sulfurados originados en el manto que subyace a la corteza continental mexicana han sido muy efectivos para concentrar metales nobles. La observación que estos xenolitos ricos en minerales de metales nobles subyace a una corteza continental rica en yacimientos epitermales de oro. Esto sugiere una posible conexión entre los fundidos originados en el manto y la formación de yacimientos corticales, una relación que ha sido, por otra parte, ya observada en otros contextos similares, tales como en el Macizo del Desado en la Patagonia Argentina (Tassara et al., 2017).

REFERENCIAS

- Aranda-Gómez, J., Luhr, J.F., Pier, G. (1991). The La Breña – El Jagüey Maar Complex, Durango, México: I. Geological Evolution.
- Holzeid, A., 2010. Separation of sulfide melt droplets in sulfur saturated silicate liquids. *Chem. Geol.*, 274, 127–135.
- McDowell, F.W. y Keizer, R.P. (1977). Timing of mid-Tertiary volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango City and Mazatlan, Mexico.
- Mansur, ET, Barnes S-J, Duran C (2019) Textural and compositional evidence for the formation of pentlandite via peritectic reaction: Implications for the distribution of highly siderophile elements. *Geology* <https://doi.org/10.1130/G45779.1>
- Kullerud, G., Yund, R.A., & Moh, G.H. (1969). Phase relations in the Cu-Fe-S, Cu-Ni-S, and Fe-Ni-S systems.
- O'Driscoll, B., González-Jiménez, J.M., Petrogenesis of the Platinum-group minerals. *Rev. Mineral. Geochem.*, 81, 489-578.