

El Papel de las Anhidritas en la Generación de los Cristales Gigantes de Naica

/ ÀNGELS CANALS (1*), ALEXANDER VAN-DRIESSCHE (2), ROBERTO-CARLOS REYES (3), JUAN-MANUEL GARCIA-RUIZ (2)

(1) Dpt. Cristalografía, Mineralogía i Dipòsits Minerals. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Barcelona (España)

(2) Laboratorio de Estudios Cristalograficos, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC-Universidad de Granada, Granada (España)

(3) Compañía Peñoles, Unidad Naica, Naica, Chihuahua (Mexico)

INTRODUCCIÓN

Los cristales de yeso de la Cueva de los Cristales en la mina de Naica (Chihuahua) son espectaculares tanto por su tamaño, llegando a los 11 m de largo y 1 de ancho, como por su belleza. Sin embargo, siendo los cristales de yeso más grandes encontrados, no son los únicos de tamaño métrico conocidos (García-Ruiz et al., 2008). ¿Qué hace entonces de Naica un lugar insólito? ¿Por qué se da esa concentración de cavidades con cristales gigantes en Naica?

El crecimiento de los cristales gigantes de yeso de la mina de Naica responde a un proceso de disolución de anhidrita y precipitación de yeso en condiciones de casi equilibrio alrededor de 58 °C, temperatura en la que se igualan las solubilidades de ambos minerales (Fig. 1) para pH por encima de 5. Tanto los datos de las inclusiones fluidas como los isótopos estables y la composición del agua actual en la mina, corroboran dicha hipótesis (García-Ruiz et al., 2007). Además en estas condiciones de casi equilibrio se propiciaría una muy baja nucleación que, junto al constante aporte de solutos de la solución, favorecería el crecimiento de los cristales a velocidades muy lentas. Velocidades de crecimiento de $1,4 \pm 0,2 \times 10^{-5}$ nm/s han sido medidas recientemente por Van Driessche et al., (2011), para cristales de yeso crecidos con el agua actual de Naica.

En el trabajo de 2007, García-Ruiz y colaboradores apuntaban a la anhidrita hidrotermal (hipogénica), producida en el último estadio de la mineralización metálica de Naica, como la fase que se disolvería aportando el sulfato y el calcio de manera constante en el agua. Sin embargo recientemente se ha indicado que también aparece en la mina, intercalado entre los materiales de la

serie del Cretácico Inferior, un potente paquete (300 m) de materiales carbonatados con intercalaciones de anhidrita. Dada su localización en la mina, coincidente con los niveles donde aparecen las cavidades de los cristales (Cueva de los Cristales, Ojo de la Reina y Las Velas), se propone dilucidar si es posible distinguir geoquímicamente entre los dos tipos de anhidritas así como conocer cual ha sido la contribución de cada tipo en la génesis de los cristales gigantes de yeso.

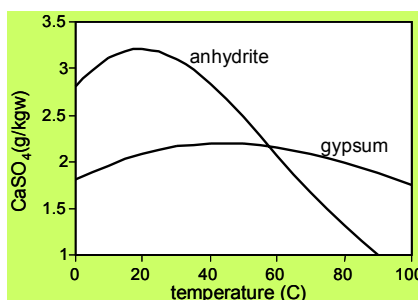


fig. 1 Variación de la solubilidad de la anhidrita y del yeso.

CONTEXTO GEOLOGICO

La mineralización de Naica, junto con un gran número de depósitos minerales de diversas tipologías, forma parte de la mayor provincia metalogénica de plata del mundo que se sitúa siguiendo un cinturón magmático que atraviesa México en dirección NW-SE (Camprubí, 2009). La mina se localiza en la Sierra Madre Occidental, en el flanco noroeste de una estructura dómica de 12 km de largo por 7 km de ancho orientada en dirección NW-SE, formada mayoritariamente por rocas sedimentarias del Cretácico Inferior (Albiense), que recibe el nombre de Sierra de Naica. Estos materiales de origen sedimentario, son atravesados por un conjunto de sills y diques de textura afanítica y composición félsica de edad Oligoceno, muy probablemente

relacionados con el cuerpo ígneo situado a más de 1100 m de profundidad.

En la mina de Naica se explota una mineralización metálica tipo skarn, si bien también ha sido clasificada como del tipo reemplazamientos en carbonatos (CRD) (Megaw et al., 1988), formada por al menos 10 mantos y 40 chimeneas que se desarrollan en un volumen de roca aproximado de 36×10^8 m³ (2000 m x 1800 m x 1000 m). La producción desde 1951, es de aproximadamente 40 Mt de mineral, y las reservas actuales, con leyes de 91 ppm Ag, 2,21% Pb, 4,63% Zn y 0,11% Cu, son de 11,31 Mt.

CARACTERIZACIÓN DE LA ANHIDRITA

En la secuencia paragenética de la mineralización de Naica, Stone (1959) situó como última fase hidrotermal, tanto en las mineralizaciones tipo manto como en las chimeneas, el mineral anhidrita, puntualizando que la abundancia de este mineral era menor en las chimeneas ricas en sulfuros, más escasas a partir de los 430 m de profundidad. Megaw et al., (1988) también señalaron la presencia de este mineral, junto con carbonatos, cuarzo, fluorita y barita, como minerales ganga en las mineralizaciones tipo CRD en la zona norte de México. En el caso de Naica, la anhidrita hipogénica se presenta en cristales euhedrales individuales o bien de agregados en abanico, de coloración azul y tamaños que pueden llegar a los 20 cm de largo. En alguna ocasión los cristales individuales están recubiertos por una película milimétrica de sulfuros

Tal y como se ha indicado, existen en la mina otro tipo de anhidritas pertenecientes a la serie sedimentaria conocida como Fm. Aurora donde encajan las mineralizaciones. Estas

palabras clave: Anhidrita, Yeso, Naica, Isótopos

key words: Anhydrite, Gypsum, Naica, Isotopes.

anhidritas se pueden reconocer en el interior de la mina de manera discontinua, entre las profundidades 290 y 530m. Al microscopio presentan una textura en mosaico con tamaño de cristal variable desde algunas decenas a pocas centenas de micras. En la mayoría de los casos se encuentran conjuntamente con carbonatos parcialmente dolomitizados. En las inmediaciones de la Cueva de los Cristales, la anhidrita esta siendo reemplazada por yeso, presentando este último una textura del tipo poiquilotópico.

Geoquímica Isotópica

Con el propósito de caracterizar isotópicamente los dos tipos de anhidrita, se han considerado los resultados de García-Ruiz et al., (2007), en los que 6 datos corresponden a anhidritas hipogénicas y 2 a anhidritas de la Fm. Aurora. En este trabajo se presentan nuevos análisis de anhidrita procedentes de distintas profundidades de la la Fm. Aurora; 6 muestras fueron tomadas en el interior de la mina y 1 en un sondeo exterior. En este sondeo también se ha analizado el yeso asociado. Además se han analizado 4 relaciones de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, medidas en cada tipo de anhidrita, en el carbonato de al Fm Aurora y de un cristal de yeso de la Cueva de los Cristales. El valor medio de $\delta^{34}\text{S}$ en la anhidrita de la Fm. Aurora es de 16,2‰ ($\sigma=0,6$) y el de la $\delta^{18}\text{O}$ de 15,4‰ ($\sigma=1,6$). Los análisis de las 6 anhidritas hipogénicas (García-Ruiz et al., 2007) dan valores medios de 14,1‰ ($\sigma=0,7$) y 15,3‰ ($\sigma=0,6$) para $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{18}\text{O}$ respectivamente. Así los dos tipos de anhidritas son diferentes respecto la $\delta^{34}\text{S}$ pero son indistinguibles en $\delta^{18}\text{O}$ (Fig. 2). Las relaciones $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de los dos tipos de anhidritas son muy similares, siendo el valor de la anhidrita hipogénica 0,70733 y el de la Fm Aurora 0,70735.

Tanto el valor de la $\delta^{34}\text{S}$ como de la $\delta^{18}\text{O}$ de la anhidrita de la Fm. Aurora es compatible con el valor del sulfato del agua del mar durante el Albiense, si bien debe tenerse en cuenta que en ese periodo la $\delta^{34}\text{S}$ del sulfato marino tuvo grandes fluctuaciones (Paytan et al., 2004), y que la variación de la curva del agua del mar con los tiempos geológicos ha sido mucho menor para $\delta^{18}\text{O}$ del sulfato y en su construcción se han utilizado mucho menos datos que para la del $\delta^{34}\text{S}$ (Claypool et al., 1980).

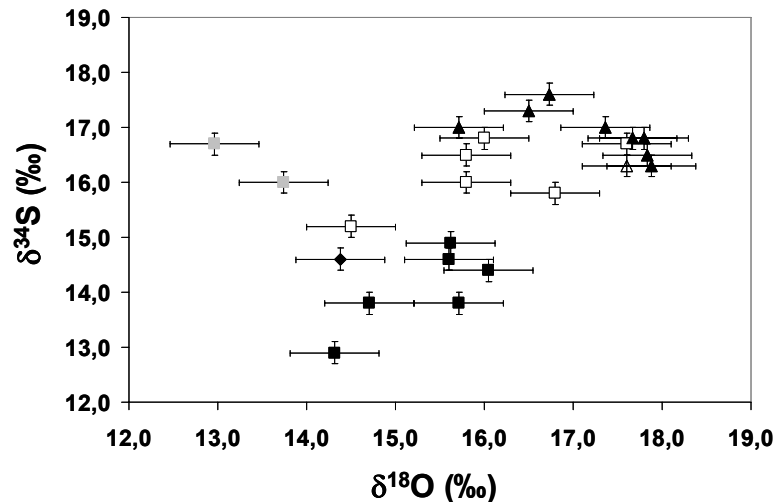


fig 2. Composición isotópica de los sulfatos de Naica. Triángulos: yeso; cuadrados: anhidrita; rombo: agua. Los símbolos huecos corresponden a los resultados de este trabajo.

Además debe señalarse que el valor de $\delta^{18}\text{O}$ de las muestras analizadas varía en más de 4 ‰, y dicha variación no presenta ninguna tendencia con la posición en la serie.

El valor de la $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{18}\text{O}$ del sulfato del agua actual en Naica es de 14,6‰ y 14,4‰ respectivamente (García-Ruiz et al., 2007) (Fig. 2). Si se acepta que la disolución de los sulfatos -en nuestro caso anhidrita- se produce sin efectos isotópicos medibles (Seal et al., 2000), se hace evidente que la disolución únicamente de la anhidrita de la Fm Aurora no puede explicar la composición del sulfato del agua. Si sería posible entenderlos si se involucrara también en su formación a la anhidrita hipogénica. Si los yesos de Naica se formaron a partir de esta agua, entonces el fraccionamiento entre solución y cristal es de 3,2‰ para el oxígeno y de 2,3‰ para el azufre. El fraccionamiento para el oxígeno no está lejos del 3,6‰ de Lloyd (1967), aunque si lo está del 1,6‰ medido por Thode and Monster (1965), para el azufre.

Dado que el fraccionamiento que se utiliza corresponde a condiciones muy restringidas de temperatura y salinidad, se ha iniciado un trabajo experimental que nos debe permitir evaluarlo mejor así como ayudar a la interpretación del singular sistema de Naica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado mediante el proyecto GCL2010- 16882 del Ministerio de Ciencia e Innovación.

REFERENCIAS

Camprubí, A. (2009): Major metallogenic provinces and epochs of Mexico. *SGA News* **25**, 1-21.

Claypool, G., Holser, W.T., Kaplan, I.R., Sakai H. & Zak, I. (1980): The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. *Chem. Geol.* **28**, 199-260.

García-Ruiz, J.M., Canals, A. & Ayora, C. (2008): Gypsum Megacrystals. *McGraw-Hill Yearbook of Science and Technology* 154-156.

García-Ruiz, J.M., Villasuso, R., Ayora, C., Canals, A. & Otálora, F. (2007): Formation of natural gypsum megacrystals in Naica, Mexico. *Geology*, **35**, 327-330.

Lloyd, R.M. (1967): Oxygen-18 composition of oceanic sulphate. *Science*, **156**, 1228-31.

Paytan, A., Kastner, M., Campbell, D. & Thiemens, M.H. (2002): Seawater sulfur isotope fluctuations in the Cretaceous. *Science*, **304**, 1663-1665.

Megaw, P.K.M., Ruiz, J. & Tittle, S.R. (1988): The high temperature carbonate hosted deposits Ag-Pb-Zn(Cu) of northern Mexico: *Econ. Geol.* **83**, 1856-1885.

Seal II, R.R., Alpers, C.N., & Rye, R.O. (2000): Stable isotope systematics of sulfate minerals. in "Sulfate Minerals: Crystallography, Geochemistry, and Environmental Significance" Alpers, C.N., Jambor, J.L. & Nordstrom, D.K. (eds.), *Rev. Mineral. Geochem.* **40**, 541-602.

Stone, J.G., (1959): Ore genesis in the Naica district, Chihuahua, Mexico. *Econ. Geol.* **54**, 1002-1034.

Thode, H.G. & Monster, J. (1965): Sulfur-isotope geochemistry of petroleum, evaporites, and ancient seas, in "Fluids in subsurface environments" A. Young, & J.E. Galley, eds., *AAPG.Mem.* **4**, 367-377.

Van Driessche, A.E.S., García-Ruiz, J.M., Tsukamoto, K., Patiño, L.D., Satoh, H. (2011): Ultra slow growth rates of giant gypsum crystals. *PNAS*, **108**, 15723-15728