



## PRESENCIA DE CELESTINA EN DEPOSITOS VETIFORMES PALEOGENOS, DE LA PRECORDILLERA DE COPIAPO, III REGION, CHILE

Díaz, A.<sup>1</sup>, Lledó, H.<sup>1</sup>, Espejo, C.<sup>1</sup>, Fonseca, E.<sup>1</sup>

### INTRODUCCION

50 km al sureste de la ciudad de Copiapó, se ubican depósitos epitermales de Ag, Au y Ag-Cu (1), localizados en el borde de la caldera Lomas Bayas. En dos de estos yacimientos, se ha reconocido la presencia de celestina ( $\text{SrSO}_4$ ), como parte constituyente de la ganga. El objetivo de este trabajo, es discutir su ocurrencia y definir las condiciones que permitieron la depositación de este mineral y su relación con la mineralización metálica.

### ANTECEDENTES

En el área de Lomas Bayas (Fig. 1) aflora una secuencia de rocas estratificadas del Cretácico Superior-Paleoceno, constituida por basaltos y traquibasaltos de piroxeno y olivino, con intercalaciones subordinadas de brechas, paraconglomerados y areniscas rojas (Lavas de Sierra La Dichosa, 2). Sobre éstas se disponen depósitos relacionados con el colapso de las calderas paleocenas Lomas Bayas (3) y El Durazno (4) (62-55 Ma). Asociado a las fases póstumas de las calderas, ocurren en el interior o bien adyacentes a éstas, pequeños domos, diques y enjambres de diques riolíticos (4). Intrusivos hipabisales eocenos de piroxeno y anfíbola ( $\pm$  biotita), de composición diorítica-monzodiorítica, afloran como 'stocks' ( $< 2 \text{ km}^2$ ) y pequeños apófisis en la periferia de las calderas paleocenas (Fig. 1).

Los yacimientos de Au, Ag y Ag-Au se ubican en el margen de la caldera Lomas Bayas. Están contenidos en el 'stock' (eoceno) La Presidenta y en las Lavas de Sierra La Dichosa (Fig. 1). Los depósitos contenidos en el 'stock' La Presidenta tienen en común la presencia de baritina, como mineral de ganga, y algunos de ellos presentan, además, cuarzo, calcita y, localmente, especularita, magnetita y óxidos de manganeso. Los ubicados en las Lavas de Sierra La Dichosa contienen celestina como mineral de ganga, además de cuarzo y calcita. Estos últimos corresponden a vetas de 3 m de potencia, hasta 300 m de corrida y profundidades observadas superiores a los 100 m. Presentan epidota, jarosita, calcita y celestina como minerales de alteración desarrollados irregularmente en torno a la veta. La mineralogía de mena está constituida por calcopirita, pirita y sulfosales de plata. El resultado de análisis químicos practicados a muestras obtenidas en las vetas contenidas en las Lavas de Sierra La Dichosa, indican valores de 189 ppm de Sr y 834 ppm de Ba, para la roca de caja, mientras que el análisis de las menas indica valores de 1280 ppm de Sr, 2760 ppm de Ba, además de 4 g/ton de Ag y 56 ppm de Sb. La determinación de celestina se realizó en una muestra de ganga, a través de difracción de Rayos X y análisis químico, lo que señaló una razón Sr : Ba de 3 : 1.

### DISCUSION

La celestina corresponde al principal mineral de mena de Sr. Este es un elemento magmatogénico que acompaña al calcio y el potasio, y constituye minerales junto con bario y calcio, elementos de propiedades químicas similares (5). El contenido promedio del Sr en la corteza es de 350 ppm, sólo las anortositas, rocas alcalinas (lamprófidos y kimberlitas) y carbonatitas poseen contenidos mayores a 1.000 ppm. Las series calcoalcalinas muestran un rango de concentración de Sr de 362 ppm en basaltos a 431 ppm en andesitas, seguidas de una declinación a 317 ppm en dacitas y 208 ppm en riódacitas y 115 ppm riolitas. El Sr en los depósitos hidrotermales reside principalmente en la baritina, minerales carbonatados y fluorita. La baritina de origen hidrotermal contiene a menudo más de un 1% de Sr (5).

Teóricamente existe una solución sólida completa entre  $\text{BaSO}_4$  y  $\text{SrSO}_4$  (6, 7, 8), sin embargo, la ocurrencia natural de  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  de composiciones intermedias es rara. Trabajos experimentales (7, 9, 10), muestran que durante la precipitación de  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  de una solución acuosa homogénea, el Ba es particionado, preferentemente, del Sr en la fase sulfato. La precipitación de  $(\text{Ba}, \text{Sr})\text{SO}_4$  por lo tanto tenderá a remover el Ba de la solución acuosa a una velocidad más rápida que la que remueve Sr. Si el reservorio de Ba y Sr en el líquido es finito, ambos, la fase acuosa y el sulfato coexistente, se enriquecerán

<sup>1</sup> Servicio Nacional de Geología y Minería, Avda. Santa María 0104, Providencia, Chile.

progresivamente en Sr, en relación al Ba, a medida que la precipitación ocurre. El sólido recién formado presenta un comportamiento inerte, es decir, durante la precipitación, el cristal no se reequilibra en respuesta

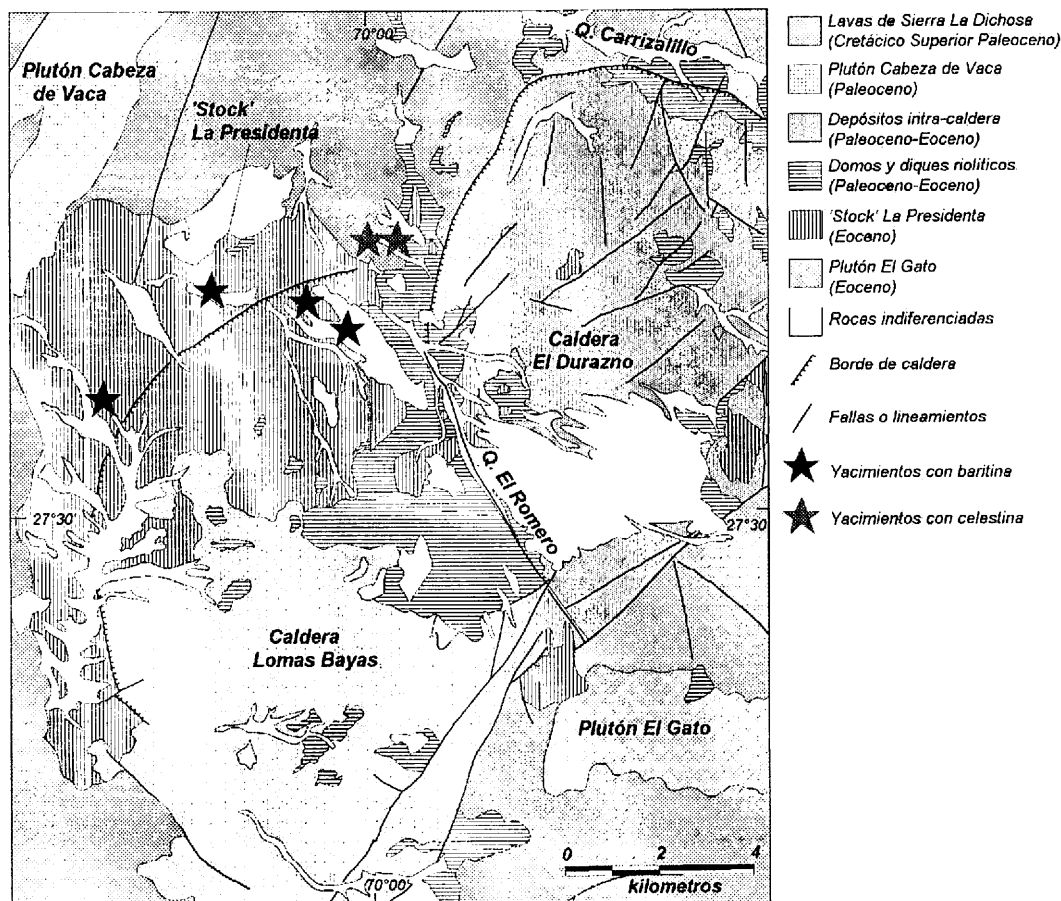


Fig. 1. Mapa de Ubicación

a los cambios en la composición del líquido, y un equilibrio químico se mantiene sólo entre el líquido y el último incremento de precipitado, más que entre el líquido y el total precipitado (11). A pesar de la solución sólida completa entre  $\text{BaSO}_4$  y  $\text{SrSO}_4$ , la precipitación inerte resulta en una separación geoquímica del Ba y Sr y produce una distribución bimodal en los productos cristalizados, aparentando una inmiscibilidad (11).

La presencia de Sr en la baritina es muy común, del orden de un 1% de Sr, sin embargo, la presencia de celestina en yacimientos vetiformes, es poco frecuente, especialmente en Chile. En el área de estudio no existen rocas ígneas o sedimentarias con contenidos elevados de Sr. Tampoco se han reportado contenidos anormales de Sr en otros yacimientos del área, por lo que es poco probable que la presencia de este mineral provenga de fluidos derivados de un magma enriquecido en Sr, o de fluidos enriquecidos, producto de la lixiviación de rocas con un contenido alto de este elemento.

Las consideraciones anteriores nos llevan a señalar que es probable que la celestina presente en los yacimientos ubicados en las rocas Lavas de Sierra La Dichosa, representen precipitados a partir de fluidos residuales (o tardíos) asociados al sistema hidrotermal responsable de la formación de los yacimientos vetiformes de Au, Ag y Ag-Au con ganga de baritina, al interior del "stock" La Presidenta. Lo anterior explicaría la presencia de celestina, sólo en una posición periférica al centro hidrotermal principal, del 'stock' La Presidenta.

## CONCLUSIONES

Durante el Eoceno y asociado a las fases hidrotermales, ligadas al emplazamiento del 'stock' La Presidenta, se habrían formado depósitos epitermales de Ag, Au y Ag-Cu, en el margen de la caldera Lomas

Bayas. En las cercanías a la fuente de fluidos hidrotermales, en las vetas contenidas en el 'stock' La Presidenta, se habría depositado baritina, mientras que alejados de dicha fuente hidrotermal, en las vetas alojadas en las Lavas de Sierra La Dichosa, se habría depositado celestina a partir de fluidos hidrotermales residuales enriquecidos en Sr.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los estudios que realiza SERNAGEOMIN, en el marco del proyecto Mapa Metalogénico de la Tercera Región. Queremos agradecer a Waldo Vivallo y Sergio Iriarte por las críticas y sugerencias hechas a este trabajo. Agradecemos, también, a los funcionarios del Laboratorio del SERNAGEOMIN, quienes colaboraron con los diferentes tipos de análisis.

Publicación auspiciada y patrocinada por la Subdirección de Geología, SERNAGEOMIN.

#### REFERENCIAS

1. Díaz, A.; Lledó, H.; Vivallo, W. 1998. Yacimientos metalíferos de la Hoja Los Loros, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapa de Recursos Minerales de Chile, No. 2, 25 p., 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
2. Arévalo, C. 1994. Mapa Geológico de la Hoja Los Loros, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería(Chile), Documentos de Trabajo, No. 6, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.
3. Rivera, O. 1992. El complejo volcánico-plutónico del paleoceno-eoceno del Cerro Durazno Alto: Las Calderas El Durazno Alto y Lomas Bayas, Región de Atacama, Chile. Memoria de Título (Inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 242 p.
4. Iriarte, S.; Arévalo, C.; Mpodozis, C. 1999. Mapa Geológico de la Hoja La Guardia, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería(Chile), Mapas Geológicos, No. 13, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.
5. Wedepohl, K. 1969. Handbook of geochemistry, Vol. II-4. Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg.
6. Grahman, W. 1920. Über Barytocölestin und der Verhältnis von Anhydrit der Cölestin und Baryt. Neues Jahrb. Mineral., 1, 1-23.
7. Starke, R. 1964. Die Strontiumgehalte der Baryt. Freiburger Forschungsh. C150.
8. Boström, K.; Frazer, J.; Blankenburg, J. 1967. Subsolidus stability relations and variations in the lattice constants in the system BaSO<sub>4</sub>-SrSO<sub>4</sub>-PbSO<sub>4</sub>. Arkiv Mineral. Geol. (In Press).
9. Gordon, L.; Reimer, C.; Burit, P. 1954. Distribution of strontium within barium sulfate precipitated from homogeneous solution. Anal. Chem., No. 26, p. 842-846.
10. Cohen, A.; Gordon, L. 1961. Co-precipitation in some binary sulphate systems. Talanta, No. 7, p. 195-211.
11. Hanor, J. 1968. Frequency distribution in the barite-celestite series. The American Mineralogist. Vol. 53, p 1215-1222.