

## EL VALOR CIENTIFICO DE UNA COLECCION MINERALOGICA EN LA RECONSTITUCION DE TRES ANTIGUOS DISTRITOS ARGENTIFEROS: ARQUEROS, ALGODONES Y RODAÍTO (NORTE DE CHILE)

J. Cucurella \*, I. Flores \* y J. Oyarzun \*

### RESUMEN

Arqueros, Algodones y Rodaíto son tres distritos argentíferos del norte de Chile que tuvieron gran importancia económica en el siglo XIX. Dado que fueron intensamente explotados en el siglo pasado, en la actualidad el principal testimonio mineralógico lo constituye la Colección Mineralógica Ignacio Domeyko del Museo Mineralógico de La Serena (Chile).

El estudio de esta colección, junto con la revisión de la geología distrital de estos yacimientos, permite establecer las siguientes conclusiones: 1) los tres distritos son mineralizaciones filonianas epitermales encajadas en rocas volcánicas y sedimentarias del Cretácico, y son asignables a los modelos de yacimientos argentíferos tipo «Comstock» o «Creede»; 2) las paragénesis estudiadas pueden asimilarse a la asociación Cu-Pb-Zn-Ag (e.g. Creede, Colorado, USA; Zacatecas, México); 3) la existencia de skutterudita y eritrina sugiere, sin embargo, un cierto carácter transicional respecto a otras asociaciones: Ag-Bi-Co-Ni-As (e.g. Cobalt, Ontario, Canadá) y Pb-Zn-Ag (Sb-As) (Coeur d'Alene, Idaho, USA; Freiberg, Alemania).

**Palabras clave:** *Colección mineralógica, Chile, plata y yacimientos epitermales.*

### ABSTRACT

Arqueros, Algodones and Rodaíto are silver districts from northern Chile that were of major economic importance during the XIX century. Since the deposits were extensively mined during the last century, at present, the main mineralogical record is kept at the «Colección Ignacio Domeyko», a major collection belonging to the Mineralogical Museum of La Serena (Chile).

The study of the collection together with a revision of the local geology of the districts led to the following conclusions: 1) the districts are formed by Comstock/Creede-type epithermal silver-base metals deposits, which are hosted by volcanic and sedimentary rocks of Cretaceous age; 2) the studied parageneses can be ascribed to the Cu-Pb-Zn-Ag association (e.g. Creede, Colorado, USA; Zacatecas, Mexico); 3) the presence of skutterudite and erythrite suggests, however, a transitional character towards other mineralogical associations: Ag-Bi-Co-Ni-As (e.g. Cobalt, Ontario, Canada) and Pb-Zn-Ag (Sb-As) (Coeur d'Alene, Idaho, USA).

**Key words:** *Mineralogical collection, Chile, silver, epithermal deposits.*

### Introducción

La minería de la plata en Chile tuvo su mayor auge durante el siglo XIX. Ella incluyó importantes yacimientos de la región de Coquimbo, tales como Arqueros, Algodones y Rodaíto (fig. 1).

En 1838 llegó a La Serena Ignacio Domeyko, mineralogista e ingeniero polaco, contratado como pro-

fesor de química y mineralogía del Liceo de Coquimbo. Domeyko realizó una importante labor de recolección y estudio de muestras de los distritos en explotación. Su colección personal, de 2.160 ejemplares se encuentra en el Museo Mineralógico que lleva su nombre y que pertenece actualmente a la Universidad de La Serena. Dado que la intensa explotación de los distritos mencionados prácticamente los agotó

\* Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad de La Serena, Casilla 554. La Serena, Chile.

a fines del siglo pasado o a principios del presente siglo, la Colección Domeyko tiene importante valor histórico y científico. Considerando que hoy se cuenta con medios de investigación no disponibles durante la vida de Domeyko, los autores del presente trabajo iniciaron su estudio sistemático en 1988, apoyados por un grant del Fondo Nacional de Investigación Científica y Tecnológica de Chile. En esta publicación se entregan las principales observaciones microscópicas (verificadas parcialmente con microsonda) recogidas en la primera etapa del estudio, se encuadran los yacimientos estudiados dentro del contexto del modelo epitermal y se presenta un intento de reconstrucción de los yacimientos en cuanto a su disposición original.

### Historia de los distritos

El distrito de Arqueros fue descubierto en 1825. Su producción hasta 1881 alcanzó a 555 tm de plata (Ruiz et al., 1965). Existen relatos sobre la notable riqueza en arquerita de este distrito, mineral que formaba grandes masas compactas cerca de la superficie. La importante producción de Arqueros llevó al Gobierno de Chile a instalar una Casa de Moneda en La Serena, para acuñar la plata obtenida. Rodaíto, descubierto poco después de Arqueros, se caracterizó también por su producción de amalgama de plata, aunque en este distrito la cerargirita (plata córnea) fue especialmente abundante. Alrededor de 1870 Rodaíto producía unos 1.000 kg de plata anuales, mientras Arqueros, ya en declinación, sólo entregaba unos 300 kg por año.

### Marco geológico

Los distritos argentíferos considerados están emplazados en rocas volcánicas y sedimentarias cretácicas (figs. 1 y 2). Estas se depositaron en una cuenca longitudinal N-S en la que persistieron condiciones marinas de tras-arco entre el Titoniano y el Albiano.

En la localidad de Arqueros, 35 km al NE de La Serena donde se encuentra el distrito argentífero del mismo nombre, las secuencias neocomianas tienen 600 m de potencia y están constituidas por andesitas y areniscas volcánicas con intercalaciones de calizas marinas (Aguirre y Egert, 1962, 1965).

Las secuencias estratificadas se encuentran intruidas por rocas plutónicas granodioríticas del Cretácico superior y por cuerpos hipabisales terciarios de similar composición.

Las formaciones cretácicas están afectadas por plegamientos suaves, que configuran pliegues sinclina-

les y anticlinales abiertos y extensos con ejes de dirección NNW y NNE.

### Geología de los distritos

La mineralización de los distritos considerados es filoniana y puede ser clasificada como epitermal de baja acidez (fig. 2). En términos de modelos de yacimientos (Cox y Singer, 1986) puede ser asimilada a la zona de bonanza de los depósitos tipo Creede, o bien al modelo tipo Comstock. El enriquecimiento supergénico ha sido extenso e intenso, favorecido por el desarrollo de un paisaje maduro durante el Terciario inferior, así como por la persistencia de condiciones climáticas semi-áridas (fig. 2). Este enriquecimiento fue decisivo para el desarrollo de la mineralización económica y no existen explotaciones de menas puramente hipógenas.

*Arqueros:* Los yacimientos del distrito se encuentran en una secuencia de andesitas porfíricas, tobas y calizas de la Formación Arqueros. Las vetas tienen rumbo NW y posición vertical. La mina Mercedes (que entregó mineral por valor de 20 millones de dólares de la época; Nordenskojld, 1926) presentó mineralización económica sólo hasta los 60 m de profundidad, donde la roca encajadora corresponde a andesita porfírica y tobas. En cambio, a mayor profundidad, en andesitas afaníticas verdes y calizas grises, se encontró escasa mineralización.

Los principales minerales de mena fueron la arquerita, argentita, plata nativa, polibasita, cerargirita y pirargirita-prouisita. El enriquecimiento secundario contribuyó significativamente al valor económico del distrito (Domeyko, 1903; Nordenskojld, 1926; Ruiz et al., 1965).

*Rodaíto:* Sus vetas tienen dirección N20°-25°E/65°SE y están emplazadas en brechas andesíticas. Sus principales minerales de mena fueron arquerita y cerargirita. La mineralización económica es totalmente secundaria y llega a unos 60 m de profundidad (Domeyko, 1903; Kunz, 1925; Nordenskojld, 1926; Ruiz et al., 1965).

*Algodones:* Las vetas tienen disposición N20°E/65°SE y N78°W/80° SW y las rocas de caja son calizas, areniscas y andesitas. La mineralización es secundaria e incluyó cloruro, yoduro y bromuro de plata (Domeyko, 1903; Nordenskojld, 1926; Ruiz et al., 1965).

### Descripciones mineralógicas

#### *Arqueros*

Se realizó el estudio de 65 muestras. Los minerales de plata presentes en ellas son: arquerita, sternbergita, polibasita, plata nativa, pirargirita, stromeyerita, cerargirita, bromirita y yodirita.

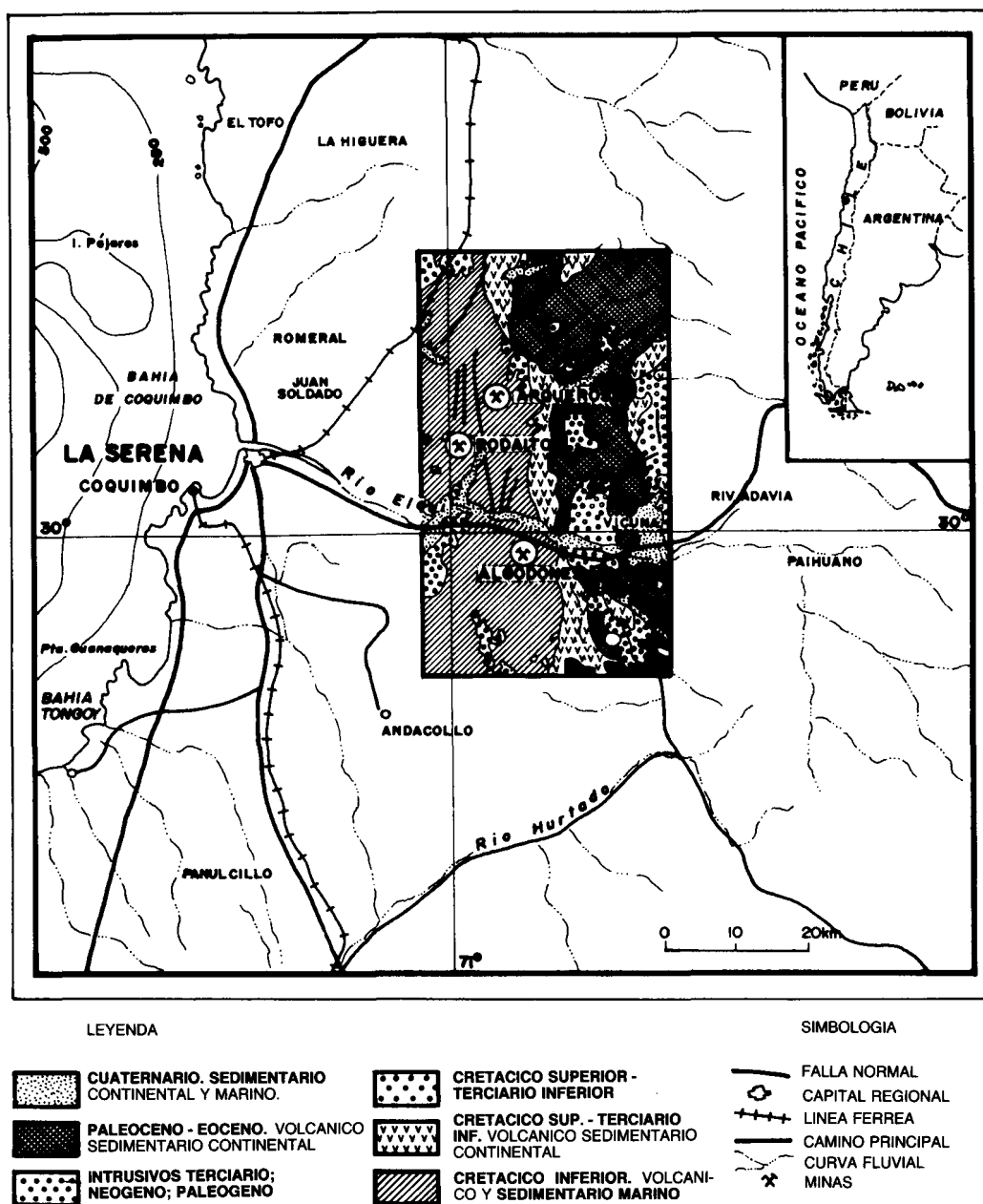


Fig. 1.—Mapa de ubicación y geología de los distritos de Arqueros, Rodaño y Algodones.

Arquerita: Fue el mineral de mena más abundante, se encuentra masiva, en granos aislados y diseminada fina dentro de la ganga preferentemente. Se la encuentra también incluida dentro de la pirargirita, en entrecrecimiento de subcorona con hematita y en guías. En algunas partes reemplaza a la polibasita y a la pirargirita. Está asociada a la argentita, polibasita, pirargirita, eritrina, stromeyerita y a la hematita. La ganga que la acompaña es baritina y calcita.

Argentita (acantita) (fig. 3): Es otro de los minerales de gran ocurrencia en el distrito y presenta dos aspectos texturales distintos. En algunas muestras se observa en granos corroídos y aisla-

dos dentro de la ganga, reemplazados en parte por plata nativa o arquerita, acompañados principalmente por pirargirita y asociados a halógenos de plata como cerargirita, yodirita y bromirita, con abundante hematita y limonita. Por otra parte, aparece en cristales con tendencias idiomorfas, asociados a polibasita, calcosina, covelina, magnetita, galena y esfalerita, dentro de una ganga de baritina y calcita, y ocasional rodocrosita y siderita. También se observa en entrecrecimiento simple con calcopirita y asociada a cinabrio.

Pirargirita (fig. 4): Se encuentra abundante en texturas muy variadas, desde gránulos idiomorfos, diseminada fina, esqueletifor-

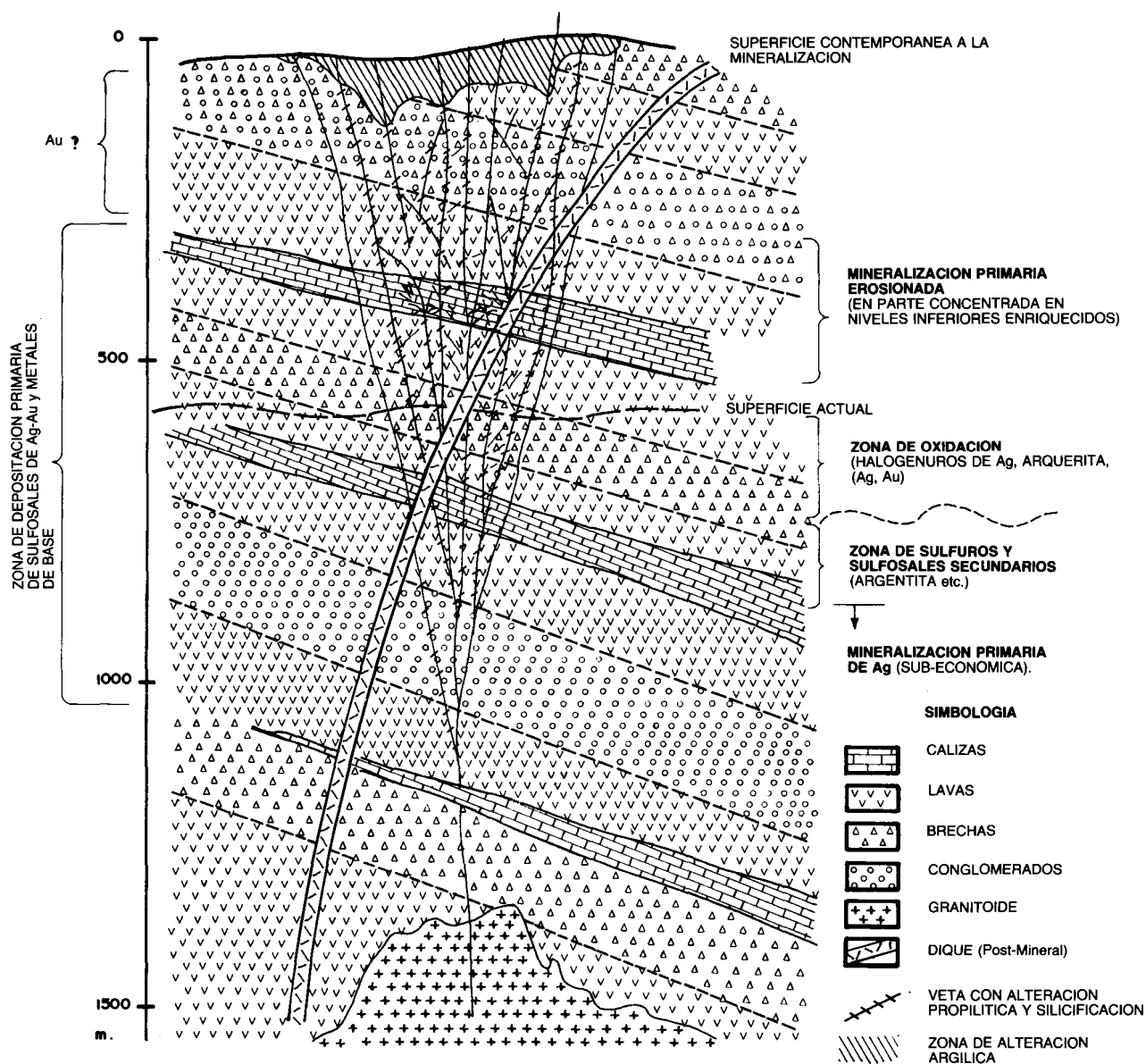


Fig. 2.—Reconstrucción vertical de los yacimientos argentíferos tipo Arqueros-Rodaíto-Algodones.

me, reticular, en vetillas, en exsolución con stromeyerita e intercrecida con plata nativa, calcopirita, bornita y proustita. Su asociación mineralógica es amplia: arquerita, plata nativa, covelina, polibasita, stromeyerita, skutterudita, oro, digenita, Cu nativo, cuprita, malaquita, chalcantita, brochantita y cerargirita. Es reemplazada por plata nativa, y los minerales de ganga que la acompañan son siderita, calcita, limonita y rodocrosita.

Polibasita (figs. 5 y 6): Se encuentra en menor cantidad que los minerales anteriores. Su textura es también distinta, apareciendo en texturas de reemplazo con plata nativa y en diseminaciones finas dentro de pirargirita y arquerita. Su asociación mineralógica es amplia e incluye arquerita, pirargirita, stromeyerita, plata nativa, argentita, bornita, covelina, hematita, sternbergita, calcosina, digenita, skutterudita, idaita, galena y eritrina. Minerales de ganga asociados son calcita, limonita, siderita y rodocrosita.

Plata nativa (figs. 3 y 5): Es también abundante. Su textura es variada, dendrítica, masiva, diseminada fina, en inclusiones, granular, en entrecrecimiento de subcorona con argentita y en vetillas, y como exsoluciones en polibasita. Se presenta asociada a argentita, calcosina, magnetita, stromeyerita, eritrina, oro, chalcantita, galena, esfalerita, pirargirita, covelina, malaquita, brochantita y cerargirita. Reemplaza principalmente a la argentita.

Sternbergita: Es escasa, se encuentra en entrecrecimiento simple con polibasita asociada a bornita, covelina, calcosina y plata nativa.

Stromeyerita: Se encuentra granular en entrecrecimiento de subcorona e incluida dentro de la pirargirita, asociada a arquerita, argentita, plata nativa, chalcantita, hematita, oro, polibasita, pirargirita, covelina, malaquita, bornita y calcosina.

Halogenuros: Los halogenuros de plata presentes en este distri-

to son la cerargirita, la bromirita y yodirita, y no están en gran abundancia. La cerargirita se encuentra en costras superficiales y cristalizada, asociada a plata nativa, argentita en cristales corroídos, hematita, pirargirita, arquerita, stromeyerita y magnetita. Como ganga le acompañan limonita, siderita, baritina y rodocrosita. La bromirita se presenta en pequeños cristales aislados asociada a Ag nativa, pirargirita, argentita, oro, magnetita, pirita, en una ganga de calcita. La yodirita es escasa, se la encuentra en vetillas y en costras superficiales. Se presenta asociada a arquerita, pirargirita, magnetita y hematita. Los minerales de ganga que la acompañan son principalmente siderita y limonita.

### Algodones

Se estudiaron seis muestras de este distrito. En ellas se observó la presencia de yodirita, cerargirita, plata nativa, pirargirita-proustita y algo de argentita (acantita).

**Yodirita (fig. 7):** La yodirita es abundante y se encuentra en costras superficiales y cristalizadas. Presenta inclusiones de plata nativa y está asociada a cerargirita, pirargirita, en una ganga de hematita, limonita, calcita y cuarzo.

**Cerargirita:** Se presenta en costras superficiales y está asociada a yodirita, plata nativa, pirargirita y oro, en una ganga de hematita, limonita, malaquita y calcita.

**Pirargirita:** Se encuentra en forma abundante, en vetillas, diseminada fina y en granos aislados. Su asociación mineralógica es amplia, con cerargirita, yodirita, argentita, plata nativa, oro, magnetita, malaquita, chalcantita, hematita, limonita y calcita.

**Plata nativa:** Se encuentra principalmente diseminada fina en la ganga y como inclusiones dentro de la argentita y en vetillas de reemplazo en la pirargirita-proustita. Se encuentra asociada con todos los minerales de plata presentes en el distrito y con oro, magnetita, hematita, limonita, calcita, calcosina, covelina, crisocola, malaquita y cuarzo.

**Argentita (acantita):** Es escasa y se encuentra en pequeños cristales diseminados en la ganga, asociada con plata nativa, calcosina, covelina, crisocola, malaquita, hematita, limonita y calcita.

### Rodaño

El estudio incluyó 15 muestras de este distrito, en las que se observó plata nativa, arquerita, pirargirita-proustita, argentita (acantita) y cerargirita.

**Plata nativa:** Es abundante y se encuentra asociada con todos los minerales de plata presentes en el distrito, salvo la arquerita. Su textura es variada, se la encuentra dendrítica, masiva, en gránulos, diseminada fina y en guías. Está además asociada con magnetita, covelina, bornita, calcopirita, oro, malaquita, limonita, hematita, calcita, cuarzo y baritina.

**Arquerita (fig. 8):** Se presenta masiva, dendrítica, diseminada fina y en gránulos aislados dentro de la ganga. Se la encuentra asociada a polibasita, pirargirita-proustita, argentita, magnetita, hematita, limonita y calcita.

**Argentita (acantita):** Es escasa, se la encuentra en pequeños granos diseminados en entrecrecimiento simple con plata nativa, en guías y en cristales lamelares. Está asociada a arquerita, plata nativa, polibasita, magnetita, pirargirita, cerargirita, malaquita, hematita, cuarzo, calcita y limonita.

**Pirargirita-proustita:** Es escasa, se la encuentra en pequeños cristales aislados en la ganga y en entrecrecimiento simple con plata nativa. Está asociada a arquerita, plata nativa, cerargirita, argentita, magnetita, covelina, calcosina y como ganga, calcita.

**Polibasita:** Se encuentra en pequeños cristales finamente diseminados, en entrecrecimiento simple con plata nativa, y asociada a arquerita, plata nativa, magnetita, argentita, en una ganga de hematita, limonita y calcita.

**Cerargirita:** Se presenta en costras superficiales. Está asociada principalmente a plata nativa masiva, en menor cantidad con pirargirita, argentita; se observa además oro, hematita, magnetita y calcita.

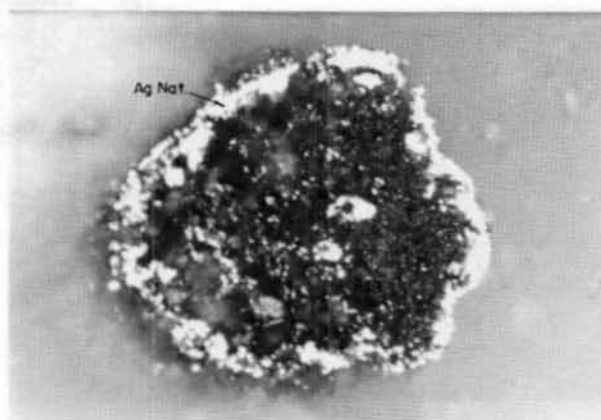


Fig. 3.—Argentita en cristal corroído reemplazada por plata nativa. x 320, nícoles paralelos. Arqueros, muestra 336.

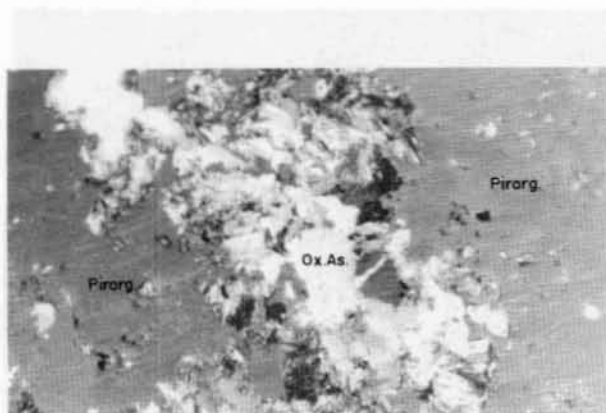


Fig. 4.—Pirargirita con inclusiones de óxido de arsénico. x 320, nícoles X. Arqueros, muestra 1375.

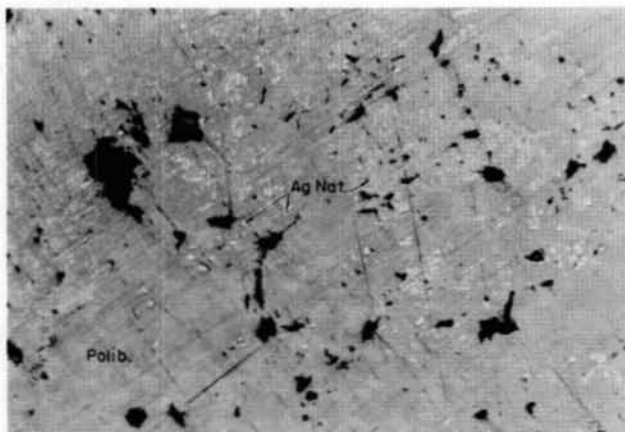


Fig. 5.—Polibasita con plata nativa en exsolución. x 320, nícoles paralelos. Arqueros, muestra 282.

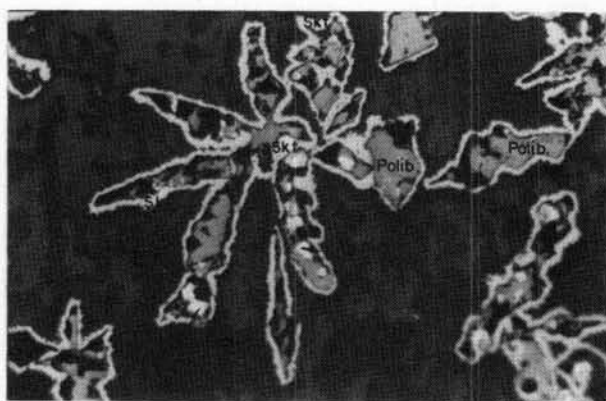


Fig. 6.—Polibasita rodeada por skutterudita. x 200, nícoles paralelos. Arqueros, muestra 327.

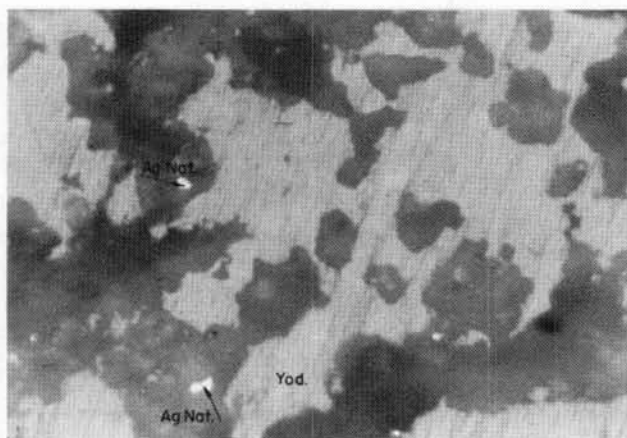


Fig. 7.—Yodirita con inclusiones de plata nativa. x 320, nícoles paralelos. Algodones, muestra 1325.

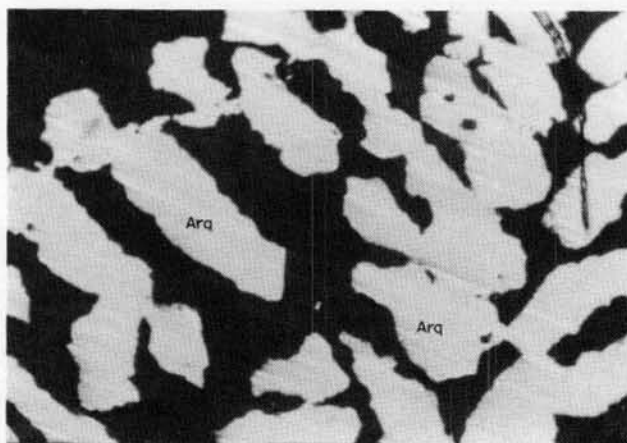


Fig. 8.—Arquerita dendrítica. x 100, nícoles paralelos. Rodaíto, muestra 1218.

Cabe destacar que en este distrito se encuentra en forma abundante la magnetita, la cual se presenta ya sea como granos aislados idiomorfos, maclada, diseminada fina, corroída y parcial o totalmente martitzada.

#### Discusión y conclusiones

Como es frecuente en distritos argentíferos que han sido afectados por intensos procesos supergénicos, es difícil distinguir entre minerales sulfurados primarios y secundarios. Por otra parte, es probable que la mayoría de los minerales sulfurados reconocidos tengan uno y otro origen, habiendo variado principalmente su proporción original. En todo caso, es probable que la pirargirita y la proustita sean mayormente hipógenas y que la argentita (acantita) sea de origen secundario. En cuanto a la arquerita, Boyle (1968) señala que rara vez la plata nativa contiene cantidades importantes de mercurio, sugiriendo un origen hipógeno para la amalgama de plata. Sin embargo, considerando las grandes masas—casi continuas—de arquerita presentes en el distrito de Arqueros, es difícil atribuirles un origen primario.

Es interesante el hecho de que el oro aparezca con frecuencia en las muestras estudiadas, pese a que no existe constancia de producción aurífera en ninguno de los distritos considerados en este estudio.

Los minerales argentíferos de la zona de oxidación (fig. 2), cerargirita, bromirita y yodirita son propios del ambiente de enriquecimiento supérgeno que experimentaron los distritos (clima árido a semi-árido y proximidad al mar). En consecuencia su presencia no implica problemas interpretativos.

En términos de asociaciones paragenéticas, los tres distritos considerados pueden asimilarse a la asociación Cu-Pb-Zn-Ag (Craig y Vaughan, 1981) a la que pertenecen Creede (Colorado, USA) y Zacatecas (México). Las fases minerales principales de esta asociación son pirita, esfalerita, galena, calcopirita y tetraedrita, y las fases menores, bornita, calcosina, enargita, oro, hematita, pirrotina, proustita-pirargirita y sulfosales de Pb, Bi y Sb. Su ganga incluye cuarzo, calcita, dolomita, baritina, etc.

Sin embargo, la existencia de skutterudita y eritrina en Arqueros, así como la frecuente presencia de magnetita en los tres distritos, sugieren cierto carácter transicional respecto a otras asociaciones, en particular a la de Ag-Bi-Co-Ni-As, en la cual se incluye el conocido distrito de Cobalt (Ontario, Canadá) y a la de Pb-Zn-Ag (Sb-As). Esta última, representada por Coeur d'Alene (Idaho, USA) y por Freiberg (Alemania), incluye como fases mayores galena, esfalerita, tetraedrita y calcopirita, y como fases menores, pirita, pirrotina, arsenopirita y magnetita, mientras la ganga está constituida por cuarzo siderita, dolomita y baritina.

Con el objeto de establecer posibles relaciones de «parentesco» respecto a yacimientos argentíferos clásicos, los distritos considerados serán comparados con los de Pachuca-Real del Monte (México), Cobalt (Ontario) y Torbrit (B.C., Canadá).

Pachuca-Real del Monte (Park y Mc Diarmid, 1981) es un distrito filoniano epitermal ubicado en rocas volcánicas terciarias que sobreyacen a sedimentos cretácicos. Su profundidad de depósito se estima entre 300 y 1.000 m y su razón Ag: Au en 200, con una producción de plata superior a 36.000 tm desde su descubrimiento en 1526. Su paragénesis primaria y secundaria comprende pirita, calcosina, galena, polibasita, acantita, calcopirita, covelina, calcosina-digenita, sternbergita, estefanita, goethita, plata nativa, óxidos de Mn, bornita y hematita, con una ganga de cuarzo, calcita, selenita, etc. Difiere de los yacimientos chilenos en la ausencia de pirargirita-proustita, así como de plata mercurial. Tampoco se mencionan en su paragénesis minerales de cobalto ni magnetita.

Cobalt (Boyle, 1968; Craig y Vaughan, 1981) incluye asociaciones minerales arseniacales en un marco geológico complejo. Ellas comprenden Ni-As, Ni-Co-As, Co-As, Co-Fe-As y Fe-As, siendo la de Co-As la más importante. La mineralización de Ag de alta ley está relacionada con esta asociación, así como con la de Ni-Co-As, apareciendo en las respectivas zonas de los filones. La plata nativa del distrito se considera al menos parcialmente hipógena y llega a formar grandes masas. Es rica en mercurio, rasgo que Boyle (1968) estima característico de este tipo de depósitos. Este hecho, así como la presencia de skutterudita y eritrina en Arqueros constituyen una relación significativa si bien no se han detectado minerales de Ni en este distrito y los de cobalto aparecen en una fase menor.

Mina Torbrit (Boyle, 1968). Este yacimiento filoniano se encuentra en una serie volcánico-sedimentaria jurásica, intruida por pórfidos feldespáticos y diques andesíticos. Su mineralización se depositó a unos 270°C y a una presión cercana a 300 atm. Su razón Ag: Au es superior a 100. La paragénesis de Torbrit incluye galena, tetraedrita, pirargirita, argentita y plata nativa, con cantidades variables de calcopirita, pirita, esfalerita, magnetita y hematita, y los principales minerales de ganga son cuarzo, baritina, jas-

pe, calcita y siderita. Todos los minerales reseñados en Torbrit están presentes en las muestras de yacimientos chilenos aquí descritos, incluyendo la magnetita. Sin embargo, algunos minerales sulfurados presentes en estos últimos no se mencionan en Torbrit.

En resumen, las paragénesis determinadas en las muestras de Arqueros, Algodones y Rodaíto permiten situar estos distritos en el marco de las asociaciones paragenéticas generales, así como establecer relaciones con distritos argentíferos de otras regiones del mundo. Sin embargo, pese a que existen importantes rasgos en común con las asociaciones y los distritos citados, los depósitos chilenos presentan algunos rasgos particulares. Ellos consisten principalmente en la notable abundancia de plata mercurial, así como en la presencia de arseniuros de cobalto y magnetita junto a minerales característicos de paragénesis de baja temperatura.

## Referencias

- Aguirre L. y Eggert, E. (1962). Las formaciones manganesíferas de la región de Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo. *Rev. Minerale*, 76: 25-37 págs.
- Aguirre, L. y Eggert, E. (1965). Cuadrángulo Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo. *Inst. Invest. Geol. (Santiago)*. Carta Geológica de Chile, 15, 92 págs.
- Boyle, R. W. (1968). The geochemistry of silver and its deposits. *Bull. Geol. Surv. Canada*, 160, 264 págs.
- Cox, D. P. y Singer, D. A. (1986). *Mineral deposit models*. U.S. Geological Survey Bull. 1693, 379 págs.
- Craig, J. R. y Vaughan, D. J. (1981). *Ore Microscopy*. John Wiley & Sons, N. Y., 406 págs.
- Domeyko, I. (1903). *Jeología*. Tomo V, imprenta Cervantes, Santiago, 453 págs.
- Kunz, J. (1925). *Monografía minera de la provincia de Coquimbo*. Publ. Cuerpo de Ingenieros de Minas, Santiago, Foll. n.º 13, 112 págs.
- Nordenskojld, O. (1926). Yacimientos minerales en el Desierto de Atacama. *Bol. Minero Soc. Nac. Minería, Santiago*, 38: 932-938, 1036-1043, 1148-1154 págs.
- Park, C. F. y Mc Diarmid, R. A. (1981). *Yacimientos Minerales*. Omega, Barcelona, 512 págs.
- Ruiz, C.: Aguirre, L.; Corvalán, J.; Klohn, C.; Klohn, E. y Levi, B. (1965). *Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile*. IIG, Santiago, Chile, 305 págs.

Recibido el 8 de mayo de 1991  
Aceptado el 21 de junio de 1991