

PROSPECTO MANANTIAL ESPEJO, SANTA CRUZ

Isidoro Schalamuk¹, Horacio Echeveste², Ricardo Etcheverry¹ y
Silvia Ametrano³

INTRODUCCIÓN

El Macizo del Deseado es una de las zonas de nuestro país en la que se ha desarrollado, en los últimos años, una intensa actividad minera a raíz del descubrimiento de amplios campos filonianos, integrados fundamentalmente por cuarzo auroargentífero y en menor proporción sulfuros de metales de base. Estos depósitos de tipo epitermal se han generado como rellenos multiepisódicos de fracturas tensionales en volcanitas jurásicas. Manantial Espejo es un importante prospecto, que puede calificarse por sus reservas y contenidos como un futuro yacimiento de Au-Ag.

UBICACIÓN

El sector mineralizado de Manantial Espejo se localiza a unos 10 km al norte de la estancia homónima, departamento Magallanes, a unos 100 km al sudoeste del yacimiento Cerro Vanguardia y a unos 50 km al este-noreste de la población de Gobernador Gregores, entre los 69°24' y 69°45' de longitud oeste y los 48°45' y 48°49' de latitud sur, en el límite sur del Macizo del Deseado.

LEYES Y RESERVAS

De acuerdo a Dubé (1997) las reservas y recursos estimados, en todas las categorías, ascienden a 7.900 millones de toneladas con leyes de 191 g/t de Ag y 2,87 g/t de Au y

una relación de Au:Ag de 1:55. Las reservas y recursos estimados indican entonces la probable existencia de 88,6 millones de onzas equivalentes de Ag en las vetas María, Concepción, Candelaria y Korina-Unión. La veta María es la estructura mineralizada más importante, registra más de 1.000 m de longitud, con 17 m de espesor máximo y una profundidad comprobada superior a 200 metros.

En la veta María, según Dubé (1997), los segmentos de 130° muestran un bandeo con texturas coloformes y altos contenidos en oro; las secciones de 110-115° registran mayormente cuarzo masivo y escasas texturas coloformes, con contenidos mayores de plata respecto a oro en relación al segmento 130° y mayores valores en arsénico. Se reconocen varios clavos ricos en Au-Ag, con posiciones preferentemente verticales, vinculados a procesos de cizallamiento. Se señala que la veta María presenta una relación Ag/Au ³ 40/1, por lo que se puede considerar como un depósito de plata-oro.

HISTORIA DEL DISTRITO

Trabajos de investigación geológico-mineros, realizados a partir de la década del '80, por el Plan Patagonia Comahue (Secretaría de Minería de la Nación), y posteriormente por empresas mineras y el Instituto de Recursos Minerales (INREMI), entre otros, han contribuido a un mejor conocimiento geológico-metalogénico de la región y al descubrimiento de importantes prospectos y/o depósitos auroargentíferos. El descubrimiento (Genini, 1988) y la posterior exploración y puesta en explotación del yacimiento Cerro Vanguardia representan el ejemplo más auspicioso de un numeroso conjunto de áreas mineralizadas con metales preciosos, asociados a un evento geológico de gran importancia y extensión, representado por el volcanismo jurásico (Formaciones Bajo Pobre, Chon Aike y La Matilde). Ade-

¹ CONICET. Universidad Nacional de La Plata.

² Universidad Nacional de La Plata, CICBA.

³ Universidad Nacional de La Plata.

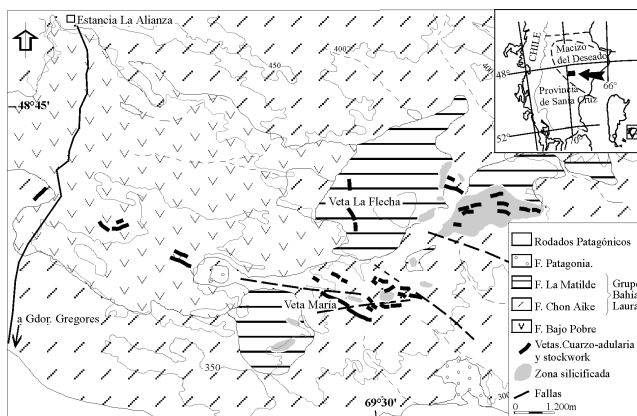


Figura 1. Mapa geológico del distrito Manantial Espejo.

más de Cerro Vanguardia, yacimiento en explotación por la empresa Cerro Vanguardia S.A., se deben citar, como importantes, otros depósitos y prospectos auroargentíferos, tales como Manantial Espejo, La Josefina, El Dorado, La Manchuria y otros, que se encuentran en diferentes etapas de exploración.

DESCUBRIMIENTO Y TAREAS DE EXPLORACIÓN

El depósito Manantial Espejo fue inicialmente explorado por la empresa Saint Joe entre los años 1988-1990 y luego por Lac Minerals entre 1991-1994. Posteriormente Barrick Gold Corporation desarrolló una amplia exploración con ejecuciones de trincheras y perforaciones atestigadas y de aire reverso. A partir de 1997, pasó a manos de Triton Mining Corporation que realizó una evaluación de factibilidad económica y recientemente, a finales de 1998, se hizo cargo del emprendimiento la firma Silver Standard Resources. Esta empresa, sobre la base de la exploración realizada, que contabiliza más de 16.000 m de perforaciones, estimó las reservas y recursos citados precedentemente.

GEOLOGÍA REGIONAL

El Macizo del Deseado o Nesocratón del Deseado (Harrington, 1962, De Giusto *et al.*, 1980) cubre gran parte de la provincia de Santa Cruz. Las características más salientes de esta región morfoestructural son su persistencia como área subpositiva y estable y una composición litológica dominada por un episodio piroclástico-efusivo del Jurásico medio-superior, que produjo un extenso *plateau* ignimbítico.

A partir del Jurásico medio se desarrolla el acontecimiento geológico más importante al sur del río Deseado, que tendría su comienzo con basandesitas, andesitas y aglomerados volcánicos que representan la Formación Bajo Pobre (Lesta y Ferello, 1972), continuando con un intenso episodio efusivo-piroclástico de tipo ácido; estas rocas vol-

cánicas constituyen el Grupo Bahía Laura (Stipanovic y Reig, 1957). El grupo está compuesto por dos formaciones que se interdigitan, una integrada mayoritariamente por ignimbritas, lavas riolíticas subordinadas y escasas tobas ácidas, Formación Chon Aike (Stipanovic y Reig, 1957, Archangelsky, 1967) y otra, eminentemente tobácea, Formación La Matilde (Archangelsky, 1967).

El régimen traccional responsable de la efusión de las rocas del Grupo Bahía Laura culminó con la apertura del océano Atlántico (Uliana *et al.*, 1985), y produjo, durante el Cretácico, la evolución de pequeñas cuencas cerradas en las que se depositaron los sedimentos de origen continental que apoyan en clara discordancia erosiva sobre el Grupo Bahía Laura (Hechem y Homoc, 1985).

Durante todo el Terciario y hasta el Holoceno tuvo lugar, en forma intermitente, la efusión de basaltos, intercalados con sedimentos marinos y continentales.

La vinculación temporal y genética de algunos distritos epitermales auríferos del Macizo del Deseado y las rocas jurásicas del Grupo Bahía Laura ha sido puesta de manifiesto a partir de los trabajos de Schalamuk *et al.* (1995-a y 1997), Arribas *et al.* (1996), Tessone *et al.* (1996), Echarría (1997) y Fernández *et al.* (1999).

GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO

El área presenta un paisaje de suaves lomadas, con una red de drenaje bien desarrollada y bajos endorreicos de origen eólico. Las principales unidades geológicas aflorantes en la misma, mostradas en la figura 1, son las Formaciones Bajo Pobre, Chon Aike y La Matilde.

LITOLOGÍA

La Formación Bajo Pobre está compuesta por volcánicas basandesíticas dispuestas en el sector centro-occidental de la comarca. Estas rocas afloran en suaves elevaciones, con formas de erosión redondeadas. Son rocas de color morado oscuro a negro en fractura fresca, con textura porfirica, dada por fenocristales de plagioclasa y piroxeno en una matriz de plagioclasa, piroxeno y opacos (magnetita), con fluidalidad algo marcada. En general se presentan alteradas y frecuentemente están afectadas por diaclasas manchadas de óxidos de hierro.

Análisis químicos por elementos mayores y trazas indican que son rocas de medio a alto potasio, con contenidos en sílice entre 59 y 61,5 %, correspondiendo, según el cuadro clasificatorio TAS a andesitas y traquiandesitas con afinidad calcoalcalina. De acuerdo a Panza (1995) el ambiente de depositación correspondería a erupciones de tipo fisural, del tipo de extensos campos de basaltos.

Por encima de estas rocas básicas se localiza el Grupo Bahía Laura, representado por sus dos formaciones, Chon Aike y La Matilde. La primera está integrada principalmente por ignimbritas de composición riolítica, asociadas con tobas, tufitas y bancos de aglomerados piroclásticos. Esta unidad presenta una amplia distribución areal en la

región estudiada, y la mayoría de las estructuras mineralizadas se alojan en esta Formación (Schalamuk *et al.*, 1994). Los afloramientos son masivos, de colores rosados a rojizos y, en general, están conformados por una roca homogénea de textura porfirica con fenocristales de cuarzo con engolfamientos, sanidina en individuos en general límpidos, plagioclasa parcialmente alterada a sericita y vidrio. La pasta, microfelsítica y en parte axiolítica, está compuesta por una masa cuarzo-feldespática de grano fino y otros individuos radiados producto de desvitrificación.

En el sector próximo al bajo de la Laguna aflora un cuerpo dómico de pequeñas dimensiones y fluidalidad manifiesta. Se relevó una brecha, que rodea a este bajo, compuesta por clastos subredondeados de roca muy alterada.

Tanto las ignimbritas como el cuerpo dómico corresponden geoquímicamente a riolitas, con contenidos de sílice de hasta 79 %, y al igual que la rocas de la Formación Bajo Pobre, altos tenores de potasio (de 6,5 a 9,5 %).

En el área situada al sursuroeste de la veta María y en la parte centro-oriental de la comarca, suprayacen a las formaciones anteriores bancos interestratificados de tobas finas con niveles silíceos de *sinter* pertenecientes a la Formación La Matilde. Estos depósitos están cubiertos en parte por aglomerados volcánicos. En algunos sectores, estas rocas están fuertemente silicificadas. Esta unidad presumiblemente pertenece a la misma edad que la anterior, ya que se la interpreta como una variación lateral correspondiente a facies distales.

En el extremo sur de la zona estudiada afloran, en forma muy subordinada, sedimentos marinos de la Formación Patagonia (Zambrano y Urien, 1970) del Oligoceno superior. En niveles topográficos más bajos se localizan depósitos modernos.

ESTRUCTURA

La estructura del distrito es sencilla, siendo el fallamiento el rasgo dominante. La mayoría de ellas son fallas directas producto de una tectónica distensiva acaecida a fines del Jurásico que producen el estructuramiento en bloques. Este rasgo es característico del Macizo del Deseado y se considera producto de la reactivación de fracturas regmáticas del basamento.

Las vetas de Manantial Espejo en su mayoría están próximas a la dirección principal del sistema Bajo Grande, que aunque no está claramente delimitado en el tiempo, habría comenzado a fines del Jurásico (fase Araucánica), extendiéndose hasta el Cretácico inferior.

Según Panza *et al.* (1997), estas direcciones principales habrían actuado, en algún momento de la historia geológica del área, como zonas de alivio tensional, controlando el emplazamiento de los filones de cuarzo correspondientes a los episodios póstumos del ciclo efusivo jurásico.

MORFOLOGÍA

La mineralización auroargentífera se presenta a modo de: vetas de cuarzo con oro nativo, electrum y escasos sul-

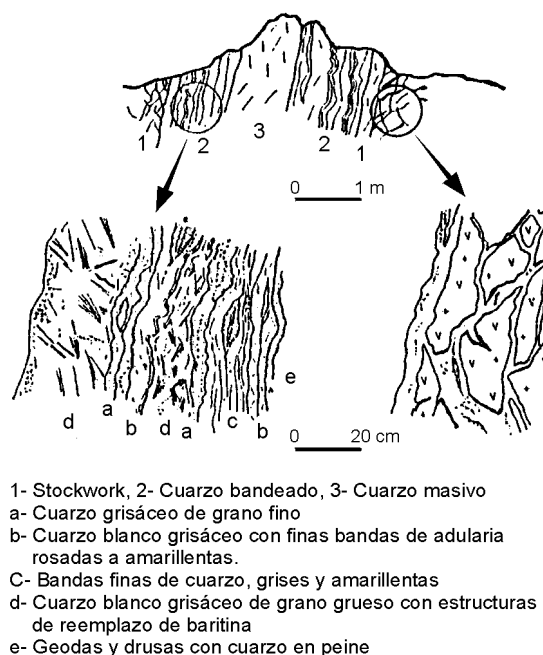


Figura 2. Bosquejo de las distintas ocurrencias del cuarzo en vetas.

furos y sulfosales; *stockworks*; cuerpos silicificados y de reemplazo asociados a brechas y a sectores con estructuras finamente laminadas (*sinter* silíceo ?).

El conjunto de fracturas oestenoeste controla la disposición general de las estructuras mineralizadas. Las vetas, que suman varios kilómetros de corrida, poseen potencias variables (algunos decímetros hasta varios metros), y sobresalen en el terreno debido a erosión diferencial, alcanzando longitudes individuales de centenares de metros (con interrupciones) y han sido reconocidas hasta profundidades de 200 metros. Se disponen en un sistema de rumbo principal entre 90° y 110° y otros dos con valores próximos a 70° y 160°, e inclinaciones entre 50° y 80°S. Presentan típicas estructuras bandeadas, coliformes y masivas. En la figura 2 se observa un bosquejo de las distintas ocurrencias del cuarzo en vetas. Son frecuentes las texturas de reemplazo de minerales de hábito tabular (baritina y calcita) y fibrosos (*truscotita*) por cuarzo. En los filones también se reconocen espacios abiertos, geodas y drusas, que se combinan con la sílice y conforman otras texturas y estructuras menos habituales. En la veta María, según Dubé (1997), se registran alternancias de segmentos con orientaciones preferenciales de 130° y 110-115°.

Los *stockworks* se presentan acompañando las zonas de contacto de las vetas con la roca de caja o bien en forma aislada cubriendo áreas de 30 a 40 m de ancho por 200 m de largo (como por ejemplo el *stockwork* María). Consisten en una serie de venillas de unos pocos milímetros hasta 20-30 cm de espesor; si bien a veces se entrecruzan, generalmente se disponen en forma más o menos paralela a la dirección N90°-100° e inclinaciones variables al sur. Se em-

plazan en la toba de flujo riolítica, y entre las venas suele existir una separación de unos pocos milímetros a algunos decímetros de roca. Esta se halla comúnmente silicificada y alterada a minerales de arcillas. Estas venillas están compuestas por cuarzo sacaroide, blanquecino y homogéneo. Es común la presencia de espacios, en la parte central de las venillas, con cristales idiomorfos de cuarzo.

A unos 3 km al noreste del sector de la veta María aflora un manto de aglomerado volcánico silicificado que cubre un área de aproximadamente 230 hectáreas. Dentro de este manto de posición subhorizontal, sobresalen varios crestones (de entre 5 y 10 m de altura) alineados en dirección estenoreste e inclinación al sur, compuestos por una brecha integrada por clastos subredondeados a angulosos de sílice opalina (cuarzo, tridimita de baja temperatura y ópalo) cementados por una matriz rojiza de ópalo con abundantes granos de opacos, posiblemente óxidos de hierro. Lateralmente pasa a una variedad más fresca donde se reconoce la composición original de los clastos: riolita y trozos de brecha, en una matriz cuarzosa y un material ferruginoso muy fino. En base a algunas muestras preliminares, obtenidas por los autores de este trabajo, los sectores anómalos en oro estarían limitados a los cuerpos de material brechoso.

ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Los procesos de alteración se encuentran circunscriptos preferentemente en torno a las estructuras mineralizadas. La excepción la constituye la silicificación, la cual se encuentra en distintas áreas del yacimiento representada por cuarzo, tridimita, cristobalita, calcedonia y ópalo. Esa silicificación, que se desarrolla a partir del contacto con las vetas cuarcíferas, se caracteriza por la incorporación de cuarzo como venillas reemplazando a la base de grano fino de las rocas encajantes.

La sericitización y argilización (illita-caolinita) se restringe especialmente a las zonas con estructuras mineralizadas, en fajas que contienen a las mismas, pasando transicionalmente a la alteración propilitica. Los fenocristales de plagioclasa aún conservan su individualidad; se encuentran parcialmente alteradas a sericita a partir de fracturas y planos de maclas; son frecuentes los parches de sericita y también los crecimientos esferulíticos. La presencia de caolinización es esporádica, sólo raramente como finas venillas que reemplazan a feldespato potásico.

Se observa adularización en torno de las estructuras vetiformes. Este feldespato alcalino se desarrolla sobre las plagioclasas en individuos euhedrales a anhedrales. Tal como se señala en otro apartado la adularización es también común en las zonas centrales de las estructuras mineralizadas.

La cloritización (propilitización) se halla en halos difusos donde se preserva totalmente la textura original, dado que la alteración se encuentra restringida parcialmente a los fenocristales; se desarrolla preferentemente en zonas contiguas a las fajas sericitizadas.

MINERALOGÍA

Los estudios realizados han permitido definir una asociación mineralógica compuesta esencialmente por metales preciosos acompañados por pirita, pequeños contenidos de sulfuros de metales de base y sulfosales, en ganga de cuarzo fundamentalmente (Etcheverry *et al.*, 1997).

Entre los minerales metálicos primarios se identificaron: oro, electrum, galena, esfalerita, pirita, calcopirita, arsenopirita, tetraedrita, pirargirita, freibergita, stromeyerita, uyttenbogaardtita y argentita.

El oro se presenta diseminado y en pequeñas fisuras, especialmente en cuarzo gris (de las últimas generaciones) y suele alojarse en *boxworks* de pirita. Se lo observa en granos irregulares, en escamas, con formas arborescentes, y, también en granos subredondeados, frecuentemente con marcada zonación, de tonos amarillos más intensos hacia los bordes, que se corresponde con un mayor grado de pureza. Las determinaciones puntuales con microsonda electrónica indican contenidos de oro más elevado en los bordes de grano (hasta 99% de Au), mientras en las porciones centrales e intermedias se incrementa el contenido de plata. Esta zonación parece deberse a un enriquecimiento en oro a partir de la removilización de la plata por procesos secundarios que daría lugar a la formación de acantita (S_{Ag}) por procesos supergénicos. El tamaño de los individuos de oro, es muy variable, oscilando normalmente entre 5 y 250 μm, si bien son más frecuentes los tamaños de 70 a 125 micrones.

El electrum es bastante frecuente en granos alotriomorfos y también en individuos subredondeados, es común observarlos asociados a granos de oro de gran pureza alojados en cuarzo y en *boxworks* de pirita, sus tamaños oscilan entre 50 y 150 micrones.

El contenido de los sulfuros se incrementa en profundidad (veta María). Sin embargo, ese incremento no es significativo. Las mayores concentraciones de galena y esfalerita identificadas en superficie se observaron en la veta La Flecha, estructura localizada en la porción sureste del yacimiento.

La pirita es el sulfuro más abundante, en gran parte oxidado y transformado parcialmente en limonita. Se presenta en todos los sectores mineralizados. En algunos individuos se identifican pequeñas inclusiones de oro y raramente de argentita y calcopirita.

La esfalerita como relleno de cavidades se encuentra asociada a galena; ambas se presentan diseminadas y en venillas incluidas en cuarzo de las últimas generaciones. Presenta inclusiones de calcopirita en forma de gotas, frecuentemente alineadas paralelamente a direcciones cristalográficas o a los límites de granos. También suele registrar raramente inclusiones de oro nativo.

La galena se encuentra en masas irregulares y muestra pequeñas inclusiones de pirargirita, polibasita, freibergita y stromeyerita. Estas sulfosales también se presentan en pequeñas venillas, rellenando fisuras en cuarzo.

La calcopirita se halla en escasa proporción en venillas, asociada a tetraedrita y esfalerita. La arsenopirita es

escasa; está diseminada en cuarzo, en cristales pequeños idiomorfos.

La argentita se halla en pequeños individuos irregulares, diseminada en cuarzo gris, asociada a oro, electrum y limonitas y, también, en venillas junto a tetraedrita. También se identificó uyttenbogaardtita (Ag_3AuS_2) en pequeños individuos irregulares de 50 a 100 μm , asociado a acantita y en ocasiones a pirita y calcopirita. Magnetita y hematita son otros de los minerales primarios reconocidos en el depósito.

Las especies supergénicas reconocidas son: covelina, calcosina y acantita, y entre los de oxidación, abundante limonita (esencialmente producto de oxidación de pirita) y óxidos de cobre (especialmente malaquita). En general la presencia de *boxworks* es escasa; sin embargo en el filón Flecha son comunes, reconociéndose limonitas, hematita especular y óxidos de manganeso de hábito botroidal como minerales asociados.

Los minerales transparentes, que constituyen la ganga, están representados por las distintas variedades de sílice (cuarzo, calcedonia, amatista y ópalo), que conforman la mayor parte de las estructuras, así como baritina y calcita, ambas reemplazadas por cuarzo y adularia.

Ametrano y Echeveste (1996) realizaron una caracterización de la adularia de la veta María, diferenciando dos variedades, una tabular y otra rómbica, de menor tamaño. El tipo tabular se presenta en individuos de hasta 2 mm, asociada y constituyendo capas con la sílice. Posee coloración rosada y microscópicamente desarrolla una incipiente alteración sericítica. La otra variedad aparece en granos idiomorfos aislados (típicas secciones rómbicas), de hasta 200 micrones. La adularia tabular es la que se forma en primer lugar y se dispone hacia los hastiales de la veta, mientras que la rómbica corresponde a los últimos eventos del sistema termal.

Se ha identificado ocasionalmente un mineral fibrorradiado, en fibras delgadas, en gran parte reemplazadas por sílice que se caracterizó en base a estudios microscópicos y análisis con microsonda electrónica, como truscotita [$\text{Ca}_7\text{Si}_{12}\text{O}_{29}(\text{OH})_4\text{H}_2\text{O}$]. Esta fase mineral es una variedad de silicato de calcio hidratado cuya formación es rara, y sólo se menciona para algunos yacimientos epitermales de oro.

La baritina se presenta en algunas venas de la zona, particularmente en el sector occidental de la comarca. Se trata de pequeños filones de rumbo $\text{N}30^\circ\text{O}$ /subverticales, con potencias inferiores a 50 cm y emplazados en la Formación Bajo Pobre. Estas vetas son cortadas y reemplazadas parcialmente por otras de dirección este-oeste, rellenas por cuarzo. Asimismo en un sector próximo a la veta Candelaria (estancia La Alianza) también se identificaron reemplazos según calcita.

ESTUDIOS ISOTÓPICOS, GEOCRONOLOGÍA, GEOQUÍMICA

Las mediciones isotópicas ($\delta^{18}\text{O}$) en muestras de cuarzo de Veta María y del *sinter* brechado, indican los siguientes

rangos: +8,8 a +12,7 $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ para el cuarzo de veta y de +18,2 a +19,3 $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ para las muestras de sílice laminar del *sinter* de la zona de brecha. Determinaciones en la veta María indicadas por Ríos (com. personal) muestran valores $\delta^{18}\text{O}$ de cuarzo con rangos de +10,5 a +15,7; los valores mayores corresponden a cuarzos más jóvenes. Los respectivos cálculos isotópicos de los fluidos, de acuerdo con la ecuación de Friedman y O'Neil (1977), determinan valores entre +0,6 y +2,8.

No se cuenta con datos isotópicos de hidrógeno; sin embargo los valores de $\delta^{18}\text{O}$ calculados para el fluido, independientemente del valor de δD , indican que está alejado de la composición de los fluidos magmáticos y más próximo a una evolución a partir de aguas meteóricas, dado que en el proceso se van enriqueciendo en $\delta^{18}\text{O}$ por interacción con las rocas encajantes.

Las muestras de *sinter* arrojan valores en $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$, típicos de ambientes someros y de bajas temperaturas.

En cuanto a los contenidos de $\delta^{34}\text{S}$ medidos en sulfuros (esfalerita, galena y pirita) de las vetas María y La Flecha, se registran rangos entre $0,4\pm 0,5$ a $4,2\pm 0,5$ $\delta^{34}\text{S}$.

Se puede inferir en base a las mediciones isotópicas, que el azufre deriva de una fuente magmática, con escasa actividad supergénica.

Arribas *et al.* (1996) efectuaron dataciones de adularia, incipientemente sericitizada y/o caolinizada, de la veta María de Manantial Espejo, obteniendo resultados que van de $142,6\pm 3,5$ a $124,8\pm 3,0$ millones de años. Esta disparidad en los valores se interpreta también como producto de pérdida de argón radiogénico dada la alteración del feldespato hidrotermal. La interpretación de los resultados confirma una edad jurásica para la mineralización de cuarzo auroargentífero.

INCLUSIONES FLUIDAS

Los estudios microtermométricos realizados en la veta María fueron llevados a cabo en cuarzo y esfalerita (Schalamuk *et al.*, 1995b; Ríos *et al.*, 1998). Los cristales de cuarzo de primera generación presentes en las paredes son poco frecuentes y no muestran líneas de crecimiento ni inclusiones fluidas primarias; sólo se registran inclusiones de materiales fundidos. Los cristales de cuarzo de las generaciones más jóvenes, que constituyen la estructura principal del filón, son euhedrales con bordes rectos y muestran líneas de crecimiento e inclusiones primarias. Predominan las inclusiones bifásicas (líquido y vapor) y monofásicas (líquido acuoso o vapor de agua) y también más raramente multifásicas. La fase sólida está poco representada.

La esfalerita, en cristales de hasta 2 mm, ocupa espacios libres entre cristales de cuarzo. Las inclusiones fluidas son preponderantemente bifásicas, aunque se constató la presencia de monofásicas (líquidas) y trifásicas.

Los estudios criométricos indican que los fluidos poseían baja salinidad con registros entre 0,35 y 6,54% equivalentes en peso de NaCl. Las temperaturas de homogeneización (T_h) en muestras de testigos hasta profundidades de

150 m (Ríos *et al.*, 1998) oscilan entre 180° y 320°C, con picos principales de 200°, 240° y 275°C. Estas temperaturas son levemente superiores a las registradas en muestras de superficie, donde la mayor parte de los valores de homogeneización se ubican en el rango de 200° y 270°C.

La microtermometría indica que las inclusiones fluidas primarias bifásicas de la esfalerita homogeneizan a temperaturas entre 140° y 197°C (en fase líquida). La fusión final del hielo (T_{fh}), muestra salinidades altas, con valores máximos equivalentes a 12,28 en peso de NaCl.

Las paleotemperaturas obtenidas en la veta María evidencian que los fluidos (observados en las distintas generaciones de cuarzo) se desplazaron desde el sector centro-oeste del filón hacia el sector este. Se verificó también (Ríos *et al.*, 1998) que el gradiente termal de paleotemperaturas aumenta en profundidad, a razón de 50°C cada 100-150 metros.

Las determinaciones microtermométricas y las observaciones petrográficas y mineralógicas destacan que hubo varios pulsos de silicificación, que dieron lugar a las características texturas de la veta. Se puede aseverar que durante este proceso la composición del fluido acuo-salino permaneció constante con precipitación sucesiva de minerales de cuarzo a temperaturas progresivamente decrecientes.

El cuerpo de *sinter* brechoide presenta microvetas producto de fluidos de composición semejante a los de la veta María, con temperaturas de homogeneización de 140°C a 260°C, predominando un pico de 180°C y salinidades menores de 6% en peso equivalente en NaCl. El *sinter* laminar muestra escasas inclusiones fluidas, con temperaturas de homogeneización que oscilan entre 80° y 100°C.

MODELO GENÉTICO

De acuerdo a la información de dataciones absolutas, se plantea que la actividad magmática y la mineralización del área Manantial Espejo tuvieron lugar durante el Jurásico medio a superior. La fracturación de las rocas efusivas-piroclásticas crearon zonas de excelente permeabilidad, lo cual favoreció el desarrollo de circuitos hidrotermales con la formación de concentraciones de metales preciosos (Au-Ag) y escasa proporción de metales base, con las etapas iniciales con altos contenidos de oro respecto a plata (Au>Ag) y etapas tardías con incremento de plata respecto a oro (Ag>Au).

La alteración hidrotermal que afectó a las diferentes litologías de la zona evolucionó en el tiempo, vertical y horizontalmente, predominando la silicificación, sericitización, propilitización y adularización.

La presencia de calcita y adularia, así como las características de algunas texturas peculiares de los minerales del grupo de la sílice y los estudios de inclusiones fluidas, permiten definir cambios geoquímicos del ambiente de precipitación, vinculado a ebullición, que constituye uno de los mecanismos más eficaces en la precipitación de los metales preciosos y elementos traza (Sb, As, Ba) junto a cuarzo y piritita. Se debe atribuir a los complejos sulfura-

dos (HS⁻) como principales responsables del transporte del oro, plata, arsénico y antimonio.

La paragénesis mineral identificada, el análisis de los datos isotópicos y las texturas observadas, sumado al registro de temperaturas y salinidad, permiten caracterizar a los fluidos como de origen predominantemente meteórico. En síntesis, se clasifica al área de Manantial Espejo como un típico exponente de un depósito epitermal de baja sulfuración (Hedenquist y Lowenstern, 1994) o adularia-sericitita (Heald *et al.*, 1987).

BIBLIOGRAFÍA

- Ametrano, S. y H. Echeveste, 1996. La adularia del Distrito Aurífero Manantial Espejo. Provincia de Santa Cruz. Argentina. Su interpretación metalogénica. 3° Reunión de Mineralogía y Metalogénia, *Actas, INREMI-UNLP*, 5: 49-54. La Plata.
- Archangelsky, S., 1967. Estudio de la Formación Baqueró. Cretácico inferior de Santa Cruz, Argentina. *Museo de La Plata, Revista (Nueva Serie), V-Paleontología*, 32. La Plata.
- Arribas Jr, A., I. Schalamuk, R. E. De Barrio, R. Fernández y T. Itaya, 1996. Edades radimétricas de mineralizaciones epitermales auríferas del Macizo del Deseado.
- De Giusto, J. M., C. Di Persia y E. Pezzi, 1980. Nesocratón del Deseado. En *Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias*, 2: 1389-1430. Córdoba.
- Dubé, B., 1997. *Low sulphidation gold mineralization in the jurassic Deseado Massif, Santa Cruz province, South Argentina. Mission Report*, inédito, 1-57.
- Echavarría, L. E., 1997. Estudio geológico-minero del área el Dorado-Monserrat, Departamento Magallanes, provincia de Santa Cruz. *Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo*, tesis doctoral, 249 pp. La Plata.
- Etcheverry, R., H. Echeveste, I. Schalamuk y S. Ametrano, 1997. Manantial Espejo: A jurassic epithermal gold mineralization, Santa Cruz, Argentina. In: *Mineral Deposits*, Papunen (Ed.), Balkema, Rotterdam: 177-180.
- Fernández, R., H. Echeveste, C. Tassinari e I. Schalamuk, 1999. Edad Rb/Sr de la mineralización epitermal La Josefina y su relación con las rocas volcánicas encajantes. Macizo del Deseado, Santa Cruz. Argentina. 2° Simposio Sudamericano de Geología Isotópica, (en prensa).
- Friedman, I. y J. R. O'Neil, 1977. Compilation of stable isotope fractionation factors of geochemical interest. U.S. *Geol. Survey Prof. Papers*, 440-kk: kk1-kk12.
- Genini, A., 1988. Cerro Vanguardia, provincia de Santa Cruz, nuevo prospecto auroargentífero. 3° Congreso Nacional de Geología Económica, *Actas*, 3: A97-A110.
- Harrington, H. J., 1962. Paleogeographic development of South America. *Bull. American Assoc. of Petroleum-Geologist*, 46 (10): 1773-1814. Tulsa.
- Heald, P., N. K. Foley y D. D. Hayba, 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia sericitite type. *Economic Geology*, 82: 1-26.

- Hechem, J. y J. Homovc, 1985. Modelo de facies volcánicoclástico y consideraciones estratigráficas para la Fm. Bajo Grande y el Grupo Bahía Laura, Jurásico superior-Cretácico inferior, provincia de Santa Cruz. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, inédito.
- Hedenquist, J. W. y Lowenstern, 1994. The role of magmas in the formations of hydrothermal ore deposits. *Nature*, 370: 519-527.
- Lesta, P. J. y R. Ferello, 1972. Región extraandina de Chubut y norte de Santa Cruz. En Geología Regional Argentina. *Academia Nacional de Ciencias*: 601-654. Córdoba.
- Panza, J., 1995. Hoja geológica 4969-II Tres Cerros escala 1:250.000, provincia de Santa Cruz. *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, 213: 103 pp.
- Panza, J., G. Marín y M. Zubia, 1997. Hoja geológica 4969-I Gobernador Gregores escala 1:250.000, provincia de Santa Cruz. *Servicio Geológico Nacional, Boletín*, 239.
- Rios, J., J. Vieira Alves, K. Fuzikawa e I. Schalamuk, 1998. Estudio de inclusiones fluidas en el distrito aurífero epitermal de Manantial Espejo, Santa Cruz, Argentina. *4ª Reunión de Mineralogía y Metalogenia*, U.N.S. Bahía Blanca: 219-226.
- Schalamuk, I., R. Etcheverry y H. Echeveste, 1994. Consideraciones geológicas y metalogénicas del área comprendida entre los 69°24' a 69°45' de longitud oeste y los 48°45' a 48°49' de latitud sur, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Act. Intern. Miner. Meeting*, p.87-92. S.E.M.. Bs.As..
- Schalamuk, I., R. Fernández y R. Etcheverry, 1995a. Gold-silver epithermal veins in the Macizo del Deseado, Argentina. *Mineral Deposits*, Balkema, Rotterdam, p.385-389.
- Schalamuk, I., F. J. Rios, K. Fuzikawa y M. A. Pimenta, 1995b. Fluid inclusion studies in epithermal auriferous quartz veins of Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *XIII Ecrofi, Vol. Esp. del Bolet. de la Soc. Española de Mineralogía* 18: 220-221. Barcelona.
- Schalamuk, I., M. Zubia, A. Genini y R. Fernández, 1997. Jurassic epithermal Au-Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Reviews*, 12: 173-186.
- Stipanovic, P. y A. Reig, 1957. El complejo porfirico de la Patagonia Extraandina y su fauna de anuros. *Acta Geológica Lilloana*, 1: 185-297. San Miguel de Tucumán.
- Tessone, M., M. Del Blanco y D. Marchionni, 1996. Mineralización epitermal de veta Speme, Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. *III Reunión de Mineralogía y Metalogenia*: 231-235.
- Uliana, M., K. Biddle, D. Phelps y D. Gust, 1985. Significado del vulcanismo y extensión mesojurásicos en el extremo meridional de Sudamérica. *Asociación Geológica Argentina, Revista*, 40 (3-4): 231-253. Buenos Aires.
- Zambrano, J. y C. Urien, 1970. Geological outline of the basins in Southern Argentina and their continuation of the atlantic Shore. *Journal of Geophysical Research*, 75 (8): 1363-1396.