

YACIMIENTO CERRO VANGUARDIA, SANTA CRUZ

Mario A. Zubia¹, Adolfo D. Genini¹ e Isidoro B. Schalamuk²

INTRODUCCIÓN

UBICACIÓN

El yacimiento se encuentra ubicado a unos 110 km., en línea recta, al noroeste de Puerto de San Julián. Un punto aproximadamente centrado en el área de campamento y planta tiene como coordenadas 48°23'28" L.S. y 68°15'51" L.O. El campamento minero se halla en las inmediaciones del que antiguamente fuera el casco de la estancia Cerro Vanguardia y a 4 km al noreste del cerro que da nombre al área.

La altura promedio del área es del orden de 200 m s.n.m., con un máximo de 359 m s.n.m. en el cerro Vanguardia. El relieve es suave y ondulado. El avenamiento local se encauza por cortos arroyos de carácter efímero con escurrimiento hacia numerosas pequeñas cuencas centrípetas.

Un camino enripiado, perfectamente mantenido, de 42 km, une el yacimiento con la Ruta Nacional 3 (35 km al sur del paraje Tres Cerros), constituyéndose en la principal vía de acceso.

LEYES, RESERVAS Y PRODUCCIÓN

El yacimiento se halla en producción desde mediados del año 1998.

Sus reservas minables son del orden de 3,5 millones de onzas de oro (y plata equivalente, con razón de conver-

sión 1:60), contenidas en 9.000.000 t de mineral, con ley promedio de 10 g/t Au y 113 g/t Ag (Cornuth, 1998). El estudio de factibilidad del proyecto consideró, para una ley de corte de 2 g/t Au, recursos geológicos del orden de 13.000.000 t de mineral con contenido medio de 8,9 g/t Au y 110 g/t Ag (Riveros, 1996), es decir, aproximadamente 4,5 millones de onzas de oro. Reservas adicionales (en exploración) podrían sumarse a las precitadas e incrementar la vida útil de la mina que ha sido estimada en 15 años.

Se prevee producir aproximadamente 6 t de oro y 62 t de plata por año.

El resultado del ploteo de estos datos sobre un gráfico leyes/tonelajes (figura 1) ubica al yacimiento dentro de los denominados de clase mundial siendo uno de los pocos del país que pueden ser incluidos en ella.

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN Y TRATAMIENTO

La explotación se realiza por rajos a cielo abierto. Los rajos, proyectados en un mínimo de 17, cinco de los cuales ya han sido abiertos, alcanzarán profundidades variables entre 40 y 120 m; la relación estéril/mena promedio será de 15:1.

La planta de tratamiento del mineral, ubicada en el yacimiento, está procesando un promedio de 1.800 t/día (657.000 t/año) aunque la concesionaria espera llevar al máximo su capacidad hasta alcanzar un ritmo de 2.000-2.500 t por día.

El agua industrial necesaria para la operación (2.600 m³/día) se obtiene por medio de una batería de pozos ubicada a 6 km del complejo minero y el agua potable a partir de vertientes situadas a 12 km del mismo.

La energía es provista por generadores, a gas, de 14,6 MW, alimentados por un gasoducto de 44 km de extensión, construido al efecto.

¹ Instituto de Geología y Recursos Minerales - SEGEMAR, Delegación Regional Patagonia.

² CONICET. Universidad Nacional de La Plata, INREMI.

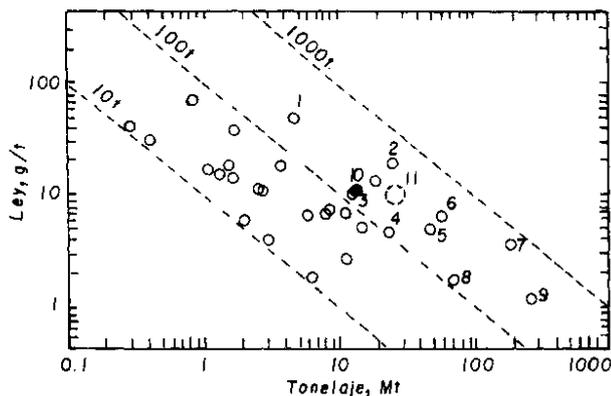


Figura 1. Diagrama ley-tonelaje yacimiento Cerro Vanguardia y su relación con los principales depósitos mundiales.

Aproximadamente 300 personas constituyen la planta operativa (gerencias, administración, mina y planta), realizando turnos rotativos semanales.

La extracción metalúrgica de los metales se realiza por el método de cianuración convencional y lixiviación con carbón activado. El cianuro de sodio utilizado es recuperado en un 80% en planta de lavado y reinsertado al proceso, y el carbón regenerado en horno a gas, rotativo y de fuego indirecto.

La recuperación final de oro y plata se hace por elución seguida de fundición del material precipitado. El producto final consiste en metal doré (10% de oro y 90% de plata) y se exporta a Sud Africa para su refinado.

HISTORIA DEL DEPÓSITO

DESCUBRIMIENTO Y TAREAS DE EXPLORACIÓN

El descubrimiento del yacimiento tuvo lugar en septiembre de 1977. Se produjo como consecuencia de las tareas sistemáticas de prospección geológica y geoquímica regional que desarrollaba en ese entonces la Secretaría de Minería de la Nación a través de su Plan Patagonia-Comahue Geológico-Minero. Dicho programa se desarrolló en el marco del Decreto Ley N° 20379/73 el cual implicaba la reserva minera de la región austral del país.

Genini (1977), informó por primera vez la existencia de un sector del territorio santacruceño donde se constataba presencia de vetas portadoras de sulfuros y minerales oxidados de manganeso en proximidades de la estancia Laguna Blanca, y de vetas cuaríferas sin sulfuros conspicuos desarrolladas en una amplia comarca al norte de ella. Los primeros muestreos litoquímicos efectuados por el mismo autor a modo orientativo sobre las distintas estructuras mostraron la existencia y persistencia de anomalías auroargentíferas.

Trabajos posteriores (Butrón, 1979; Godeas *et al.*, 1980; Curcio y Genini, 1980, en Genini, 1985) fueron delineando los sectores más promisorios del yacimiento.

Entre 1980 y 1984, Genini y Griznik (en Genini, 1985) realizan el levantamiento a escala 1:5.000 de las vetas Atila, Osvaldo Diez, El Lazo, Concepción y otras, y muestreo litoquímico de las mismas por esquireo continuo según trazas perpendiculares al rumbo, con intervalos de 10 metros.

Genini (1985) realiza la extracción de una muestra compuesta (500 kg, tomados a razón de 20 kg por punto de voladura sobre veta, con espaciado regular de 20 m entre ellos) sobre la veta Osvaldo Diez, para caracterizar la mena. IDEMSA (1986), determina sobre ella un contenido de 10,8 g/t Au y 110 g/t Ag, tenores que coinciden aproximadamente con la ley media actual del yacimiento.

Trabajos posteriores desarrollados en 1987 y parte de 1988 por la SEM en el área, incluyeron relevamiento geológico y restitución topográfica de la porción sur del yacimiento a escala 1:15.000, relevamiento de vetas a escala 1:1.000, apertura, mapeo y desmuestre de 36 trincheras cortavetas y 257 destapes y 3.000 m de perfilaje geofísico (métodos P.I. y Turam).

En el año 1987 comienzan a operar en el área geólogos y técnicos de la entonces Dirección de Fomento Minero (Dirección Provincial de Minería) luego transformada en la empresa Fomicruz S.E. Esta completa el trabajo iniciado por la SEM, en particular con el mapeo a escala 1:1.000 y muestreo de las estructuras aflorantes en la porción norte del yacimiento (al norte de la veta O. Diez). Estas tareas demandan los años 1988, 1989 y parte de 1990.

A fines de éste último año, luego de adjudicación vía concurso público, comienza su labor en el área Minera Minicorp S.A.

Esta empresa en sucesivas etapas realiza la exploración necesaria para llegar a factibilizar el proyecto. Entre el sinnúmero de tareas por ella efectuada merecen destacarse el mapeo geológico y muestreos geoquímicos sobre 67 vetas identificadas (142 km de longitud total), la construcción de 1.896 trincheras cortavetas (26,3 km), la perforación a diamantina de 1.072 pozos (89 km) para delinear los sectores mineralizados, la construcción de 3 rampas y 2 megatrincheras experimentales con el propósito de efectuar muestreos metalúrgicos volumétricos y análisis geotécnico y la realización del estudio de impacto ambiental (de acuerdo a Ley 24585). Este último fue el primer E.I.A. aprobado en la República Argentina.

Dichas tareas se llevaron a cabo durante los años 1991 a 1996 habiéndose erogado aproximadamente \$ 40.000.0000 en carácter de preinversión en el yacimiento.

La construcción de las instalaciones necesarias para comenzar la explotación demandó un lapso cercano a los 18 meses (1997-1998) y una inversión total próxima a los \$ 230.000.000.

BREVE HISTORIA DE LA PROPIEDAD MINERA

Como se expresara anteriormente, la cobertura legal original del depósito recaía en la SEM, de acuerdo a lo dispuesto por legislación vigente en esa época. Esta situación

se mantuvo hasta el 31/12/1985, fecha en la que se extingue, de acuerdo al Decreto Ley citado previamente, la reserva minera nacional. A sugerencia de la SEM, el ejecutivo provincial decreta (Decreto Provincial 663/86, del 21/05/86) la inclusión del yacimiento en un Área de Reserva Minera Provincial. Un hecho si se quiere anecdótico, pero que los autores consideran debe remarcarse, es que transcurrió un lapso (aproximadamente cinco meses) en el que no existió ningún tipo de derecho minero sobre el área.

En noviembre de 1988, por ley provincial 2057, se crea la empresa Fomicruz S.E., y se le transfieren por el mismo acto los derechos mineros sobre la reserva provincial.

A fines de 1990, Fomicruz S.E., en Concurso Público Nacional e Internacional, con el objeto de realizar la exploración con opción a explotación de los minerales existentes, ofrece el yacimiento, dividido en cuatro sectores. Dos de ellos son tomados, como consecuencia de éste acto, por la empresa Minera Mincorp S.A., mientras que los dos restantes no reciben oferta. En ocasiones posteriores (años 1992 y 1993) los sectores vacantes vuelven a ser ofrecidos en concurso público y son sucesivamente adjudicados a la misma empresa por lo que ella pasa a ser la única operadora de todo el yacimiento por un lapso, ampliable, de 25 años.

Por acuerdo interempresario Mincorp y Fomicruz se fusionan primero en unión transitoria de empresas (Min-Cruz UTE) y coinciden en formar posteriormente (1998) la empresa Cerro Vanguardia S.A. cuyo paquete accionario es retenido en un 46,25% por el grupo internacional Minorco, 46,25% por el grupo nacional Pérez Companc y el 7,5% restante por Fomicruz S.E.

Cerro Vanguardia S.A. opera actualmente el yacimiento mientras que desde el punto de vista legal, la titularidad de los derechos mineros de la totalidad de las más de 100 minas declaradas en el área cubierta por la antigua Reserva Minera Provincial, corresponde a Fomicruz S.E.

GEOLOGÍA REGIONAL

Se remite al lector a la completa síntesis geológica realizada por Panza (1994) y al Capítulo sobre las características geológicas y metalogénicas del Macizo del Deseado (página 1177).

GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO

LITOLOGÍA

Ubicado en posición aproximadamente central en la morfoestructura Macizo del Deseado, el yacimiento y sus manifestaciones laterales se extienden en una superficie de algo más de 500 kilómetros cuadrados.

En ella afloran sólo algunas de las unidades descriptas para la región, las cuales marcan el desarrollo de eventos geológicos importantes en tiempos jurásicos y cuaternarios y, en menor medida, durante el Terciario superior.

Formación Roca Blanca: Se atribuyen a esta unidad, con reserva, dos pequeños afloramientos (Zubia *et al.*, 1994). Uno de ellos yace a poco más de 500-1.000 m al sureste del casco de la estancia Laguna Blanca y está constituido por tobas blanquecinas con laminación grosera. El otro, constituido por tobas de color crema-amarillento, con espesor inferior a 2 m, infrayace a basaltos de la Formación Bajo Pobre y se ubica unos 2,5 km en línea recta, al noreste del casco de la misma estancia.

Formación Bajo Pobre: Basaltos con alguna intercalación andesítica han sido asignados a ésta unidad (Genini, 1988; Zubia *et al.*, 1994). Los afloramientos son de reducidas dimensiones y se hallan limitados al sector sur y suroeste del denominado lineamiento Bajo Moro. Conforman suaves lomadas redondeadas de coloraciones gris oscuras (basaltos) a gris verdosas (andesitas). Ambos tipos litológicos presentan texturas porfíricas. Los fenocristales son plagioclásicos y anfibólicos sumándose algunos de clinopiroxeno en los basaltos. Las mesostasis poseen texturas pilotáxicas con microlitos de plagioclasas; algunas muestras de basalto, por sectores, presentan cierta fluidalidad. Fenocristales y pasta muestran alteración moderada con pasaje parcial a sericita de las plagioclasas y a clorita, epidoto y calcita de los máficos; son frecuentes las inclusiones de apatito.

En las andesitas es común la presencia de geodas de cuarzo con cristales de longitud varias veces centimétrica, relleno calcítico de venillas y pequeños filoncillos de cuarzo cristalino de grano fino y/o calcedonia que a veces muestran texturas bandeadas.

En el área mapeada; el contacto de esta unidad con la suprayacente se encuentra invariablemente cubierto por detritos modernos y/o regolito; sin embargo, a unos 10 km al oeste de la misma, en la huella de acceso a la estancia Monserrat, puede observarse claramente la relación de infrayacencia de rocas basálticas (sin base expuesta) pertenecientes a la formación con respecto a las de la unidad que se describe a continuación.

Formación Chon Aike: Es la unidad de mayor expresión superficial en la comarca y la única huésped de todas las vetas exploradas, al menos hasta la profundidad investigada al presente. En la región sus afloramientos están constituidos por una monótona sucesión de piroclastitas primarias (ignimbritas y tobas de caída) de composición predominantemente riolítica; términos dacíticos y riodacíticos, también presentes, son muy minoritarios.

Las ignimbritas se disponen en bancos subhorizontales a poco inclinados (15° máximo) que individualmente poseen un máximo de 3 m de espesor y que por apilamiento, observable en muy escasos cortes naturales, pueden alcanzar espesores aflorantes de conjunto, de hasta 40 metros. Constituyen lomadas redondeadas de suave pendiente y coloraciones que gradan de pardo rojizo a pardo amarillento y crema. Paredones abruptos son excepcionales y cuando se presentan suelen mostrar ignimbritas fuertemente soldadas, macizas, con conspicua pseudofluidalidad y hasta

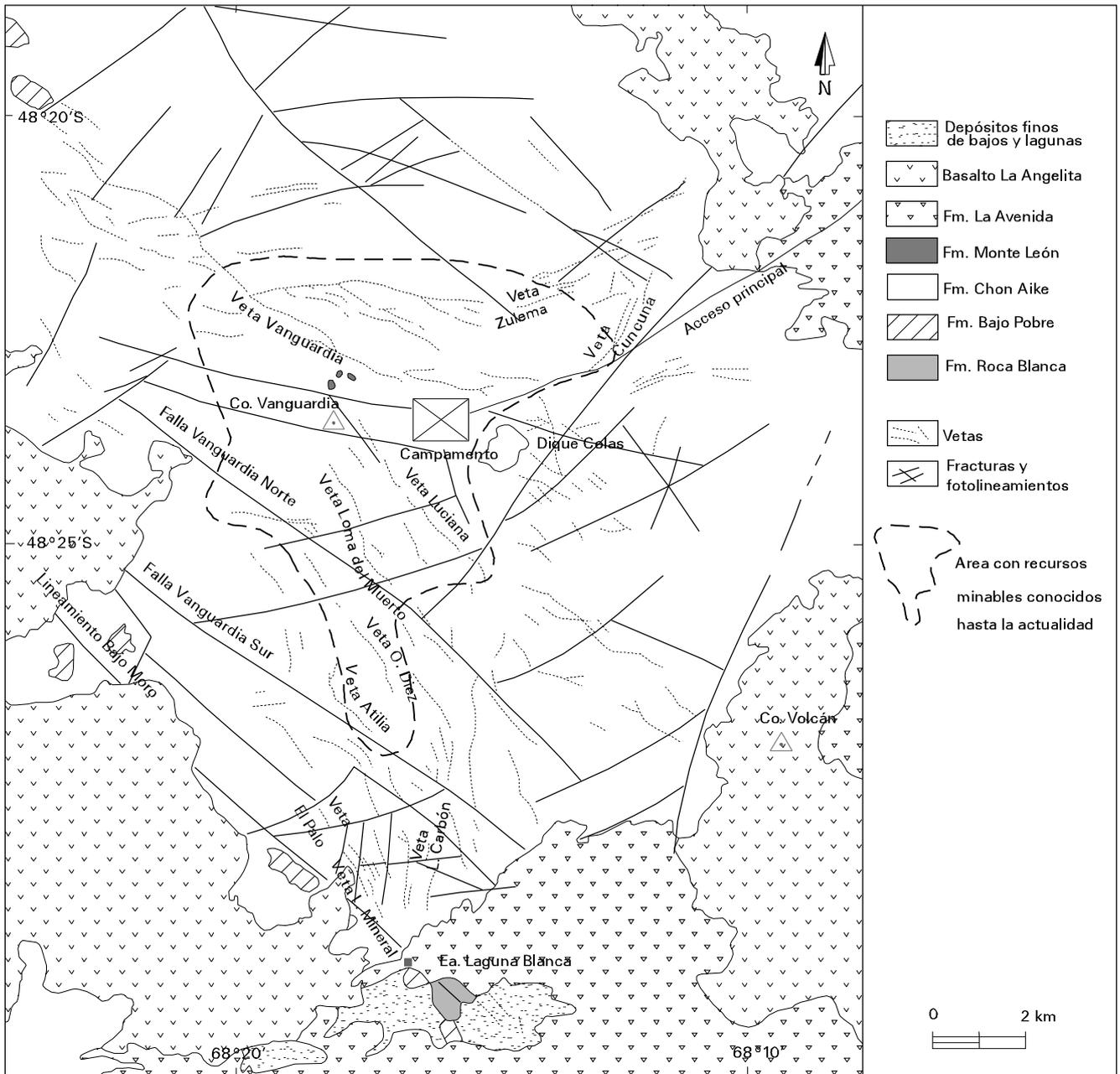


Figura 2. Geología del yacimiento Cerro Vanguardia (tomado de Cornuth, 1998).

disyunción columnar. Seudofluidalidad, lajosidad gruesa e irregular y escamado subesferoidal son rasgos de frecuente presencia en estas rocas.

Presentan aspecto porfirico, con fenocristales subhedrales de cuarzo predominantes y de feldspatos alcalinos, plagioclasas y biotita subordinados.

Al microscopio, el cuarzo presenta limpidez, aunque son comunes bordes difusos y bahías de corrosión. Feldspatos y plagioclasas (ácidas a intermedias) muestran suave alteración a arcillas y sericita. Los cristales de biotita suelen presentar suave flexuración, frecuente desferrización y reemplazo limonítico, y a veces, alteración arcillosa.

Los litoclastos, de colores blanco a gris, son de composición tobácea, subangulosos, alargados y su reconocimiento es difícil debido a la casi completa desvitrificación; sus tamaños alcanzan los 10 mm y pueden representar hasta el 5% de la masa ignimbrítica.

Las trizas vítreas (vitroclastos), son por lo general alargadas, moderadamente aglutinadas, presentan un marcado proceso de desvitrificación que genera agregados microgranulosos de cuarzo y feldespato y eventualmente arcilla cristalizada; son habituales las texturas eutaxíticas y esferulíticas.

Las tobas de caída se presentan en afloramientos de formas redondeadas y de baja expresión topográfica desco-

nectados entre sí y ubicados preferentemente al noreste del área mapeada. Constituyen bancos con estratificación gruesa y sin estructuración interna, de espesor variable entre 0,50 y 1,50 m, de coloración blanco grisácea a crema. Las tobas son masivas y en general de bajo grado de consolidación. Muestran texturas afaníticas y porfíricas.

En el último caso los fenocristales de cuarzo son anhedral y límpidos; los feldespatos alcalinos, también anhedral, muy frecuentemente aparecen alterados a arcillas; las plagioclasas son ácidas a intermedias y en general subhedral y moderadamente alteradas; la biotita es escasa y circón y mineral opaco son los accesorios más comunes.

Los cristaloclastos representan entre 10 y 20% de la roca y poseen tamaños no mayores a un milímetro. Las trizas vítreas, fragmentos pumíceos y escasos cristaloclastos tobáceos se hallan incluidos en una base de material microcristalino cuarzo-feldespático producto de desvitrificación.

De acuerdo a la clasificación propuesta por Teruggi *et al.* (1978), la mayoría de ellas pueden identificarse como tobas en sentido estricto; menos comunes son las tobas cristalinas y netamente subordinadas las tobas líticas.

Ignimbritas y tobas no han sido distinguidas a los efectos del mapeo.

Se ha realizado una caracterización química en base a cuatro muestras representativas de la unidad. Los análisis de elementos mayoritarios han sido efectuados mediante fluorescencia de rayos X en el Laboratorio de Geoquímica de la U.N.P.S.J.B. El ploteo de los resultados se realizó sobre diagramas binarios y ternarios, de uso corriente, establecidos por Irvine y Baragar (1971), Shand (1927) y Le Maitre (1982 y 1984). De acuerdo a los mismos las rocas analizadas pueden clasificarse como riolitas de alta sílice ($\text{Si O}_2 > 76\%$), subalcalinas, derivadas de magmas pertenecientes a la serie calcoalcalina, de carácter peraluminoso y de potasicidad elevada. Los resultados concuerdan con los obtenidos por de Barrio (1989), sobre otros sectores del Macizo del Deseado.

La unidad, como se expresara previamente, sobreyace en el área a la Formación Bajo Pobre e infrayace, discordancia erosiva de por medio, a la Formación Monte León. Su desarrollo ha sido establecido (De Barrio, 1993) en el lapso Bajociano (Dogger)-Kimmeridgiano (Malm).

Monte León: En el área del yacimiento sus afloramientos son los únicos representantes de un ciclo sedimentario marino descrito para la región por Panza (1994). Afloran como relictos aislados en el faldeo norte del Cerro Vanguardia. Poseen pocos metros de longitud y reducidas potencias (1-2 m.) y se disponen discordantemente sobre las piroclastitas de la Formación Chon Aike. Están compuestos por sedimentitas coquinoides, arenosas, de color gris amarillento a crema, portadoras de moldes de turrítellínidos, ostreínidos y briozoos. Su edad ha sido establecida en oligocena superior.

La Avenida (Marín, 1982; Panza, 1982): Los depósitos pséfíticos, con interdigitaciones psamíticas, sueltos o

parcialmente cementados por material calcáreo, que constituyen ésta unidad, cierran al sur y a oriente el distrito minero. Su espesor no supera los tres metros y apoyan discordantemente, en el área, sobre la Formación Chon Aike, siendo cubiertos por la unidad que se describe a continuación. Se les asigna edad pliocena inferior (Panza, 1994).

Basalto La Angelita: Se incluyen aquí afloramientos mesetiformes de basaltos olivínicos macizos o alveolares que limitan el distrito por el suroeste, sureste y noreste. Los bordes de las mesadas muestran un espesor promedio de tres metros. Su perfil indica la presencia de varias coladas superpuestas, difíciles de diferenciar dado el enmascaramiento producido por derrumbes y deslizamientos de ladera. Los centros emisores de los flujos basálticos se hallan fuera del área mapeada, con la excepción del Cerro Volcán (o volcán Auvernia), el cual aún muestra la clásica edificación cono-volcánica aunque parcialmente derrumbada. Panza (1994) atribuye edad pliocena superior a estas lavas en base a fechado radiométrico. Tanto ésta unidad como la descrita precedentemente cubren localmente las prolongaciones de estructuras filonianas alojantes de mineralización.

Depósitos no consolidados: Suelos regolíticos, de 0,20 a 2 m de espesor cubren gran parte de las litologías antes descriptas. Sedimentos lagunares se asocian a los numerosos y pequeños bajos sin salida que se desarrollan en el área.

ESTRUCTURA

Panza (1982) caracteriza la estructura de la comarca como del tipo de bloques limitados por fracturas. Estas fracturas tienen, casi de corriente, expresión topográfica negativa, yuxtaponen litologías ignimbriticas o lávicas similares, de comportamiento frágil y actitud subhorizontal. La identificación de sus planos en terreno resulta por tanto muy compleja y hasta imposible, a no ser que medie la presencia (excepcional) de cortos afloramientos alargados, silicificados, a veces brechados, que sobresalen levemente de la cobertura regolítica y sugieren su presencia. Los espejos de fricción están ausentes casi por completo. Sin embargo, en imágenes satelitales y en fotografías aéreas se destacan numerosos lineamientos que indudablemente muestran un importante desarrollo de la fracturación, aunque se mantiene, por lo general, la ambigüedad de definición en el establecimiento de tipo, dirección y sentido de los movimientos actuantes y la secuencia temporal de los mismos. En base al análisis estadístico de los fotolineamientos y de datos complementarios recogidos sobre el terreno, Panza (1982) establece la presencia en ésta región central del macizo de, al menos, dos sistemas de fracturación sustantivos a los que denomina El Tranquilo y Bajo Grande e indica la prelación del primero con respecto al segundo.

En un análisis similar al descripto, pero circunscrito al sector sur del campo filoniano, puede observarse (figura 3) una distribución de la fracturación de acuerdo a cuatro direcciones preferenciales que tendrían aceptable correspon-

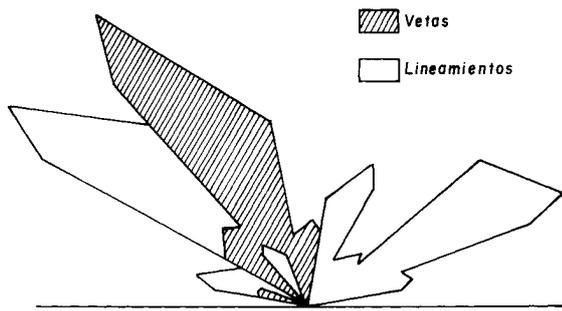


Figura 3. Diagrama de direcciones de lineamientos y vetas del sector sur del yacimiento Cerro Vanguardia.

dencia con los datos elaborados por Panza (1982) para la definición de los dos sistemas mencionados arriba. Sin embargo no existe otro argumento tangible para respaldar la atribución de cada grupo de fracturas a uno u otro sistema.

Al respecto sólo merecen destacarse dos hechos: a) Las vetas desarrolladas al sur del cerro Vanguardia arrumban preferencialmente con valores dispersos en el intervalo $N10^{\circ}$ - 40° O con máximo en $N35^{\circ}$ O; b) Las fracturas designadas por Panza (1994) como lineamiento Bajo Moro, Vanguardia sur y norte, la paralela ubicada en el extremo norte del campo filoniano y otras menores de similar orientación (sistema Bajo Grande?), son de significativa importancia en la generación de espacios para albergar el campo filoniano.

Estas últimas fracturas (orientación de conjunto con máximo según $N55^{\circ}$ O) limitan bloques de igual disposición paralela, en el interior de cada uno de los cuales, en especial los ubicados al sur del cerro Vanguardia, aparecen conjuntos vetiformes con arreglo escalonado. Las vetas, al menos en ese sector, muestran caracteres dilatacionales tales como (figura 4) lazos sigmoides, curvas, estructuras en "Y" y plumosas (colas de caballo) fuertemente sugerentes de que las estructuras alojantes de la mineralización fueron generadas en movimientos, posiblemente centimétricos, en los cuales la componente de desplazamiento horizontal levógiro fue importante. Con posterioridad a la fracturación inicial, el movimiento extensional sostenido de sentido perpendicular a los planos de aquella debe haber primado, ya que es notorio el crecimiento cristalino en esa dirección, en el interior de las vetas, con pocos y discontinuos registros de desplazamiento lateral durante la evolución subsiguiente.

Si bien Panza (1982) implícitamente atribuye la creación de espacios, posteriormente ocupados por la mineralización, a la implantación del sistema El Tranquilo, los autores opinan que los movimientos de desplazamiento (fundamentalmente horizontales) entre los diferentes bloques de dirección noroeste, pueden haber transmitido por la acción de cuplas o cizalla simple, a toda el área, los esfuerzos necesarios para producir la fracturación aludida. No debe descartarse, sin embargo, que los planos de fractura ahora

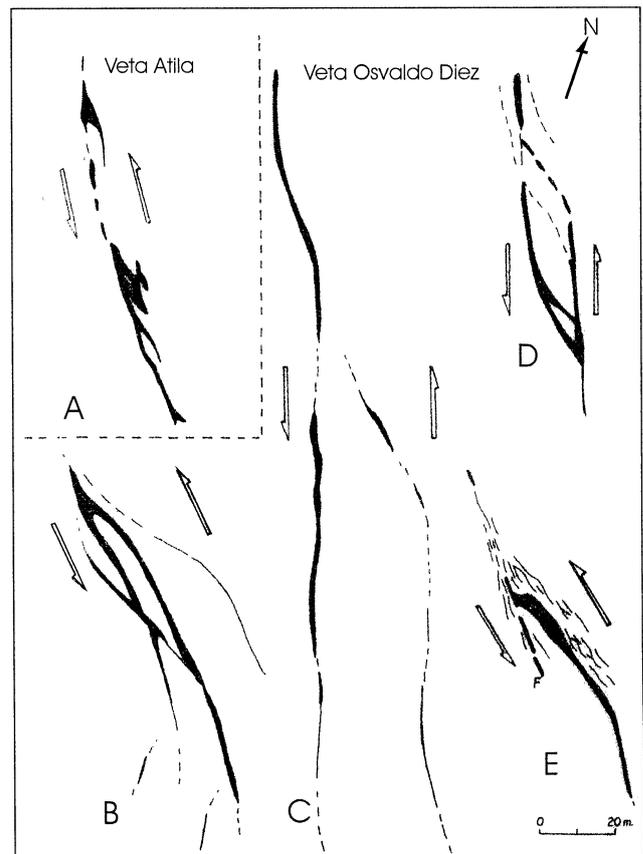


Figura 4. Típicos arreglos estructurales de las vetas Osvaldo Diez y Atila. a) bifurcaciones en «y»; b) «cola de caballo»; c) curvas y bifurcaciones en y; d) lazo sigmoide; e) venillas entrelazadas.

mineralizados se hayan generado aprovechando líneas de debilidad supracortical de direccionamiento similar (dirección principal del sistema El Tranquilo?) previamente instaladas.

Al norte del cerro Vanguardia, un área con menor grado de reconocimiento por parte de los autores, las estructuras alojantes de la mineralización pierden el diseño escalonado trocándose por otro en forma de X aplastada, con extremos abiertos en sentido noroeste y sureste respectivamente (veta Vanguardia y colaterales), a modo de dos grandes colas de caballo enfrentadas y confluyentes. Al mismo tiempo, en ese sector, sobre los bloques estructurales orientados noroeste se desdibujan un tanto los límites rectos y paralelos tan bien definidos al sur. Estos hechos, sumados a la notoria variación en rumbo (cuatro direcciones preferenciales centradas en $N55^{\circ}$ O, este-oeste, $N20^{\circ}$ E y $N60^{\circ}$ E) e inclinación de las vetas (numerosas direcciones con tendencia sur-suroeste vinculadas a los dos primeros rumbos consignados previamente), inducen a entrever un cambio en la estructuración del yacimiento entre sus sectores sur y norte y a especular que la generación de los planos de cizalla para el sector norte pueda haber sido condicionada por desplazamientos convergentes o divergentes de bloques con relación a la fracturación de dirección $N55^{\circ}$ O. Rotación de

bloques menores no obvios actualmente o la presencia de pilares, tal como fueran definidos por Panza (1994) para el área del cerro Vanguardia y otras, pueden haber jugado papel preponderante en ese sentido.

Signos de fracturación posmineral afectan con frecuencia a las vetas. Los desplazamientos respectivos son mínimos (centímetros a 1-2 m.) y no han sido investigados a nuestro nivel de observaciones.

De Giusto (1958) define en el área una estructura anticlinal con eje de rumbo noroeste-sureste extendida unos 20 km en esa dirección, con alas inclinadas 10-15° y afectando a las litologías jurásicas descritas. Panza (1982) desestima esa opinión considerando que no existe una verdadera estructura de plegamiento sino que se trata de abovedamiento de la cobertura sedimentario-volcánica jurásica, producido por ajuste diferencial de bloques basculados ante los esfuerzos tangenciales de cizalla que, en conjunto, dan la impresión de una estructura anticlinal. Nuestras observaciones no avalan la suposición de una estructuración centralizada (de plegamiento) para el entorno del cerro Vanguardia, ya que si bien los rasgos de subpericlinidad de muchas de las capas con respecto al mismo son frecuentes, existen localmente otras con inclinaciones encontradas y hasta casi caóticas con respecto a aquellas que sugerirían antes actitudes originales deposicionales, quizás con leves basculamientos, que de vinculación a un supuesto plegamiento.

Zubia *et al.* (1994) señalan también la aparición, en imágenes satelitales, de dos rasgos circulares (fantasmas) parcialmente superpuestos que, englobando entre ambos al yacimiento, carecen de cualquier más o menos obvia expresión geológica superficial. Dos aspectos aparentemente menores del yacimiento, parecen converger hacia la concreta existencia de esas supuestas estructuraciones arqueadas. El primero de ellos es el mencionado cambio de actitud estructural entre los sectores norte y sur del yacimiento el que coincidiría muy estrechamente con el área de yuxtaposición de los referidos rasgos circulares. El segundo es el diseño algo cóncavo al noroeste que presentan las trazas de fracturación con dispersión en el intervalo N50°-70°E que sugiere cierto paralelismo con los límites arqueados precitados.

MORFOLOGÍA Y TEXTURA DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS

La mineralización se halla alojada exclusivamente en estructuras vetiformes macizas y en venillas entrelazadas, alojadas en la misma estructura, que suelen acompañar a las primeras en su desarrollo, a veces saltuaria y lateralmente a las vetas propiamente dichas y otras veces uniendo cortas discontinuidades entre ellas constituyendo estrechas zonas alargadas. Vetas y venillas entrelazadas interceptan en forma totalmente secante a los bancos piroclásticos chonaikenses. Individualmente, cada una de las estructuras planares mineralizadas reconocidas, poseen corridas variables entre 500 y 14.000 m; el último valor corresponde a la veta Vanguardia. Las potencias oscilan entre unas pocas dece-

nas de centímetros y 14 m con un promedio seguramente superior a 4 m para los sectores explotables. Rumbos e inclinaciones de las vetas han sido considerados previamente al igual que otros caracteres morfológicos derivados de su estructuración.

Cada uno de los cuerpos mineralizados constituye un alineamiento de lomadas o suaves resaltos que destacan en el paisaje entornante.

Si bien todas las vetas y vetillas que constituyen el yacimiento poseen contenidos anómalos en metales preciosos solo sectores bien definidos de aquellas poseen leyes y tonelajes que pueden considerarse como explotables. Las dimensiones de estos sectores (bonanzas) varían entre 200 a 700 m y hasta 1.200 m en sentido longitudinal y entre 40 m (Veta Vanguardia) a 120 m (Veta Luciana) y hasta 160 m (Veta O. Diez) en sentido de su profundización, de acuerdo a datos suministrados por Cerro Vanguardia S.A. a los autores.

Desde el punto de vista textural, las vetas del yacimiento se caracterizan por las denominadas texturas de relleno. Las texturas de reemplazo están presentes aunque siempre subordinadamente; en el sector de vetas de laguna Mineral y del Carbón son algo más notorias.

Las texturas más conspicuas son las desarrolladas sobre cuarzo y otras variedades de sílice. Se reconocen en todo el yacimiento texturas macizas, de grano fino muchas veces de aspecto sacaroidal y con presencia de pequeñas oquedades. Son habituales las texturas en peine, drusas, cocardas, bandeamiento crustiforme y coliforme. Igual sucede con las texturas brechosas con clastos angulosos a subredondeados de roca de caja, de cuarzo de generación previa e incluso de ópalo, en cemento cuarzo-calcedónico, opalino o limonítico jasperioidal. Son frecuentes también las formaciones pseudomórficas de cuarzo de grano fino o calcedonia, según calcita y/o baritina (plaquetas de 0,1 a 7 cm de lado) en disposiciones laminares paralelas o intersectantes; en éste último caso generalmente se presentan entre las láminas espacios poliédricos abiertos recubiertos por crecimiento geodiforme de cuarzo cristalino muy fino.

Romboedros de carbonato con paredes de jaspe limonítico y relleno de óxidos de hierro y manganeso son comunes en las vetas próximas a las lagunas Mineral y del Carbón. En las mismas vetas también se observan cubos de piritita y arsenopiritita reemplazados por goethita y hematita y texturas relicéticas que involucran a siderita, rodrosita, manganocalcita y calcita y a los óxidos que los reemplazan.

Si bien las texturas en cuarzo son usuales para todo el yacimiento, es común la ausencia de una o más de ellas en el mismo corte. Por lo general estas texturas se arreglan zonalmente dentro de la misma veta y se las puede seguir, con pocas variaciones, a lo largo de grandes tramos de la corrida; otras veces, sin embargo, la posición relativa de las distintas texturas varía en pocos metros, incluso apareciendo o desapareciendo una o más de ellas.

Aparentemente las variantes texturales no guardan relación directa con el contenido relativo de metales nobles

observándose solo una leve tendencia incremental en la zona de texturas bandeadas.

ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

Para la definición de la misma sólo se ha tenido en cuenta la observación sobre trincheras y destapes y análisis petrográfico y de difracción de rayos X sobre muestras de estos lugares ya que no se tuvo oportuno acceso a testigos de perforación. Las relaciones espaciales entre las fases de alteración y las de estas con la veta y la roca de caja quedan referidas por tanto a un estrecho perfil (2-3 m) a ambos lados de la veta. Se ha podido constatar, por otro lado, que la intensidad de la alteración disminuye progresivamente en el sentido del alejamiento del contacto veta-roca huésped. En casos extremos (Veta Luciana) se ha observado blanqueo de alteración a más de 20 m del referido contacto. La alteración argílica pocas veces es conspicua en afloramientos ya que la cobertura regolítica la suele enmascarar por completo.

La observación de campo permite diferenciar dos fases de alteración sustantivas, silicificación y argilización moderadas, dispuestas según un patrón de repetidas superposiciones que refleja el carácter multiepisódico del fenómeno hidrotermal en el área.

En base a la mineralogía dominante puede establecerse que la silicificación se presenta, por lo general, en la parte más interna de los arreglos de alteración desarrollados sobre cada veta, es decir en la veta misma y en su caja más inmediata. La argilización en general ocupa los sectores externos. Es común, aunque no frecuente, que uno u otro tipo de alteración falten o sean irrelevantes, por sectores, a lo largo de la corrida de una veta.

La silicificación está representada por la aparición de cuarzo, calcedonia y ópalo en la roca de caja, bajo la forma de microvenillas de 1 a 5 mm de espesor, de parches o franjas de reemplazo donde es común la sustitución de la matriz por agregados de cuarzo granular fino a muy fino, de drusas que tapizan oquedades y de reemplazo selectivo de distintas especies minerales. Estos últimos reemplazos, se producen con frecuencia dentro mismo de las vetas generando principalmente las texturas lamelares descritas precedentemente.

La argilización está representada por minerales arcillosos de colores blanco, amarillo, crema y rosa que se presentan tanto en la veta como en el encajante. En la veta se disponen como relleno de venillas y/o cavidades dentro del cuarzo, mientras que en los hastiales sustituyen en distinto grado, masivamente o por venillas, a fenocristales de feldespato y máficos. En la matriz de las piroclastitas las arcillas se asocian con cuarzo microgranular y también suele observárselas sustituyendo totalmente las fiammes ignimbríticas.

Difractogramas de rayos X realizados sobre muestras pertenecientes a las vetas Osvaldo Diez y Atila indican una asociación de minerales arcillosos muy dominante representada por caolinita e illita. A ella, en algunas trincheras y muy subordinadamente se asocian esmectitas, calcita y evidencias de interestratificados illita/esmectita no regulares.

La coexistencia y dominancia de estas especies arcillo-micáceas indica la alteración por hidrólisis de los elementos alcalinos y alcalino térreos de los feldespatos y máficos de la roca de caja y probablemente de adularia en la veta en reacciones que han sido explicitadas por Hemley *et al.* (1964), Meyer y Hemley (1967) y Rose y Burt (1979), entre otros.

Cerro Vanguardia S.A. informa (com. pers.) que en profundidad la alteración propilítica se torna importante, con dominio de illita y aparición de pirita diseminada.

MINERALOGÍA

La mena, analizada calcográficamente en muestras de afloramientos por Malvicini (en Genini, 1985) y Donnari (1987) y por microscopía electrónica (IDEMSA, 1986), se caracteriza por una mineralogía muy simple aunque no se descartan posibles cambios mineralógicos en profundidad.

Los minerales hipogénicos importantes desde el punto de vista económico son oro nativo, electrum, plata nativa y argentita. Huytembogardita, freibergita, pirargirita y petzita, también determinados, son muy minoritarios. La empresa Cerro Vanguardia S. A. ha identificado sulfosales de plata en profundidad en profundidad (J. Valvano, com. pers.).

Oro nativo: Se presenta libre, asociado a cuarzo o a limonitas, en forma de chispas y granos anhedrales a subhedrales. Como pequeñas laminillas también se lo ha identificado esporádicamente incluído en galena y esfalerita. El tamaño más frecuente se halla en el intervalo 5 a 20 μ aunque tamaños menores no son raros. De igual forma se han observado granos de tamaño mayor, alcanzando algunos los 250 μ y eventualmente hasta 350 micrones. Frecuentemente se los encuentra zonados, con coloración amarilla más intensa que corresponde a un mayor grado de pureza, en los bordes del grano, posible consecuencia de la remobilización de plata por procesos secundarios. Es probable que muchos hilos, chispas y láminas que aparecen relacionados con limonitas sean producto de aglutinamiento de partículas liberadas en zona de oxidación. Existen unos pocos lugares en el yacimiento en los cuales el oro es francamente visible a lupa y solo dos o tres donde se lo observa a simple vista. Sobre una muestra de la Veta Luciana, se estableció, por análisis con microsonda, una composición química de 98,40% Au, 0,75% Ag y 0,52% Bi para el mineral.

Electrum: Su presencia en cortes pulidos es frecuente aunque sus granos son de reducido tamaño (2 a 7 μ en promedio y hasta 100 como máximo). Se lo encuentra diseminado en cuarzo y en menor proporción ligado a cristales de argentita y a limonitas. La aleación está constituida por 51% Ag y 49% Au, para muestras de la veta Osvaldo Diez; sobre la veta Luciana, se estableció una composición similar (Au: 49,60%; Ag: 48,85%; Bi: 0,30%; Cu: 0,01%; As, Sb y Hg: vestigios).

Plata nativa: Es frecuente. Se presenta libre y diseminada como chispas en cuarzo; también asociada a limonitas y eventualmente a argentita. Los granos son de tamaños

pequeños variables entre 3 y 12 μ aunque algunos alcanzan los 30 micrones.

Argentita: Es el más abundante de los minerales de mena; se presenta libre, asociada al cuarzo y limonitas y con menor frecuencia asociada a electrum, plata nativa y esfalerita muy fina. El tamaño de sus granos es generalmente mayor al de las restantes especies nobles y variable en el intervalo de 30 a 200 micrones.

Huytembogardita: Especie mineral determinada por microsonda electrónica. Muy escasa y en individuos pequeños de 10-20 μ asociados a oro nativo y en esfalerita.

Pirargirita y Freibergita: Raros e incluidos dentro de galena.

Petzita: Muy raro y en individuos muy pequeños incluidos en galena y esfalerita acompañado de laminillas de oro.

Los contenidos auríferos se mantienen invariables con la profundidad dentro de las bonanzas, mientras que los argentíferos por lo general se incrementan (Cerro Vanguardia S.A., com. pers.).

Otros minerales hipogénicos de ganga identificados en el yacimiento son: pirita, arsenopirita, galena, esfalerita, calcopirita, tetraedrita-tenantita, monacita, rodocrosita, siderita, manganocalcita, calcita, baritina, adularia, ópalo, calcedonia, amatista y cuarzo (Genini, 1988).

Los minerales metalíferos de ganga se observan en superficie en proporción casi insignificante. La pirita es dominante entre ellos pero su presencia solo se hace muy conspicua en el extremo norte de la Veta Laguna del Carbón, donde se presenta maciza, asociada a arsenopirita. Probablemente parte de la pirita del yacimiento incluya oro en su composición ya que es frecuente la aparición de laminillas auríferas en los bordes de las celdillas de lixiviación del mineral. La galena y la esfalerita solo son reconocibles megascópicamente en la Veta El Palo y en una pequeña vetilla de la margen norte de la laguna del Carbón. Estos, los restantes minerales metalíferos (excepto monacita) y la rodocrosita, la siderita, la manganocalcita y la calcita, han sido identificados al microscopio en muestras del grupo de vetas Laguna Mineral. Se ha observado monacita, de igual forma, en muestras de la Veta Osvaldo Diez.

La sílice constituye la ganga ampliamente dominante en las estructuras mineralizadas de todo el yacimiento (aproximadamente el 98% del volumen de las vetas).

La cristalinidad de sus individuos varía de fina a muy gruesa (variedad calcedonia hasta prismas euhedrales de 8-10 cm de largo). Se han identificado al menos tres pulsos diferentes de depositación de éste mineral, pero no se ha definido si uno o más de los mismos tiene vinculación directa con la mineralización económica.

Se determinó adularia esporádica por difracción de rayos X sobre muestras de veta, intercrecida con cuarzo, en granos de muy pequeñas dimensiones. Como excepción ha sido determinada megascópicamente, rellenando fracturas de espesor milimétrico, con buena cristalinidad (Cerro Vanguardia S.A. com. pers.).

Al microscopio se identificó baritina en muestras pertenecientes a la veta Osvaldo Diez. Es muy notoria en todo

el campo filoniano la presencia de cristales tabulares de cuarzo, producto del reemplazo pseudomórfico por este mineral según otro en plaquetas. Los minerales reemplazados podrían corresponder a calcita y/o baritina.

Son frecuentes ópalo, caolín y caolín opalizado, de colores blanco, crema, castaño y rojo. Se disponen en venillas y nidos o tapizando oquedades en cuarzo y son muy notorios en sectores de la Veta Atila (Genini, 1988).

Se ha señalado amatista en cocardas en individuos de buena cristalinidad, en el extremo noroeste de la Veta Osvaldo Diez (Genini, 1988).

Los minerales supergénicos determinados en las vetas son: limonita, con texturas botroidales y hábito acicular a fibroso radiado, constituidas por goethita, hematita y jaspé limonítico, con presencia franca en forma de sombreros de hierro en las vetas Laguna del Carbón y La Escondida y constante aunque débil en todas las restantes; óxidos de manganeso (criptomelano, coronadita, pirolusita, litioforita) son muy notables en los afloramientos del grupo de vetas Laguna Mineral (Godeas, *et al.*, 1980) y muy esporádicos en el resto del sistema; alunita y yeso, en muy escasa cantidad, aparecen también en el último grupo de vetas citado.

Probablemente parte del caolín y escasa calcedonia y calcita hayan sido producidos y depositados en el ciclo exógeno.

Algunos fenómenos de oxidación han sido observados hasta 100 m por debajo del afloramiento (Cerro Vanguardia S.A. com. pers.).

INCLUSIONES FLUIDAS

Se analizaron en la Universidad Nacional del Sur siete muestras pertenecientes al filón Osvaldo Diez, realizándose 116 mediciones de temperaturas. La gran mayoría de las inclusiones son primarias y bifásicas; las monofásicas y trifásicas son escasas. Se hallan alojadas en cavidades irregulares (inmaduras) lo que implicaría que no han sufrido procesos de disolución y reprecipitación. A veces son claras en ellas formas estranguladas (*necking*). Sus tamaños varían entre pequeñas ($> 2 \mu$) a muy grandes (70 μ).

En las inclusiones bifásicas el volumen de líquido es bastante constante en torno al 80% de la inclusión.

El rango de temperaturas de homogenización se ubicó entre los 210°C y 380°C. El 75% de ellas se ubica por debajo de los 260°C con un máximo en el intervalo 250°C-260°C (27%).

La salinidad del líquido, determinada en base a temperaturas de fusión de hielo, arrojó valores entre 1,5 y 3% de NaCl equivalente y presencia de claros rasgos de ebullición en diferentes vetas del yacimiento (Ríos *et al.*, esta publicación).

ESTUDIOS ISOTÓPICOS-GEOCROLOGÍA

Una muestra extraída en las ignimbritas de la Formación Chon Aike en las vecindades de la veta Luciana, ha

Cerro Vanguardia # 1 Fracción	Peso (mg)	Concentración Medida			$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	Relaciones atómicas corregidas						Edad			
		U (ppm)	Pb rad (ppm)	Pb total (pg)		$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$			
Z 1 Abr. de grandes crist. prism.	0,060	178	5,0	19	976	0,1847	0,02674	14	0,1826	8	0,04953	22	170	170	173
Z 2 Abr. de crist. prism.	0,059	194	5,5	19	1.026	0,1831	0,02694	6	0,1840	4	0,04952	10	171	171	173

Tabla 1. Geocronología U-Pb sobre circón de muestra del yacimiento Cerro Vanguardia.

sido datada por el SEGEMAR en el Department of Earth Sciences de la University of Newfoundland, Canadá, por el método U-Pb, sobre concentrado de circón. Ella arrojó una edad de 171 ± 1 millones de años. El valor obtenido (tabla 1), se ubica sobre el límite inferior del intervalo de edades radimétricas informadas al presente ($123-168 \pm 2$), para la unidad (Pankhurst *et al.*, 1993) y por tanto marca que en la geología de éste sector está representado uno de los primeros eventos efusivos riolíticos chonaikenses del Macizo del Deseado. De acuerdo a la escala de tiempos geológicos establecida por Gradstein y Ogg (1986) su desarrollo habría tenido lugar, entonces, en el Bajociano superior. Debe remarcarse que la edad obtenida resulta discordante con la supuesta migración temporal noreste-suroeste del vulcanismo jurásico deseadense propuesta por Pankhurst *et al.* (1993).

Arribas *et al.* (1996) informan la obtención de algunas edades radimétricas por el método K/Ar, en el ámbito del yacimiento Cerro Vanguardia. Muestras de illita del halo de alteración de las vetas, extraídas de testigos de sondeo, suministraron edades variables, en función de la granulometría del mineral, entre $142,3 \pm 3,5$ Ma y $152,4 \pm 3,6$ millones de años. Sugieren una posible pérdida de argón radiogénico en los cristales más pequeños de illita que son los que arrojan las edades más modernas.

Los mismos autores presentan otra datación (en Schalamuk *et al.*, 1997) realizada sobre adularia parcialmente sericitizada y/o caolinizada, extraída de la Veta Natalia, que señala una edad de $138,5 \pm 3,3$ millones de años. Interpretan el valor como influido por una significativa pérdida de argón radiogénico durante los procesos de alteración.

En principio las edades obtenidas a partir de la roca huésped y de minerales asociados a la mineralización parecerían sugerir un prolongado hiatus entre el paroxismo volcánico en la zona y la depositación de las menas e inducen a pensar que vulcanismo e hidrotermalismo mineralizante forman parte de procesos o eventos diferentes. Sin embargo, hasta tanto se realicen nuevas investigaciones geocronológicas en el área que confirmen o modifiquen los datos expuestos previamente, en especial los referidos a la edad de la mineralización, se cree prudente continuar considerando al flujo de soluciones hidrotermales como fenómeno póstumo del vulcanismo explosivo jurásico.

Otro análisis isotópico en muestras del yacimiento corresponde al efectuado sobre galena de la Veta Osvaldo Diez. Las relaciones de los distintos isótopos de Pb, sugieren una probable fuente radiogénica cortical para los mismos (Schalamuk *et al.*, 1997).

También K. Fuzikawa y J. Ríos (com. pers.) analizaron isótopos de oxígeno, en un conjunto de muestras pertenecientes a varias vetas, sobre cuarzo de las generaciones más jóvenes. Registraron valores de $\delta^{18}\text{O}$ oscilantes entre +9,3 y +12,8. De acuerdo a los citados investigadores, los valores obtenidos asociados a la baja salinidad de las soluciones, aunque correspondan a datos puntuales indicarían que los fluidos originales debieron tener un aporte de aguas meteóricas.

MODELO GENÉTICO

Si bien muchos de los parámetros necesarios para definir el modelo metalogénico conceptual (procesos físico-químicos y termodinámicos generatrices) aún no han sido investigados con la profundidad necesaria (vgr.: origen de los metales y del agua de las soluciones mineralizadoras; régimen hidráulico de las soluciones; temporalidad relativa y absoluta de los distintos eventos mineralizadores; fenómenos condicionantes de la depositación de los metales; relación genética del depósito con el vulcanismo jurásico; etc.), todas las características enunciadas para el depósito permiten incluirlo dentro del modelo empírico de "Vetas Epitermales de Metales Preciosos", de Buchanan (1981), subtipo "adularia-sericitita" de acuerdo a la definición del mismo realizada por Hayba *et al.* (1985). El término "baja sulfuración" (*low sulfidation*), acuñado por Hedenquist (1987) fue propuesto por Cabello (1991) para el yacimiento y resulta totalmente aplicable de acuerdo al conocimiento actual. El yacimiento puede ser incluido también en uno de los subtipos propuestos por Sillitoe (1993) adjudicarlo a yacimientos "pobres en sulfuros y asociados con rocas subalcalinas, de composición riolítica".

Todas las vetas portadoras de mineral cubicado se desarrollan en el Intervalo de los Metales Preciosos en el modelo verticalmente zonado, con base mineralógica, definido por Buchanan (1981). La correspondencia con el modelo superpuesto de zonación textural, propuesto por Morrison *et al.* (1990), también es notoria y marcaría un desarrollo

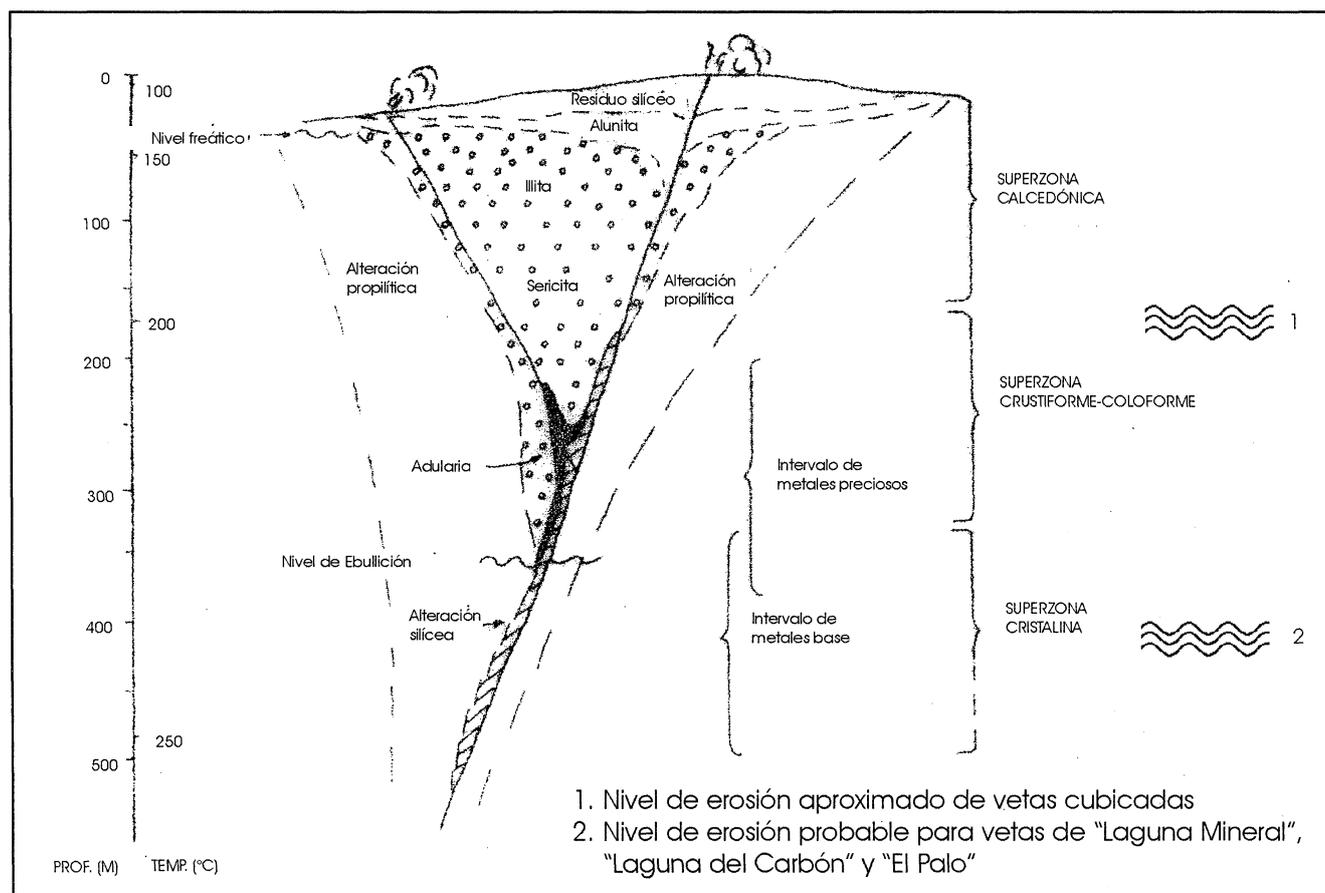


Figura 5. Síntesis del modelo de vetas epitermales de metales preciosos (según Buchaman, 1981) y el modelo textural correspondiente (según Guoyi et al., 1996), simplificados, incluyendo actuales niveles erosivos del yacimiento Cerro Vanguardia.

esencial dentro de la Superzona Crustiforme-Coloforme de estos autores (figura 5).

Algunas de las vetas aún no exploradas con intensidad (vgr. vetas Laguna Mineral, del Carbón y El Palo), parecen mostrar un nivel erosivo bastante más profundo posiblemente coincidente con la parte inferior del Intervalo de los Metales Base en el modelo de Buchanan (1981) y con la Superzona Cristalina de Morrison *et al.* (1990).

Schalamuk *et al.* (1997) en un análisis de varias mineralizaciones epitermales del Macizo del Deseado, esbozan un sistema complejo para ellas delineando una continuación entre depósitos superficiales silíceos derivados de la acción de fuentes termales (sinters) y vetas como las de éste yacimiento, fuertemente mineralizadas (vetas con zonas de bonanza), que se desarrollarían unos pocos cientos de metros por debajo de aquellos.

Como complemento de lo señalado merece remarcarse que la escasez de adularia en las vetas del yacimiento sugiere, o bien la baja representación original de esta especie mineral, posibilidad que consideran White y Hedenquist (1990), para algunos ejemplos del subtipo, o el remplazo avanzado de la especie por illita y caolinita. La abundancia de éste último mineral tanto en la caja como en las vetas mismas, reem-

plazando feldespatos alcalinos y rellenando vetillas y oquedades respectivamente, hace suponer que el yacimiento tuvo desarrollo en superficie de una zona de lixiviación ácida, posteriormente erosionada, como la que sugiere Sillitoe (1993) para algunos campos similares (figura 6), basado en las observaciones de Schoen *et al.* (1974). Los condensados ácidos generados en esa zona y drenando hacia abajo, especialmente por las fracturas mineralizadas, producirían alteración caolínica sobrepuesta a la mineralización hipogénica y parcialmente a la alteración hipogénica de la caja, tal como se observa en el yacimiento. De acuerdo a Morrison *et al.* (1990) la abundancia de remplazos totales de calcita (y/o baritina?) por calcedonia y cuarzo microgranudo, y la presencia de cuarzo-amatista (como se observa en el extremo norte de la Veta Osvaldo Diez), sugieren también el influjo de esa zona de lixiviación ácida sobreyacente con producción de un cambio composicional en las soluciones. Las débilmente reductoras y de pH neutro que habrían generado la depositación mineralógica sustancial se tornarían en otras ligeramente oxidantes y de pH ácido que producirían la sobreposición y remplazos observados. La aparición de ópalo en mezcla íntima con caolín (Veta Atila) podría ser también otro indicio confluyente con los anteriores.

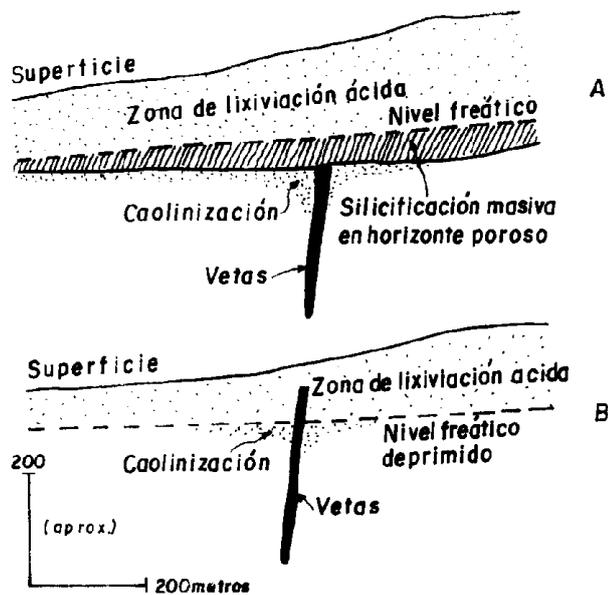


Figura 6. Posibles situaciones pre-erosivas del yacimiento Cerro Vanguardia (esquema tomado de Sillitoe, 1993).

Un fenómeno frecuentemente invocado para la deposición de metales nobles en el modelo asumido es la ebullición de las soluciones hidrotermales. Los análisis sobre inclusiones fluidas efectuados a las fecha, indican registros de este proceso. Según Guoyi *et al.* (1995) y Morrison *et al.* (1990), evidencias texturales tales como la presencia de calcita lamelar o plaquiforme, crustificación y brechas explosivas con clastos de cuarzo crustificado, son rasgos que se generan a partir de ebullición de soluciones.

A manera de epílogo del presente trabajo se presenta una tabla-resumen (tabla 2) con los datos que permiten asignar el yacimiento al modelo metalogénico indicado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos profundamente al Dr. Eduardo Domínguez (U.N.S.) y a los Dres. Kazuo Fuzikawa y Javier Ríos (CDTN) por los análisis de inclusiones fluidas y a la Lic. María I. Fernández (Segemar) por las determinaciones petrográficas. Especialmente reconocemos a Cerro Vanguardia S.A. el aporte de importantes datos y la autorización para su publicación.

Marco geotectónico	Ambiente cratónico. Hemigrabens en situación de pre-rifting. Hospedante generado por anatexis infracortical
Roca huésped	Ignimbritas riolíticas subcalcinas, hipersilíceas, peraluminosas, de alta potasicidad. Subaéreas
Morfología de los cuerpos mineralizados	Vetas y venillas entrelazadas en arreglo subtabular
Minerales Hipogénicos	Mena: Oro nativo, electrum, plata nativa, argentita, huytembogardita, freibergita, pirargirita, otras sulfosales de plata? Ganga: Cuarzo, calcedonia, ópalo, caolinita, illita, adularia, amatista, baritina, calcita, pirita, arsenopirita, galena, esfalerita, rodocrosita, siderita, manganocalcita, calcopirita, monacita, tetraedrita-tenantita.
Minerales supergénicos	Ganga: Limonita, goethita, hematita, jaspe limonítico, criptomelano, coronadita, pirolusita, litioforita, alunita, yeso, caolinita, calcita.
Texturas	De relleno: Bandeado crustiforme y coliforme, cocardas, en peine, drusas, brechas De reemplazo: Lamelares (en plaquetas), relicáticas
Alteración(en veta y cajas)	Silicificación: cuarzo, calcedonia, ópalo Argilización moderada: caolinita, illita (esmectitas interstratificadas, calcita) Propilitización?: illita, pirita
Inclusiones fluidas	Contenido salino: 1,5-3% NaCl eq. Temperatura de homogeneización: 210-260°C Ebullición: Ausente
Isotopía	$\delta^{18}\text{O}$: +9,3-+12,8
Edad de la roca huésped	171 ± 1 Ma (método U-Pb)
Edad de la mineralización	142,3 ± 3,5 a 152,4 ± 3,6 Ma (método K/Ar)
Relación Au/Ag	0,1 a menor
Porcentaje de sulfuros	< 1%
Reservas	4,5 M.oz. Au (+Ag eq.)
Ley	11 g (Au + Ag eq.)/t
Tonelaje de mineral	13 Mt
Tipología del Yacimiento	Vetas epitermales de metales preciosos, adularia-sericita (baja sulfuración), pobres en sulfuros y asociadas con rocas subcalcinas de composición riolítica originadas en volcanismo subaéreo

Tabla 2. Principales características del yacimiento Cerro Vanguardia.

BIBLIOGRAFÍA

- Arribas, A.Jr., I. B. Schalamuk, R. De Barrio, R. Fernández y T. Itaya, 1996. Edades radimétricas de mineralizaciones epitermales auríferas del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz, Argentina. *An. 39º Congresso Brasileiro de Geología*, 7: 254-257
- Buchanan, L. J., 1981. Precious metal deposits associated with volcanic environment in the Southwest. In: W.R. Dickson and W.D. Payne (Editors), Relations of Tectonics to Ore Deposits in the Southern Cordillera. *Arizona Geological Society Digest*, 14: 237-262
- Butrón, F., 1979. Bosquejo de afloramientos vetiformes del sector Laguna Mineral y ubicación de muestras. Mosaico 4969-2-B3. Provincia de Santa Cruz. *Plan Patagonia Comahue-Geológico Minero. Secretaría de Minería*, inédito
- Cabello, J. M., 1991. Gondwana mineralizations in southern South America: A preliminary review. *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geología, Comunicaciones*, 42: 36-38.
- Cornuth, L. A., 1998: Cerro Vanguardia: El oro del sur. *Revista Latinominería*, 32: 17-27. Chile.
- De Barrio, R. E., 1993. El volcanismo ácido jurásico en el noroeste de Santa Cruz, Argentina. *12º Congreso Geológico Argentino, Actas*, 4: 189-198
- De Giusto, J. M., 1958. Informe geológico zona Cº Vanguardia, Cº Primero de Abril, Deptos. De Magallanes, Rio Chico y Deseado, provincia de Santa Cruz. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, inédito.
- Donari, E., 1987. Estudio calcográfico: Determinaciones calcográficas de 24 secciones pulidas pertenecientes al Area Cerro Vanguardia, a solicitud del Centro de Exploración Patagonia Sur. *Secretaría de Minería, Departamento de Investigaciones Minero-Metalogénicas*, inédito.
- Genini, A. D., 1977. Informe preliminar Mosaico 4969-II-B3, Proyecto 19 NE, Area Cerro Vanguardia, Prov. de Santa Cruz. *Plan Patagonia-Comahue, Secretaría de Minería*, inédito.
- Genini, A. D., 1985. Area de reserva nº 43 Cerro Vanguardia, provincia de Santa Cruz. *Plan Patagonia-Comahue. Secretaría de Minería*, inédito.
- Genini, A. D., 1988. Cerro Vanguardia. Provincia de Santa Cruz. Nuevo prospecto auroargentífero. *3º Congreso Argentino de Geología Económica, Actas*, 3.
- Godeas, M., M. I. Fernández y C. Anielli, 1980. Levantamiento geológico de vetas del sector Laguna Mineral. *Secretaría de Minería, Plan Patagonia-Comahue*, inédito.
- Gradstein, F. y J. Ogg, 1986. A Phanerozoic time scale. *Episodes*, 19 (1 y 2).
- Guoyi, D., G. Morrison y S. Jaireth, 1995: Quartz Textures in Epithermal Veins, Queensland: Classification, Origin, and Implication. *Economic Geology*, 90 (6): 1841-1846.
- Hayba, D. O., P. M. Bethke, P. Health y N. K. Foley, 1985. Geologic, mineralogic, and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits. In Berger, B.R. y Bethke, P.M., eds., *Geology and Chemistry of Epithermal Systems: Reviews in Economic Geology*, 2: 129-167.
- Hedenquist, J. W., 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal system in the circum-Pacific basin. In: Horn, M.K., ed., 4th Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, 1986: *American Association of Petroleum Geologists, Transactions*, 513-524.
- Hedenquist, J. W., E. Izawa, A. Arribas Jr y N. C. White, 1996. Yacimientos epitermales de oro: tipos de mineralización, características y exploración. *The Society of Resource Geology*, Japan.
- Hemley, J. J. y W. R. Jones, 1964. Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism. *Economic Geology*, 59: 538-569.
- IDEMSA, 1986. Caracterización química y mineralógica de la mena de "Cerro Vanguardia". *Centro de Exploración Patagonia Sur, Secretaría de Minería*, inédito.
- Irvine, T. N. y W. R. A. Baragar, 1971. A guide to chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548.
- Le Maitre, R. W., G. Bellieni, M. J. Le Bas, R. Schmid, A. Streckeisen, B. Zanettin, E. Piccirillo y E. Justine Vicentin, 1982. A proposal for a definitive chemical classification of a volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. Circular Nº 36, Contribution Nº 100. *International Union Geological Sciences, Subcomisión de Sistemática de Rocas Igneas*.
- Le Maitre, R. W., 1984. A proposal by the IUGS Subcommission of the systematic of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica (TAS) diagram. *Australian Journal Earth Sciences*, 31: 243-255.
- Marín, G., 1982. Descripción geológica de la Hoja 55c Gobernador Gregores, provincia de Santa Cruz. Informe preliminar. *Servicio Geológico Nacional*, inédito
- Meyer, C. y J. J. Hemley, 1967. Wall rock alteration. In: Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, 1st edn. *Holt Rinehart & Winston*. New York, 166-235.
- Morrison, G., D. Guoyi y S. Jaireth, 1990. Textural zoning in epithermal quartz veins. *Klondike Exploration Services*.
- Pankhurst, R. J., P. Sruoga y C. Rapela, 1993. Estudio geocronológico Rb-Sr de los Complejos Chon Aike y El Quemado a los 47º 20' L.S. *12º Congreso Geológico Argentino, Actas*, 4: 171-178.
- Panza, J. L., 1982. Descripción geológica de las Hojas 53e "Gobernador Moyano" y 54e "Cerro Vanguardia". *Servicio Geológico Nacional*, inédito.
- Panza, J. L. 1994. Hoja Geológica 4969-II "Tres Cerros", Geología, Provincia de Santa Cruz. *Secretaría de Minería de la Nación, Boletín*, 213. Buenos Aires.
- Riveros, C., 1996. Conferencia Mincruz-UTE. En Seminario Internacional de la Minería aurífera argentina. *Revista Panorrama Minero*.
- Rose, A.W. y D. M. Burt, 1979. Hydrothermal alteration. In: Barnes, H.L. (Ed.), *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*. *John Wiley & Sons*, New York.

- Schalamuk, I. B., M. Zubia, A. Genini y R. R. Fernández, 1997. Jurassic epithermal Au-Ag deposits of Patagonia, Argentina. *Ore Geology Reviews*. Elsevier.
- Schoen, R., D. E. White y J. J. Hemley, 1974. Argillization by descending acid at Steamboat Springs, Nevada: *Clays and clay minerals*, 22: 1-22.
- Shand, S. J., 1927. Eruptive rocks. *John Willey & Sons* (1st. ed.), New York
- Sillitoe, R. H., 1993. Epithermal Models: Genetic Types, Geometrical Controls and Shallow Features. In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I. and Duke, J.M. eds., *Mineral Deposits Modeling: Geological Association of Canada, Special Paper*; 40: 403-417.
- Teruggi, M. E., M. Mazzoni, L. Spalletti y R. Andreis, 1978. Rocas piroclásticas. Interpretación y sistemática. *Asociación Geológica Argentina, Serie "B" (Didáctica y Complementaria)*, 5.
- White, N. C. y J. W. Hedenquist, 1990. Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 36: 445-474. *Elsevier Science Publishers B.V.*, Amsterdam.
- Zubia, M. A., A. D. Genini y M. Godeas, 1994. Hoja Geológica 4969-II "Tres Cerros", Minería, Provincia de Santa Cruz. *Secretaría de Minería de la Nación. Boletín*, 213. Buenos Aires.