

VETA ESPERANZA SUDESTE, UN CASO PARTICULAR DE ENRIQUECIMIENTO SUPERGÉNICO EN EL YACIMIENTO ALTO DE LA BLENDA, DISTRITO MINERO AGUA DE DIONISIO, PROVINCIA DE CATAMARCA

Natalia SALADO PAZ¹, Ana S. FOGLIATA^{2,3}, Julio C. AVILA^{1,2} y Nicolás MONTENEGRO⁴

¹ CONICET- IBIGEO, Museo de Ciencias Naturales, Salta. E-mail: nataliasaladopaz@yahoo.com.ar

² Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán. E-mail: jcavila@csnat.unt.edu.ar

³ Fundación Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán. Email: anafogliata@yahoo.com.ar

⁴ Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio (YMAD), San Miguel de Tucumán. E-mail: nimontenegro@hotmail.com

RESUMEN

Veta Esperanza Sudeste se localiza en el distrito minero Agua de Dionisio, Catamarca, dentro de la provincia geológica de las Sierras Pampeanas Occidentales. La geología del mismo corresponde a rocas metamórficas de bajo grado y cuerpos ígneos intrusivos graníticos a granodioríticos paleozoicos, sedimentos clásticos continentales terciarios y rocas pertenecientes al Complejo Volcánico Farallón Negro del Mioceno. Además, a areniscas, tobas del Plioceno y depósitos fluviales del Cuaternario. En el distrito mineralizado hay yacimientos diseminados y vetiformes, entre los últimos se mencionan los depósitos de oro y plata de Farallón Negro y Alto de La Blenda. Veta Esperanza Sudeste es un importante prospecto nuevo del sistema Alto de La Blenda, tiene una corrida de 200 m, potencia entre 0,30 y 6 m, rumbo NO e inclinación variable con la profundidad entre 75° a 56° al NE. La roca de caja es cuarzo monzonita, donde se observaron diferentes tipos de alteración hidrotermal: argílica, sericítica, silícica y propilítica. Presenta oxidación intensa, que afecta también a la veta. La paragénesis corresponde a: (1) minerales primarios (hipogénicos), pirita, galena, esfalerita, calcopirita, sulfosales de plata y oro, y (2) secundarios (supergénicos), pirolusita, psilomelano, hematina-goethita y sulfuros como calcosina y covelina. Los valores de leyes son de 0,5 a 40 g/tn de Au y 40 a 2.000 gr/tn de Ag con un recurso potencial de aproximadamente 400.000 tn de mineral.

Palabras clave: *Veta Esperanza Sudeste, oxidación, enriquecimiento supergénico.*

ABSTRACT

Veta Esperanza Sudeste, a particular case of supergenic enrichment in the Alto de la Blenda deposit, Agua de Dionisio mining district, Catamarca Province.

Veta Esperanza Sudeste is located in the Agua de Dionisio mining district, Catamarca, belonging to the Sierras Pampeanas Occidentales morphostructural province. The stratigraphic sequence is composed of Paleozoic low grade metamorphic rocks, granites and granodiorites, Tertiary continental clastic sedimentary rocks and the Farallón Negro Volcanic Complex of Miocene age, Pliocene sandstones and tuffites and Quaternary fluvial sediments. In the mining district are disseminated and vein style deposits, among the latter, Farallón Negro and Alto de La Blenda gold-silver deposits. Veta Esperanza Sudeste is an important new discovery within the Alto de La Blenda vein system. The vein is 200m long and its thickness ranges between 0.3 and 6 m. The strike is NW with variable dips between 75° to 56° NE. The wall rock of the vein is quartz-monzonite where different hydrothermal alteration types were observed: argillization, sericitization, silicification, and propylitization. The quartz-monzonite and veins have strong supergenic alteration. The paragenesis is characterized by: (1) primary (hypogene) pyrite, galena, sphalerite, chalcopirite, Ag sulfosalts and gold and (2) secondary (supergene) pyrolusite, psilomelane, hematite-goethite, and secondary sulphides as chalcocite and covellite. Ore grades range from 0,5 to 40 gr/tn Au and 40 to 2000 gr/tn Ag with a potential resource of approximately 400,000 tons of mineral.

Keywords: *Veta Esperanza Sudeste, oxidation, supergene enrichment.*

INTRODUCCIÓN

En el distrito mineralizado Agua de Dio-

nisio, provincia de Catamarca, se ubican yacimientos hidrotermales diseminados y vetiformes vinculados genéticamente con

el magmatismo mioceno (Llambías 1970). Los yacimientos epitermales se encuentran en la zona central y noroeste del dis-

trito, tales como Farallón Negro, Alto de la Blenda, La Josefa, Santo Domingo y Morro Bola, donde la mineralización corresponde a Au, Ag, Mn, As, Pb y Zn en vetas de cuarzo y carbonatos, (Malvicini y Llambías 1963). Estos yacimientos vetiformes del distrito Agua de Dionisio han sido clasificados primeramente, como depósitos de tipo hidrotermal-epitermal, debido a la presencia de minerales indicadores de baja temperatura (ópalo, calcedonia, calcita) y a texturas características: bandeada, drusiforme, fibroso-radiada y en escarpela (Sister 1965) y JICA (*Japan International Cooperation Agency* 1987). Según Pantorrilla (1995), siguiendo las ideas de Heald *et al.* (1987), la mineralización es del tipo adularia sericita, la cual corresponde a depósitos epitermales de baja sulfuración (Hedenquist 1987).

La zona de estudio, Veta Esperanza Sudeste (VESE), corresponde a una estructura mineralizada perteneciente al sistema vetiforme Alto de la Blenda, la cual se encuentra en el extremo sudeste de la corrida de Veta Esperanza (VE). Está emplazada en una monzonita, con afloramientos en superficie de rumbo N300° e inclinación hacia el NE entre 60° y 70°. (Montenegro 2008).

Veta Esperanza Sudeste es un caso particular de enriquecimiento supergénico dentro del área vetiforme de Yacimientos Mineros Aguas de Dionisio, lo cual ha producido un sector de alta ley que ha aportado reservas permitiendo la continuidad productiva de este complejo minero.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar la mineralogía y texturas de oxidación así como definir los tipos y estilos de alteración hidrotermal de la roca de caja de veta Esperanza Sudeste.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo, se hicieron estudios petrográficos y calcográficos con el objeto de definir la mineralogía de Veta Esperanza Sudeste y análisis de difracción de rayos X realizados por el método de polvo en muestras de roca de caja y veta. Descripciones de tes-

tigos obtenidos en sondeos inclinados realizados desde superficie por la empresa YMAD, observando la estructura y texturas de las rocas, los tipos y estilos de alteración hidrotermal y supergénica.

Los análisis de rayos X fueron realizados por los Dres. Bengochea y Mas, con un equipo Riga-ku Denki D/maxIIC computarizado, del Área Mineralógica del Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. Se trabajó en condiciones estándar, entre $2\theta = 3^\circ$ y $2\theta = 60^\circ$, con anticátodo de $\text{CuK}\alpha=1,5405$, ranuras de divergencia y recepción 1° , de dispersión 0,15 mm; monocromador de grafito; velocidad de barrido $2^\circ/\text{min}$; paso de muestreo de $0,01^\circ$.

Los análisis químicos de la mena fueron realizados en los laboratorios de YMAD.

MARCO GEOLÓGICO

La región de estudio se encuentra dentro de la provincia geológica de Sierras Pampeanas Occidentales (Ramos 1999). Presenta una secuencia estratigráfica que se inicia con metamorfitas de bajo grado que constituyen el basamento cristalino (Complejo ígneo metamórfico) las cuales son las rocas más antiguas de la región, intruídas por cuerpos ígneos de gran extensión de composición granítica-granodiorítica.

Sobre este basamento, se depositaron sedimentos clásticos continentales, denominados Calchaquense o Formación El Morterito (Turner 1962) de edad terciaria medio.

Posteriormente toda la región fue afectada por un evento volcánico a fines del Mioceno que dio origen a lo que se conoce como Complejo Volcánico Farallón Negro (CVFN) que incluye, además del estratovolcán principal de Farallón Negro, los centros intrusivos y volcánicos adyacentes de Cerro Atajo, Agua Rica y Vis Vis-San Lucas (Sasso 1997, Sasso y Clark 1999) que luego fueron parcialmente cubiertos por areniscas y tobas del Araucanense, también denominado Formación El Cajón (Turner 1962) de edad pliocena. Sobre todas las Formaciones

mencionadas se asientan depósitos conglomerádicos, aterrazados y fluviales pertenecientes al Cuaternario.

Llambías (1972) considera que las rocas volcánicas e intrusivas aflorantes en la zona de Agua de Dionisio son remanentes de un gran estratovolcán de aproximadamente 16 km de diámetro que ha hospedado numerosas intrusiones subvolcánicas, los cuales fueron erodados hacia la base del sistema.

Composicionalmente el Complejo Volcánico Farallón Negro varía de riolitas a balsos constituyendo geoquímicamente rocas shoshoníticas y calcoalcalinas con alta tendencia en K relacionadas a la subducción de la placa de Nazca (Sasso 1997).

A partir de datos geoquímicos de rocas magmáticas, se interpreta que la evolución de este sistema fue dominado por *mixing* de magma máfico a félsico terminando con una actividad volcánica que depositó brechas dacíticas con cuarzo acompañado de un parcial colapso de caldera (Halter *et al.* 2004).

El Complejo Volcánico Farallón Negro se localiza en una transecta que coincide aproximadamente con una transición norte-sur en la zona de Wadati-Benioff de inclinación pronunciada a inclinación baja hacia los 27°S (Sasso y Clark 1999) y cubre alrededor de 700 km² donde se alojan numerosos depósitos minerales de Cu-Au (Bajo La Alumbreira, Bajo El Durazno), Au-Ag (Farallón Negro-Alto de la Blenda, Agua Tapada), Cu-Mo (Bajo Las Pampitas) y Cu-Au-Mo (Bajo de San Lucas, Bajo Las Juntas).

GEOLOGÍA DEL ÁREA

La secuencia estratigráfica en las vecindades del yacimiento Alto La Blenda está representada por rocas volcánicas que forman parte del Complejo Volcánico Farallón Negro, en orden decreciente de edad son brecha Morada Central, andesita La Chilca, monzonita Alto de la Blenda y riolacita Macho Muerto. (Fig.1a)

La brecha Morada Central aflora en la parte central del distrito, es una brecha oligomítica cuya composición de clastos

y matriz es andesítica con fenocristales de plagioclasa, anfíbol y escasa biotita (Llambías 1970).

La andesita La Chilca aflora en la periferia del Complejo Volcánico Farallón Negro y en áreas menores de la zona central. Constituye un domo intrusivo andesítico compuesto por fenocristales de plagioclasa inmersos en una pasta afanítica. Son las intrusiones más antiguas del complejo (Llambías 1970).

La monzonita Alto de la Blenda, donde se encuentra la zona de estudio, es un stock monzónico intruido en la parte central del Complejo Volcánico Farallón Negro de forma ovalada cuyo eje mayor es de dirección NO-SE. Se emplazó al final de la actividad volcánica (Llambías 1972) con una edad de $7,55 \pm 0,3$ Ma según datación de $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ en biotitas y hornblendas, realizados por Sasso (1997). Constituye la roca de caja de vetas con mineralización auroargentífera (Halter *et al.* 2004).

Macroscópicamente, la monzonita es una roca de color gris a gris-blancuecino y verdosa, de aspecto masivo equigranular de grano muy fino, con diferentes intensidades de alteraciones hidrotermales y oxidación, con un importante diaclasamiento.

Al microscopio la monzonita presenta textura poiquilítica con plagioclasas tabulares y feldespatos potásicos; en menor medida cristales de cuarzo, biotita y escasos piroxenos.

La riodacita Macho Muerto aflora en una faja de 5 km de ancho orientada NO-SE, en el sector central del complejo intruye a la monzonita Alto la Blenda en Las Pampitas. Estructuralmente es un domo con textura porfídica con fenocristales de sanidina y alteración deutérica pronunciada, cubierta en gran parte por depósitos cuaternarios (Llambías 1970).

CARACTERÍSTICAS DE VETA ESPERANZA SUDESTE

En la monzonita Alto de La Blenda se alojan mineralizaciones vetiformes epitermales de Ag- Au y Mn. Se distinguen

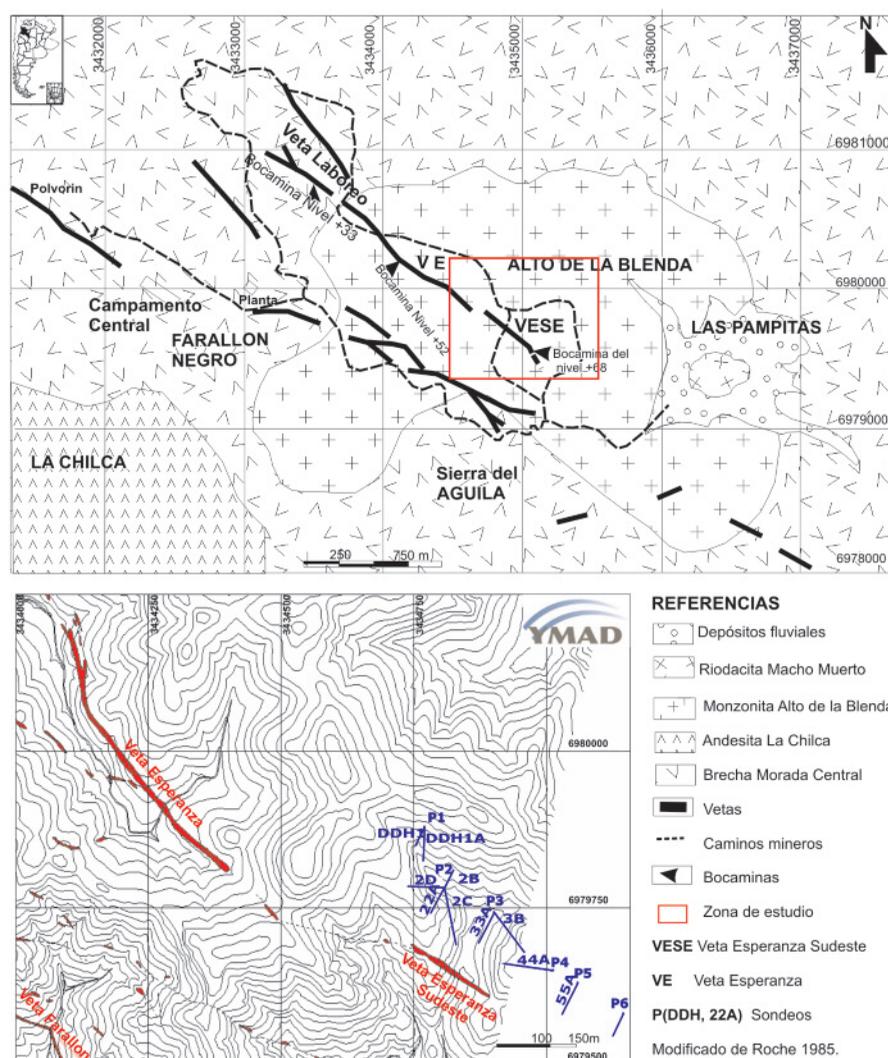


Figura 1: a) Mapa de ubicación de vetas principales del sistema Alto de la Blenda y vetas menores (Veta Esperanza Sudeste, VESE); b) mapa de Veta Esperanza Sudeste y Veta Esperanza con ubicación de sondeos.

cuatro vetas principales de diseño ramificado y en parte anastomosado (Portezuelo, Laboreo, Chica y Esperanza) y sistemas de vetas menores donde se incluye veta Esperanza Sudeste (Fig. 1a).

Veta Esperanza Sudeste tiene una corrida aproximada de 200 m en dirección N 300°, inclinación hacia el NE entre 60°-70° y una potencia variable entre 6 y 0,30 metros. Topográficamente, constituye un filo que se desarrolla por sectores de manera continua con anchos variables, ramificándose hasta en tres partes hacia el sector noroccidental. Sus contactos son bien definidos en superficie y observados en las labores de desarrollo minero (estocadas y bocaminas) que cortan la estruc-

tura perpendicularmente.

Mediante la exploración por sondeos la empresa minera YMAD definió un bloque de 200 x 200 x 4 m sobre la veta, estimándose un recurso potencial de aproximadamente 400.000 tn de mineral, con continuidad de la mineralización en profundidad (Montenegro 2008). Las perforaciones fueron realizados durante los años 2003 y 2004. YMAD hizo seis perforaciones con diámetro NQ, que constituyen en total, aproximadamente 2.500 metros perforados. Cabe destacar, que todas las perforaciones del área de estudio se realizaron desde superficie (Cuadro 1 y Fig. 1b).

Los valores de leyes en Veta Esperanza

Sudeste son de 0,5 a 40 g/tn de Au y 40 a 2.000 gr/tn de Ag, en vetas de manganeso silicificadas con texturas bandeadas y brechosas.

Alteración hidrotermal y oxidación de la roca de caja

Malvicini y Llambías (1963) ya habían indicado que la alteración de la roca de caja de Farallón Negro y Alto de La Blenda consiste en sericitización, cloritización, piritización, carbonatización y silicificación. La sericitización afecta principalmente a los feldespatos calcosódicos, mientras los feldespatos potásicos se mantienen casi totalmente frescos. La cloritización afecta tanto a los minerales férricos como a la pasta de la roca. Los procesos de carbonatización, silicificación y piritización producen venillas o diseminaciones en la roca de caja, sin evidenciar reemplazos preferenciales sobre ningún mineral.

En base a las observaciones de campo realizadas en el área correspondiente a este trabajo y mediante estudios petrográficos y análisis de difracción de rayos X, se determinaron, en orden de abundancia los siguientes tipos de alteración: argílica, sericitica, silícica y propilitica.

La alteración argílica presenta un significativo desarrollo, la intensidad aumenta en la roca de caja en el contacto con la veta mineralizada, siendo el techo de la veta la que presenta mayor intensidad de alteración. Se presenta en venillas y diseminada de manera que dificulta la identificación de los minerales primarios de la roca. Las finas venillas (hasta 300 micrones) son de caolinita y minerales arcillosos reconocidos por su baja birrefringencia, hábitos fibrosos y formas anhedrales. Los minerales de alteración diseminados son principalmente caolinita, sericita y otros minerales arcillosos que forman núcleos de baja birrefringencia de diferentes tamaños. El análisis de rayos X determinó la presencia de abundante cuarzo, caolinita e illita (Fig. 2a y b).

Esta alteración es penetrativa, de intensidad fuerte a moderada, y en menor medida selectiva reemplazando a feldespatos primarios, principalmente a las plagioclasas.

CUADRO 1: Datos de sondeos realizados por YMAD.

Sondeo	Coordenadas X	Coordenada Y	Cota	Dirección	Inclinación	Profundidades programada	Profundidad alcanzada
VESE1	6979878,12	3434770,381	2871,8	N 211°	80°	200	212,85
VESE1A				N 185°	68°	150	149,45
VESE2	6979781,176	3434807,177	2828,07	N 211°	87°	200	192,9
VESE2A				N 211°	60°	120	100
VESE2B				N 272°	99°	260	258,65
VESE2C				N 166°	45°	150	134,3
VESE2D					66°	150	172,5
VESE3	6979741,913	3434901,355	2816,8	N 200°	85°	200	186,15
VESE3A					62°	120	125,2
VESE3B				N 138°30'		200	185,4
VESE4	6979649,186	3435012,531	2812,6	N 270°	86°	200	190,5
VESE4A				N 245°	65°	150	131,75
VESE5	6979629,664	3435059,458	2804,68		89°	230	199,6
VESE5A					66°	140	150,25
VESE6			2787,2	N 211°	75°	200	165,85
						2670	2555,35

La alteración sericitica se encuentra asociada a la alteración argílica. Es selectiva, de intensidad moderada a leve, reemplazando de manera parcial los núcleos de cristales de plagioclasas. Son escasos los reemplazos totales, con la asociación cuarzo-pirita y sericita, como así también venas de feldespato potásico.

La alteración silícica está representada por venas de cuarzo de hasta 220 micrones y agregados de cuarzo cristalino de hasta 300 micrones en espacios abiertos correspondientes a geodas desarrolladas en el contacto de la veta con la roca de caja. Microscópicamente se determinó una importante silicificación en los litoclastos y matriz de brechas, las cuales se encuentran en contacto con la veta.

En estas rocas silicificadas se observa textura de relleno de cavidades, con abundante cuarzo policristalino de diferentes tamaños donde se distinguen dos eventos de cristalización, el primero compuesto de cuarzo policristalino en mosaicos de poco desarrollo con extinción ondulosa, asociado a núcleos anhedrales de caolinita y óxidos de hierro. Un segundo evento, donde el cuarzo, se presenta de mayor desarrollo. Los mosaicos policristalinos de cristales euhedros hexagonales y venas de cristales euhedros cortan al cuarzo policristalino del primer evento. También se observó calcedonia. Los análisis

de rayos X determinaron la presencia de abundante cuarzo (Fig. 2c y d). La alteración es de intensidad fuerte y penetrativa, aunque cabe destacar que no se observa con frecuencia, siendo este tipo de alteración característica de las rocas brechadas.

La alteración propilitica esta evidenciada por leves tonalidades verdosas en rocas de zonas más alejadas a la veta. La asociación mineral determinada mediante análisis de rayos X y observaciones microscópicas es clinocloro y albita (Fig. 2e y f), epidoto-clorita- carbonatos. La alteración es leve y selectiva, evidenciada bajo alterando principalmente a biotita y plagioclasa.

La alteración producto de la oxidación afecta tanto en la roca de caja como la veta mineralizada. Sin embargo, en la monzonita, la oxidación no es abundante ni continua, sólo es distinguible en escasos afloramientos constituyendo formas irregulares de coloraciones parduscas y ocre, lo que dificulta un correcto mapeo de detalle de la misma. En observaciones de campo, superficie e interior de mina, pudo definirse que la oxidación se encuentra mejor representada cercana al techo de la veta con un espesor aproximado de 10 metros.

En la monzonita, se han distinguido minerales productos del proceso de oxida-

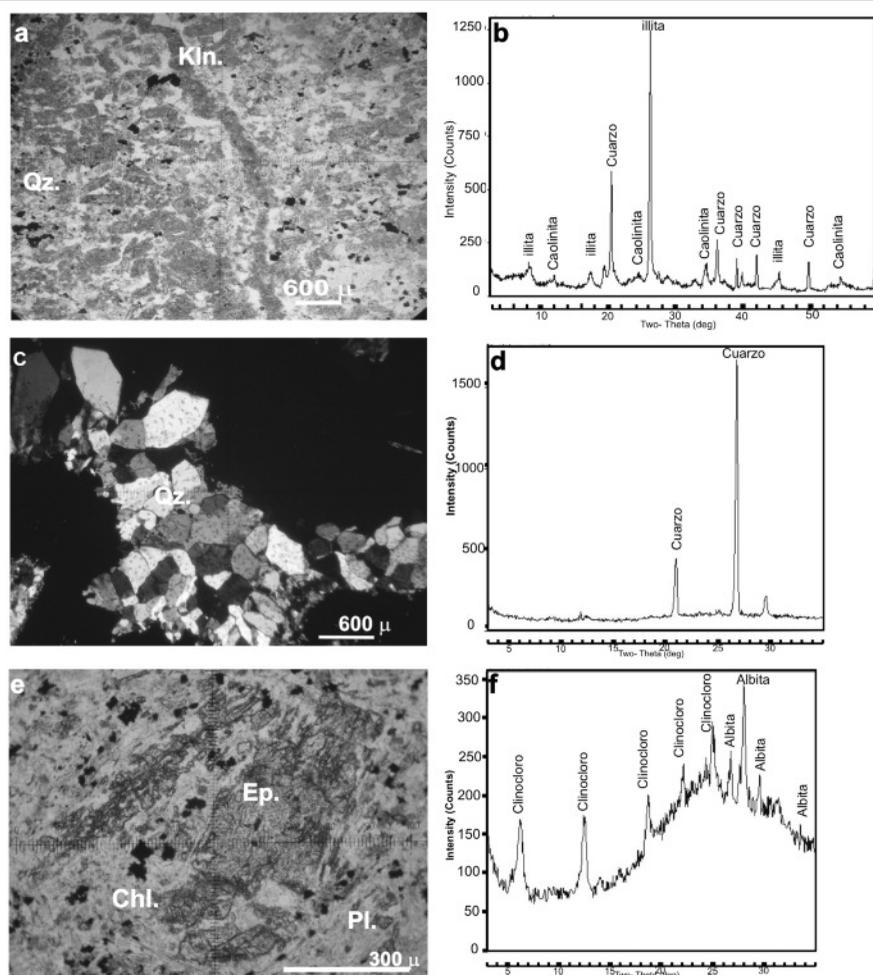


Figura 2: a) Fotomicrografía alteración argílica a niculos paralelos a 2,5x; b) diagrama rayos X de roca con alteración argílica; c) alteración silícica a 10x; d) diagrama rayos X de alteración silícica; e) alteración propílica a 10X; f) diagrama rayos X de alteración propílica. Kln: caolinita; Qz: cuarzo; Chl: clorita; Ep: epidoto; Pl: plagioclasa. Abreviaturas según IMA (Interantional Mineralogical Association).

ción como hematita-goethita en venas, en cristales anhedrales de poco desarrollo y en bordes de pirita. Se observó además, reemplazos de hematita-goethita que afectan las rocas y venas de cuarzo y carbonatos, con tonos pardos rojizos.

Estructura

La estructura dominante del Complejo Volcánico Farallón Negro es de rumbo NO y NE, evidenciados por la red de drenaje, disposición de diques, orientación de fracturas y orientación predominantes de vetas mineralizadas.

En Farallón Negro-Alto de la Blenda las principales estructuras mineralizadas presentan rumbo NO (Fig. 3a) las cuales se emplazan en la monzonita y en brechas andesíticas (Sister 1965). Veta Esperanza

Sudeste es una estructura lenticular notoria en la corta corrida y emplazada en una fractura preexistente de dirección NO (Montenegro 2008) que se encuentra desplazada hacia el noreste de Veta Esperanza (Fig. 1b).

La estructura mapeable más importante en el sector de Veta Esperanza Sudeste es una falla de rumbo N300°. La misma inclina hacia el NE (75° a 60°), observándose una leve disminución (75° a 56°) de la inclinación de las medidas tomadas en superficie y en los niveles desarrollados hasta el momento (distancia vertical aproximada 70 m) (Fig. 3b). En el nivel +10 (2.730 m s.n.m) se encontraron indicadores cinemáticos, que permiten definir un movimiento inverso con componente de rumbo para esta falla mineralizada.

El análisis de diaclasas en este trabajo es coincidente con los estudios de García (1968) y Montenegro (1987), quienes reconocen cuatro juegos de diaclasas clasificadas como sistemáticas, dentro del cuerpo monzonítico, a los cuales se atribuyen por lo menos dos orígenes diferentes. Uno (primero temporalmente) debido al enfriamiento de la masa ígnea y su posterior cristalización y otro (póstumo) debido a esfuerzos tectónicos regionales y locales. Se midieron diaclasas poco abundantes oblicuas al rumbo de Veta Esperanza Sudeste, de rumbo NE y NNE con inclinaciones al SE y ONO respectivamente; y diaclasas paralelas a la veta de rumbo NO e inclinación hacia SO y NE. Estas últimas son representativas y predominantes a escala regional y local en las cercanías al contacto de la falla que controló el emplazamiento de la veta y posteriores a la formación del primer sistema de diaclasas descriptas. (Fig. 3c). Se observa que el sistema de diaclasas, diques y vetas del sector estudiado (Fig.1) están orientados NO-SE. Este sistema de fracturación es el más importante de Farallón Negro, el cual es independiente de los procesos volcánicos y fue heredado de las estructuras del basamento cristalino (Llambías 1970).

Minerales primarios

La paragénesis primaria (hipogénicos) de Veta Esperanza Sudeste corresponde a pirita, galena, esfalerita, calcopirita, sulfosales de plata y oro. La paragénesis de Veta Esperanza está constituida principalmente por minerales primarios como galena argentífera, blenda aurífera, argentita, boulangerita, pirargirita, polibasita, tetraedrita-tennantita, calcopirita, pirita en ganga de cuarzo y carbonatos blancos y rosados (Pantorrilla 1995) (Fig. 4).

Los minerales primarios de esta veta se encuentran en los niveles superficiales, según Montenegro (2008), en contenidos de menos del 5 % incrementándose en profundidad y hacia los extremos noroeste y sudeste hasta superar el 80 %. Están representados por carbonatos blancos y rosados bandeados, intercalados con fi-

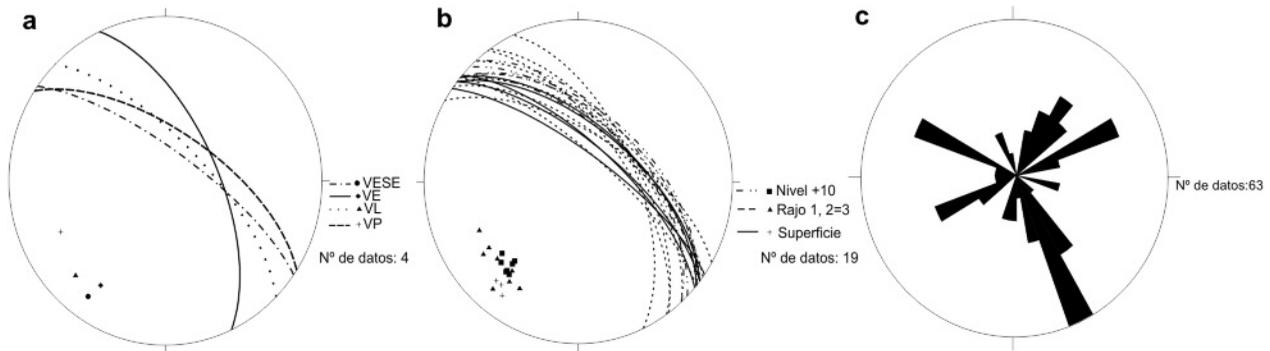


Figura 3: a) Diagrama estereográfico mostrando la orientación de las principales vetas del sistema Alto de la Blenda (VESE: Veta Esperanza Sudeste; VE: Veta Esperanza; VL: Veta Laboreo; VP: Veta Portezuelo); b) Diagrama estereográfico con datos del plano de falla tomados en piso y techo, mostrando disminución de la inclinación a medida que aumenta la profundidad; c) diagrama que ilustra el sistema de diaclasas en la roca de caja monzonítica.

nas venillas de óxidos de manganeso y pequeños agregados de sulfuros de zinc y plomo. Los carbonatos rosados fueron observados en los sondeo P3, P4 y descritos en Veta Esperanza Sudeste 3 y Veta Esperanza Sudeste 4 A (Fig. 5a y b). Asimismo, se observaron escasos sulfuros primarios en venillas de cuarzo y carbonato en la monzonita, en el nivel +10 galería NO.

La pirita, es muy abundante presentándose en cristales de poco desarrollo, anhedrales a euhedrales, con secciones cúbicas y granulometría fina, con tamaños de hasta 30 micrones. Forma también agregados policristalinos de hasta 100 micrones junto a esfalerita. La galena se presenta en cristales de buen desarrollo de forma subhedral de hasta 400 micrones. La esfalerita se encuentra también en venas de hasta 250 micrones con calcopirita como inclusión (Fig. 6a).

Minerales de oxidación y enriquecimiento secundario

La paragénesis de los minerales secundarios (supergénicos) de Veta Esperanza Sudeste está compuesta por pirolusita, psilomelano, hematina-goethita, sulfuros secundarios como calcosina y covelina. La paragénesis secundaria de Veta Esperanza está constituida por escasos minerales como lepidocrosita, cuprita, criptomelano, manganita. (Fig. 4).

En Veta Esperanza Sudeste los minerales secundarios reemplazan totalmente la mineralización primaria, son observados en superficie, en interior de mina y en los son-

	Minerales	V.E	V.E.S.E
Hipogénicos	Pirita	●	●
	Esfalerita	●	×
	Calcopirita	●	×
	Galena	●	×
	Argentita	×	—
	Boulangerita	×	—
	Pirargirita	×	—
	Polibasita	×	—
	Tetraedrita-tennantita	×	×
	Au nativo	×	—
Supergénicos	Electrum	×	—
	Cuarzo	●	×
	Carbonatos de Ca-Mn	●	×
	Hematita-Goethita	—	×
	Lepidocrosita	×	—
	Covelina-calcosina	—	×
	Cuprita	×	—
	Pirolusita	—	●
	Psilomelano	—	●
	Criptomelano	×	●
Manganita	×	—	
Yeso	—	×	
Au	—	×	

Figura 4: Cuadro comparativo de la mineralización de Veta Esperanza (VE) y Veta Esperanza Sudeste (VESE): círculos, minerales abundantes; cruces, minerales presentes y guiones, minerales ausentes.

deos de la veta 3 (P3, 33A) y en la veta 2 A (P2, 22A) (Fig. 5a y c) (Salado Paz 2009).

El psilomelano y pirolusita, se presentan con textura rítmica concéntrica, textura en bandas, bandeada costrificada, coloidal costrificada (Fig. 6b) y fibrosa. También hay óxidos de manganeso fibrosos, de color gris blaquecino, que podrían corresponder a criptomelano, pirolusita y secciones rómbicas de pirolusita.

Los óxidos de hierro, corresponden a cristales de hematita, con tamaños hasta los 550 micrones (Fig. 6c) y son de moderada abundancia, se presentan en cristales anhedrales de bordes redondeados y en pátinas de tonalidades rojizas en la ganga

no metálica. Además, reemplazando a cristales de pirita en los bordes y en venillas. Se observaron sulfuros secundarios de cobre, como calcosina-covelina (Fig. 6d) y asociado a los minerales de oxidación hay pequeñas partículas de oro y sulfosales de plata (Fig. 6e y f).

Calcosina y covelina, se presentan en cristales anhedrales de poco desarrollo con tamaños de hasta 250 micrones asociadas a calcopirita, a la que alteran en los bordes. Se puede observar estos minerales inmersos en una masa compuesta principalmente de óxidos de manganeso y/o cuarzo.

El oro se encuentra incluido en cuarzo,

fue observado en muestras tomadas en los niveles superficiales y en nivel +10, con tamaños que varían entre 15 a 60 micrones, mientras que las sulfosales de plata solo se observaron en el nivel +10 de manera escasa, con tamaños aproximados a 100 micrones corresponderían a sulfoantimoniuros de Ag por las propiedades ópticas de color gris blanquesino con tinte azulado y anisotropía enmascarada por fuertes reflejos internos de coloración rojizos a naranjas. Estos se presentan con hábito fibroacicular, y extinción zonada. Están asociadas a los óxidos de manganeso, como así también, incluidas en venas de cuarzo policristalino.

Los análisis químicos realizados por YMAD en Veta Esperanza Sudeste (Cuadro 2) revelan que los valores de alta ley de Au y Ag se encuentran en la zona oxidada visualizada en las vetas 2 y 3, relacionado a la presencia de óxidos de manganeso, variando bruscamente al aparecer la mineralización primaria de la veta 4A con ganga de carbonatos blancos y rosados (calcita y rodocrosita). Esto puede verse en el perfil realizado con las observaciones y descripciones de las perforaciones (Fig. 7).

Texturas de la veta

La textura principal observada en afloramientos de superficie y en interior de mina es bandeada. Las texturas bandeadas, en escarapela y drusiforme, son también abundantes y típicas de rellenos de espacios abiertos. Las bandas se componen de minerales de óxidos de manganeso, cuarzo y carbonatos blancos, se disponen de manera paralela al rumbo de la fractura con diferentes espesores, característica observable tanto en superficie como en interior de mina (Fig. 8b).

También se observó una textura brechosa postmineral con fragmentos de veta en una matriz argílica más abundante en el techo de la estructura mineralizada.

Además, se observó una brecha intramineral compuesta por clastos de monzonita argilitizados y oxidados, rodeados por una matriz de óxidos de manganeso (pírolusita y psilomelano). Pudo distinguirse

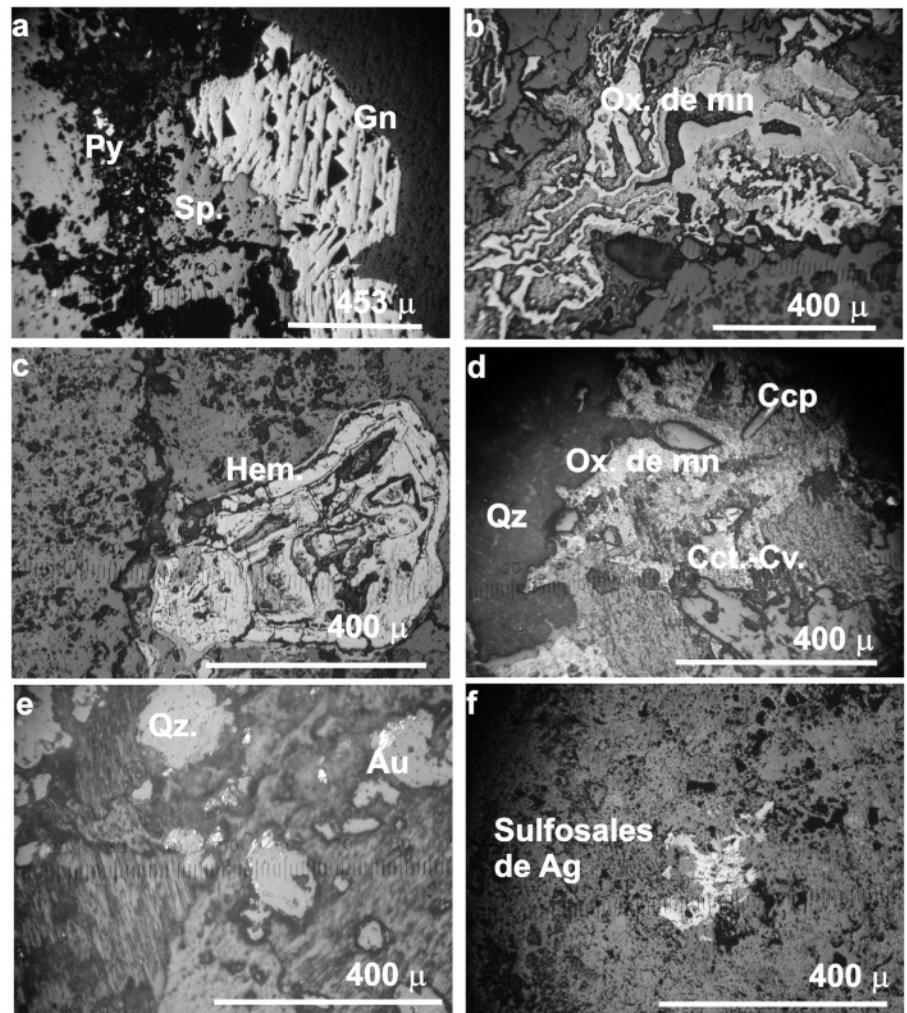


Figura 6: Fotomicrografías: a) Sulfuros primarios a 4x; b) óxidos de manganeso con textura bandeada costrificada y coloiforme costrificada a nicoles paralelos a 10x; c) hematita a nicoles paralelos a 10x; d) sulfuros secundarios de cobre, óxidos de manganeso, calcopirita y cuarzo a nicoles paralelos a 10x; e) oro como inclusiones en cristales anhedrales de cuarzo a nicoles cruzados a 10x; f) sulfoantimoniuros de plata con hábito fibroso a nicoles cruzados a 10x. Cct-Cv: calcosina-covelina; Ccp: calcopirita; Qz: cuarzo; Hem: hematita; Gn: galena; Sp: esfalerita; Py: pirita. Abreviaturas según IMA (*International Mineralogical association*).

que algunos clastos están libres de oxidación, encontrándose argilitizados y otros la oxidación se presenta en los bordes de los mismos. La forma de los clastos varía entre subangulosa a subredondeada con tamaños de 0,3 mm hasta 30 mm de ancho y largo variable (Fig. 8a).

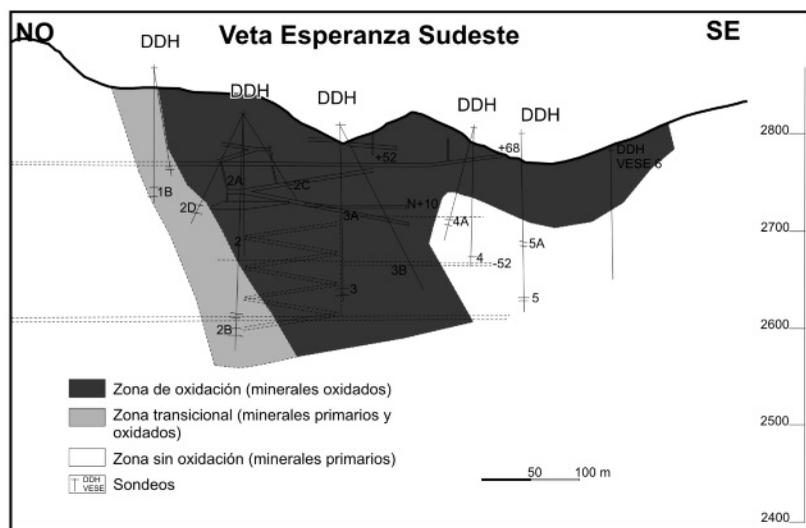
Al microscopio, se determinó en los clastos alteración caolinitica, sericitica, silicica así como minerales arcillosos no distinguibles al microscopio, pero caracterizados por su forma, hábito y baja birrefringencia. La intensidad de la alteración es moderada a fuerte con silificación subordinada en venas y mosaicos policristalinos de cuarzo.

Otras texturas observadas al microscopio, se encuentran presentes en minerales específicos, como cuarzo diente de perro y agregados policristalinos, óxidos de manganeso fibrosos a masivos y limonita en bandas y masiva.

La veta con textura brechosa es de gran espesor, hasta 2 metros, tanto al techo como en el piso, es una textura importante ya que tanto la brecha oligomictica postmineral como la brecha intramineral son mineralizadas. Se interpreta que la formación de la brecha es producto de la actividad de la falla por la cual se emplaza la mineralización. El mineral se habría depositado en una fractura normal, movi-

CUADRO 2: Resumen de sondeos 2, 3 y 4A en zona de veta con resultados de análisis químicos de oro y plata realizados por YMAD.

SONDEO	DE	A	Metros perforados	Metros corregidos	Descripción	Muestra N°	ORO gr/tn	PLATA gr/tn
VESE 2	134,90	136,60	1,70	0,82	Veta de óxidos de manganeso, carbonatos negros, cuarzo gris; con lentes de limonita y arcilla variablemente silicificados; textura brechosa.	1	5,40	237,00
VESE 2	136,60	138,40	1,80	0,87	Caja monzonítica alterada a limonitas-arcillas y atravesadas por venas y venillas de cuarzo-óxidos de manganeso.	2	1,30	32,00
VESE 2	138,40	141,60	3,20	1,55	Caja andesítica, con piritas deiseminada; limonitizada-argilitizada, impregnada con óxidos de manganeso y con venillas de cuarzo-óxidos de manganeso.			
VESE 2	141,60	142,55	0,95	0,46	Veta de cuarzo gris, óxidos de manganeso, carbonatos negros, con lentes de limonitas y arcillas; textura bandeada.	3	5,60	338,40
VESE 2	142,55	144,00	1,45	0,70	Veta óxidos de manganeso, carbonatos negros, cuarzo gris; bandeada a brechosa. Con clastos de carbonatos negros-óxidos de manganeso en matriz silícea.	4	3,90	301,40
VESE 2	144,00	145,20	1,20	0,58	Idem anterior.	5	3,40	269,60
VESE 2	145,20	146,70	1,50	0,73	Veta carbonatos negros, óxidos de manganeso, cuarzo gris; brechosa a drusiforme. Con clastos de limonita-arcilla de 30mm.	6	0,93	303,00
VESE 2	146,70	148,00	1,30	0,63	Veta óxidos de manganeso, cuarzo; bandeada a brechosa y drusiforme. Venillas y lentes de limonita-arcilla.	7	1,80	391,30
VESE 3	170,50	172,60	2,10	1,14	Veta de carbonatos negros, óxidos de manganeso, cuarzo gris, limonita y arcilla; bandeada.	1	3,90	482,00
VESE 3	172,60	174,85	2,25	1,23	Veta de óxidos de manganeso, carbonatos negros, limonita, bandeada con cuarzo gris.	2	6,60	205,00
VESE 3	174,85	176,30	1,45	0,79	Veta de óxidos de manganeso, carbonatos negros, limonita, cuarzo gris bandeada a brechosa y drusiforme.	3	11,20	63,00
VESE 3	176,30	176,90	0,60		Zona de falla con arcilla teñida con limonitas e impregnaciones de óxidos de manganeso.			
VESE 3	176,90	178,30	1,40	0,76	Veta cuarzo gris, óxidos de manganeso, limonitas; bandeada a brechosa. Muy fracturada.	4	6,50	65,00
VESE 3	178,30	180,00	1,70	0,93	Veta cuarzo gris, óxidos de manganeso, limonitas, carbonatos negros; bandeada a brechosa.	5	4,70	54,00
VESE 4A	112,68	114,50	1,82	1,15	Veta de carbonatos blancos-rosados, cuarzo, bandeada a brechosa muy fracturada.	1	2,70	84,00
VESE 4A	114,50	116,60	2,10	1,33	Veta carbonatos rosados-blancos, cuarzo, bandeada a brechosa, engloba fragmentos de monzonita argilitizada.	2	3,60	81,00

**Figura 7:** Perfil de Veta Esperanza Sudeste, mostrando zonas de diferentes grados de oxidación donde varían los contenidos metálicos (Salado Paz 2009).

mientos inversos posteriores distinguidos con los indicadores cinemáticos del nivel +10 removilizó el material formando una brecha cuya matriz es de material argilitizado y clastos de mineral (postmineral), los cuales fueron afectados posteriormente por la oxidación.

DISCUSIÓN

Veta Esperanza tiene una dirección NO-SE, con un diseño curvo en planta, presentando afloramientos discontinuos. Veta Esperanza Sudeste se encuentra desconectada, desplazada hacia el noroeste

aproximadamente 150 m de Veta Esperanza. Entre ambas vetas, se halla un pequeño asomo de veta también desconectado de ambos cuerpos, que se identifica como la finalización de Veta Esperanza. Existen diferencias mineralógicas importantes entre ambas vetas definidas por la presencia y abundancia de minerales secundarios y enriquecimiento supergénico, las que fueron resumidas en la figura 4.

CONCLUSIÓN

La presencia de una fuerte oxidación y enriquecimiento supergénico de Veta Esperanza Sudeste la diferencia de Veta Esperanza. El grado de oxidación fue de mayor intensidad en Veta Esperanza Sudeste reemplazando totalmente a los minerales primarios y permitiendo la movilización y redepositación de los elementos metálicos que incrementan la ley de este depósito. Las diferencias entre Veta Esperanza Sudeste y Veta Esperanza podrían corresponder a distintos niveles de erosión, los cuales se deben principalmente a

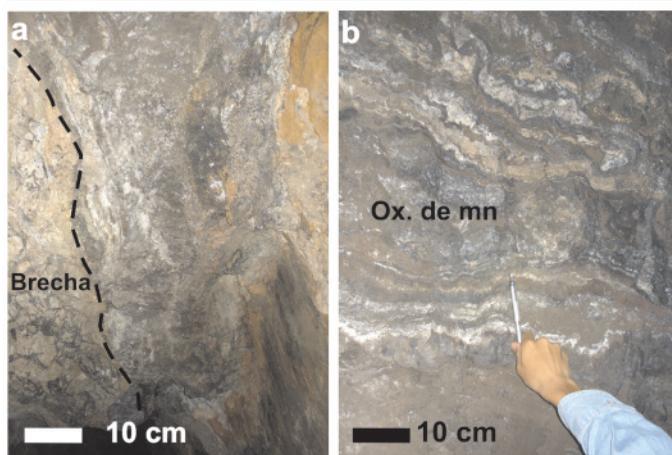


Figura 8: a) Textura brechosa en veta, con clastos de monzonita argilitizada y oxidada; b) textura bandeada con bandas de óxidos de manganeso, cuarzo y carbonatos blancos

un factor estructural. Las fallas de rumbo NE produjeron el desplazamiento hacia el NE de Veta Esperanza Sudeste y elevaron la porción SE quedando expuesta a una mayor oxidación. Probablemente, haya participado también la permeabilidad de la caja monzonítica (particularmente hacia el techo, donde la oxidación es mayor) para que se produzca un mayor desarrollo de la zona de alteración supergénica en el sector estudiado. Asimismo cabe destacar que el enriquecimiento de Au y Ag se encuentra asociado con la presencia de óxidos de manganeso, esto ya había sido observado por Malvicini y Llambías (1963).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través del proyecto 26/G405-1 otorgado por CIUNT. Los autores agradecen a YMAD por permitir el acceso a la propiedad y por el apoyo brindado. A la Universidad Nacional del Sur, en especial a los Dres. Bengochea y Mas por las determinaciones de los análisis de rayos X. Este manuscrito fue considerablemente mejorado gracias a los aportes de los revisores, el Dr. Zappettini y un arbitro anónimo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- García, H. 1968. Control estructural de las vetas de Alto de la Blenda, Departamento Belén, Provincia de Catamarca. *Revista Opera Lilloana* 19:1-87.
- Halter, W., Bain, N., Becker, K., Heinrich, M., Von

- Quadt, A., Clark, A., Sasso, A., Bissig, T. y Tosdal, R. 2004. From andesitic volcanism to the formation of a porphyry Cu-Au mineralizing magma chamber: the Farallón Negro Volcanic Complex, northwestern Argentina. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 136: 1-30.
- Heald, P., Foley, N. K. y Hayba, D. 1987. Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: acid-sulfate and adularia-sericite types. *Economic Geology* 82: 1-25.
- Hedenquist, J.W. 1987. Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin. *Transactions 4^o Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference*, Actas 1: 1-26, Singapore.
- Japan International Cooperation Agency 1987. Informe sobre Exploración de Minerales del área de Alto de la Blenda, República Argentina. Fase I. YMAD (inédito) 166 p., Catamarca.
- Llambías, E. 1970. Geología de los Yacimientos Mineros de Agua de Dionisio, Provincia de Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Mineralogía Petrología y Sedimentología* 1(2): 3-32.
- Llambías, E. 1972. Estructura del Grupo Volcánico de Farallón Negro, Provincia de Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27: 161-196.
- Malvicini, L. y Llambías, E. 1963. Mineralogía y origen de los minerales de manganeso y sus asociados en Farallón Negro, Alto de la Blenda y Los Viscos, Hualfín, Provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 18: 177-179.
- Montenegro, N. 1987. Geología minera del sector comprendido entre Quebrada Los Viscos, Quebrada del Águila y El Tobogán. Distrito

Hualfín. Departamento Belén. Provincia de Catamarca. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), 107 p., Tucumán.

- Montenegro, N. 2008. Alto de la Blenda, Veta Esperanza Sudeste, una mina diferente. *Segundas Jornadas Geológicas*, Fundación Miguel Lillo, Actas 1:19-20, San Miguel de Tucumán.
- Pantorilla, A. 1995. Estudio Mineralógico y Metalogénico del Complejo vetiforme Alto de la Blenda: su aplicación en el beneficio de los elementos Oro y Plata. Distrito Hualfín, Departamento Belén, Catamarca. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), 266 p., Tucumán.
- Ramos, V.A. 1999. Las provincias geológicas del territorio Argentino En: Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 29: 41-96, Buenos Aires.
- Salado Paz, N. 2009. Estudio Geológico Económico de Veta Esperanza Sudeste, Alto de la Blenda, Distrito minero Agua de Dionisio, Provincia de Catamarca. Tesis de grado, Universidad Nacional de Tucumán, (inédito), p.125, Tucumán.
- Sasso, A.M. 1997 Geological evolution and metallogenetic relationships of the Farallon Negro Volcanic Complex, NW Argentina. Tesis doctoral, Queen's University, (inédito), 842 p., Kingston.
- Sasso, A. y Clark, A. 1999. El Grupo Farallón Negro: evolución magmática, hidrotermal y tectónica e implicancias para la metalogenia de cobre-oro en el retroarco andino, Catamarca. En: Zappettini, E.O. (ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1437-1450, Buenos Aires.
- Sister, R. 1965. Informe geológico económico de Farallón Negro y zona adyacente, Distrito Hualfín, Departamento Belén, Provincia de Catamarca. *Revista Opera Lilloana* 8: 15-35 y 81-83.
- Turner, J.C. 1962. Estratigrafía de la región al naciente de Laguna Blanca (Catamarca). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 17(1-2): 11-14.

Recibido: 22 de marzo, 2010

Aceptado: 18 de febrero, 2011