

## Caracterización geológica y mineralógica de las vetas “San José” y “La Arenosa”, en la mina Santa Marianita de la parroquia Malvas, cantón Zaruma provincia de El Oro

Geological and mineralogical characterization of “San José” and “La Arenosa” veins, in Santa Marianita mine of Malvas parish, Zaruma district El Oro province

Luis Satián<sup>1\*</sup> & Jorge Alonso<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Consultor, egresado Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales.

<sup>2</sup>Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo. Telf. 0983480131, Guayaquil, Ecuador.

Recibido 5 de septiembre 2019; recibido en forma revisada 15 de octubre 2019, aceptado 5 de noviembre 2019  
Disponible en línea 20 de diciembre 2019

### Resumen

Este estudio se realizó con el objetivo de caracterizar la geología y mineralogía de las vetas “San José” y “La Arenosa” de la mina Santa Marianita, la concesión minera Murciélagos, Vizcaya perteneciente a la empresa minera Blacio Aguilar, localizada en el cantón Zaruma, Provincia de El Oro, en el suroccidente del Ecuador. Las estructuras mineralizadas en mención pertenecen al distrito minero Zaruma-Portovelo con dominio estructural de rumbo norte - sur y tendencia de buzamiento hacia el este. Se definió la paragénesis mineral por análisis macroscópicos de muestras de mano, análisis microscópicos de láminas delgadas y secciones pulidas que determinaron la composición mineralógica para la respectiva interpretación y comparación entre ambas vetas. Se realizaron mapas geológicos a partir de mapas topográficos a escala 1:200 digitalizados en el software AUTOCAD. En las secciones pulidas se encontraron sulfuros, óxidos y carbonatos junto a indicadores geológicos que definieron al depósito como un yacimiento epitermal de baja sulfuración.

**Palabras claves:** mineralogía, rumbo, buzamiento, paragénesis, yacimiento epitermal.

### Abstract

This study aimed to characterize the geology and mineralogy of the “San José” and “La Arenosa” veins of the Santa Marianita concession to the company Minera Blacio Aguilar located in the Zaruma canton, Province of El Oro, in southwestern Ecuador. The mineralized structures in question belong to the Zaruma-Portovelo mining district with a structural dominance of a north - south direction and a tendency to dip to the east. Mineral paragenesis was defined by macroscopic analysis of hand samples, microscopic analysis of thin sheets and polished sections that determined the mineralogical composition for the respective interpretation and comparison between both veins, for this purpose geological maps were made from topographic maps to 1: 200 scale digitized in AUTOCAD software. Sulphides, oxides and carbonates were found in polished sections along with geological indicators that defined the deposit as a low sulfidation epithermal deposit.

**Keywords:** minerology, heading, diving, paragenesis, rhyolite, epithermal deposit.

### Introducción

El aprovechamiento de los minerales metálicos es la principal actividad de sustento económico para la población del cantón Zaruma. La parroquia rural Malvas que pertenece a su jurisdicción territorial, tiene características geológicas y sistemas de mineralización típicos del subdistrito minero El Oro que ocupa la parte SE de la faja de mineralización

aurífera polimetálica Zaruma-Portovelo. Este estudio pretende dar a conocer el control técnico y geológico de labores mineras de exploración y explotación dentro de los límites de la concesión minera Murciélagos-Vizcaya en la Mina Santa Marianita que pertenece a la empresa Minera Blacio Aguilar, pues se requiere una extracción óptima de minerales y métodos precisos para la búsqueda de futuras reservas.

\* Correspondencia del autor:  
E-mail: luiv\_93@hotmail.com



Los estudios geológicos cerca de la zona de estudio y trabajos previos en galerías y subniveles de explotación sugieren que el potencial minero para la extracción de minerales metálicos es el motivo para caracterizar geológica y mineralógicamente las vetas “San José” y “La Arenosa”, estructuras que atraviesan el área de la concesión minera Murciélagos-Vizcaya en labores de exploración y explotación bajo el régimen de pequeña minería.

La evaluación geológica y mineralógica de estas estructuras mineralizadas será posible a través del mapeo geológico, muestreo de labores y levantamientos topográficos que permitirán caracterizar el yacimiento. Una vez concluidos los trabajos de campo y laboratorio, además del respectivo análisis e interpretación de resultados, será posible optimizar el impacto económico para la empresa, debido a que las labores mineras futuras estarán sujetas al modelo geológico minero que se propone a continuación.

Gracias a la exploración minera moderna es posible reconocer y estudiar todo tipo de afloramientos y filones hidrotermales.

## Metodología

Se ha desarrollado el siguiente trabajo con cuatro etapas que son: trabajo de campo, actividades de laboratorio, trabajos de gabinete y análisis de resultados.

### Trabajo de campo

El trabajo se inició con el levantamiento topográfico subterráneo mediante cinta y brújula y sus resultados fueron graficados mediante el software AUTOCAD 2019. El mapeo geológico en el interior de la mina se realizó en conjunto con el levantamiento topográfico subterráneo y consistió en el levantamiento de la información geológica, mineralógica y estructural a una escala de 1:200.

El muestreo para obtener muestras de mano para descripciones macroscópicas detalladas se realizó a un intervalo de 25 metros con la extracción de 34 muestras, así como 2 para secciones delgadas y 7 para secciones pulidas; para esto fueron considerados los cambios de texturas y mineralogía a lo largo de las vetas “San José” y “La Arenosa”. El muestreo para análisis químico de laboratorio tuvo el mismo criterio de elección en cuanto a puntos de interés, considerando además las texturas de las menas y tipos de mineralización, seleccionando 10 puntos para el análisis de los elementos Au, Ag y Cu.

### Actividades de laboratorio

Corresponde a los análisis químicos de laboratorio de los muestreos seleccionados en 10 puntos o zonas de interés de las vetas “San José” y “La Arenosa” que consideran variación geológica, mineralógica y estructural a lo largo de las estructuras mineralizadas en estudio.

Se considera también parte de esta actividad el análisis y descripción macroscópica de 34 muestras de mano además de la descripción microscópica de 2 secciones delgadas para rocas de caja de difícil diagnóstico y 7 secciones pulidas para caracterizar la mineralogía de las vetas.

### Trabajo de gabinete

Corresponde a la recopilación de información de investigaciones anteriores como antecedentes bibliográficos para la base del siguiente estudio. Se incluyen también el proceso de elaboración de mapas topográficos y geológicos con la utilización de software AUTOCAD y ARCGIS, además de la preparación del siguiente escrito.

### Análisis de los resultados

Con la descripción de muestras de mano tomadas de material de veta y roca de caja a nivel macroscópico fue posible identificar mineralogía, asociaciones y alteraciones hidrotermales siendo posible la interpretación y relación de algún tipo de estructura geológica con el yacimiento mineral.

Se consideró evaluar las siguientes propiedades de los minerales: color de mineral, color de raya, brillo y transparencia además del tipo de fractura, diafanidad, tenacidad y propiedades magnéticas. Se evaluaron también otras propiedades como el tamaño absoluto y relativo de los cristales, geometría y la clasificación mineral presente en base a la composición mineralógica dominante. El análisis modal de rocas de caja y veta se realizó en referencia a una estimación visual de la muestra macroscópica utilizando tablas porcentuales de representación de ocurrencia mineral.

La descripción microscópica de 2 secciones delgadas para el estudio petrográfico de rocas de caja de difícil diagnóstico en la veta “San José” se realizó con el objetivo de definir la composición mineralógica del tipo de roca que presentó una variación geológica y estructural con la roca de caja madre descrita macroscópicamente con muestras de mano.

La descripción de 7 secciones pulidas se realizó con el objetivo de definir la composición mineralógica de la veta “San José” y “La Arenosa”, siendo posible la identificación de sulfuros no distinguibles mediante descripciones macroscópicas de muestra de mano, pudiendo además definir la paragénesis mineral para las 2 vetas. Para el análisis porcentual de porcentajes de mineral se utilizaron los mismos criterios de las descripciones microscópicas de secciones delgadas.

## Resultados

### Descripción de muestras de mano

A partir del análisis macroscópico de muestras de mano de las vetas “San José” y “La Arenosa” se definió la composición mineralógica de los sistemas mineralizados y se realizó la comparación entre ambas vetas. Se definieron también texturas de mena



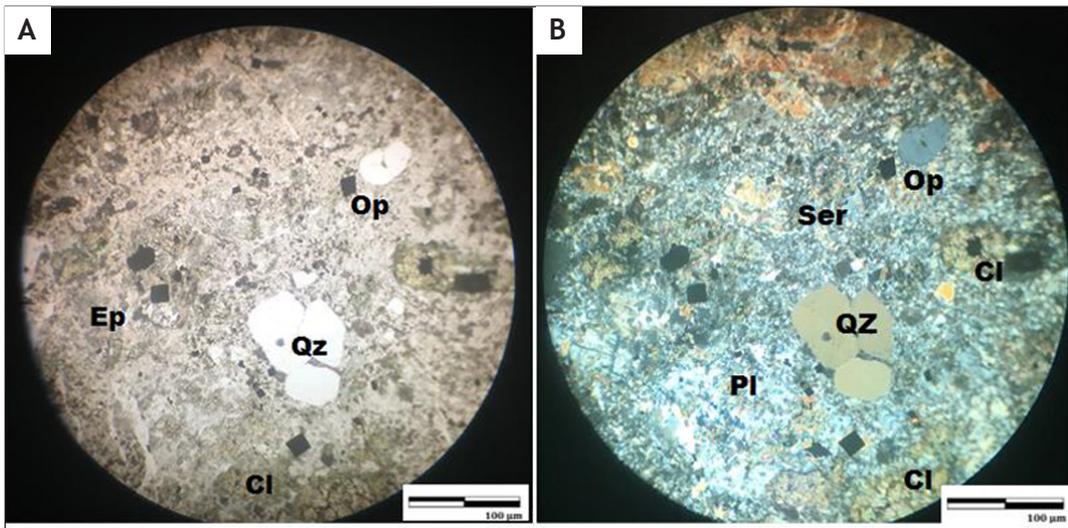


Figura 2. Vista en microscopio petrográfico de sección delgada VSN-012, Microfotografía A en nicoles II, Microfotografía B en nicoles X Aumento 4X.

#### Descripción microscópica de secciones pulidas

Se realizó la descripción de 7 secciones pulidas para el estudio de la composición mineralógica de la veta “San José” y “La Arenosa”, distribuyendo 6 secciones pulidas para la primera veta debido a su variada mineralogía y 1 sección pulida para la segunda estructura mineralizada debido al bajo porcentaje de minerales en relación a la primera estructura mineralizada y un fuerte grado de alteración de la roca por oxidación de sulfuros debido al agua que circula por fracturas.

#### MUESTRA VSS-001

Se identifica una matriz de cuarzo y clorita con sulfuros asociados: pirita y calcopirita. Se distingue limonita alrededor de la calcopirita diseminada, lo que indica una alteración de los minerales de hierro.

Se establece cuarzo como mineral principal de la matriz, en donde se han incrustado cristales euhedrales a subhedrales de pirita, asociados a calcopirita xenomorfa.

Con inmersión en aceite se aprecia limonita isotropa con incrustaciones de minerales aciculares de alta reflectividad (posiblemente Pirrotina), asociados a calcopirita xenomorfa.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: cuarzo (35%), Clorita (3%), Limonita (4%), Pirita (40%) y Calcopirita (18%).

#### MUESTRA VSS-005

Se identifica: Pirita, Calcopirita, Calcosina y Bornita, formando una mena masiva con una matriz de cuarzo. Se presenta además minerales de alteración argílica (limonita).

Se observa matriz de cuarzo con cristales relativamente grandes de pirita y calcopirita) alterada, además

de cristales de calcosina reemplazando a la pirita y parcialmente a la calcopirita. Un análisis más a detalle sugiere la alteración de calcopirita (subhedral) a calcosina.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (5%), Limonita (2%), Pirita (10%), Calcopirita (30%), Calcosina (5%), Bornita (3%), otros sulfuros (45%).

#### MUESTRA VSN-001

Se identifica: Pirita y Calcopirita, diseminadas a lo largo de la matriz de y roca encajante, con una alteración superficial. En los extremos de la sección pulida se puede identificar calcosina asociada a calcopirita.

Se observa calcopirita con incrustaciones de pirita xenomorfa. En la sección es posible identificar reflexiones internas propias del borde del mineral en sus inicios de alteración.

Pirita subidiomorfa y calcopirita están en asociación con granos de cuarzo.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral:

Cuarzo (13%), Pirita (8%), Calcopirita (21%), Calcosina (3%), Otros (55%).

#### MUESTRA VSN-002

Se identifica Cuarzo, pirita y Calcopirita asociados a Malaquita, Calcosina y covelina.

Se observa cristales idiomorfos de pirita (Py) en cristales xenomorfos de calcopirita (Cpy), es posible la asociación con Tetrahedrita (no posible la identificación-hábito particular).

Se identifica alteraciones (Cc y Cv) en los bordes de los granos de la calcopirita lo que indica un evento de reemplazo mineral.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (20%), Malaquita (6%), Pirita (10%), Calcopirita (25%), Calcosina (3%), Covelina (3%), Otros (33%).

#### **MUESTRA VSN-005**

Se observa mena con vetillas de cuarzo masivo y en forma de drusa rellenando microfracturas. La mineralización se encuentra en la roca de caja y está compuesta de: sulfuros (pirita, Calcopirita), Bornita y Calcosina; óxidos Hematita-limonita y minerales alterados de cobre-carbonatos Malaquita. Puede observarse Pirita sobre calcopirita alterándose a Covelina.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (8%), Hematita (3%), Limonita (2%), Malaquita (14%), Pirita (10%), Calcopirita (35%), Calcosina (10%), Covelina (7%), otros (11%).

#### **MUESTRA VSN-016**

Se observa una vetilla de cuarzo de 2cm de potencia sin mineralización. Se aprecian sulfuros: Calcosina (Cc), Calcopirita sobre pirita asociada a microcristales de cuarzo. La alteración de los minerales de cobre ha dado lugar a la formación de carbonatos Malaquita diseminada y Covelina.

Se identifica Calcopirita xenomorfa en pirita idiomorfa además de hematita alrededor de cuarzo y pirita. No se observan fases de alteración.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (30%), Malaquita (3%), Pirita (27%), Calcopirita (12%), Calcosina (10%), Covelina (3%), otros (15%).

#### **MUESTRA VAN-001**

Se observa matriz de cuarzo con clorita diseminada, presente en asociaciones de sulfuros: Pirita, Calcopirita y Covelina. Se distingue Hematita alrededor de la pirita y Limonita en la interfase mena-caja. Se identificó calcopirita alterándose a covelina con formación posterior de pirita idiomorfa.

Se observa también malaquita (Ml) en granos de calcopirita alterado.

La estimación visual de la sección pulida estableció la siguiente ocurrencia mineral: Cuarzo (55%), Hematita (9%), Limonita (11%), Pirita (10%), Calcopirita (5%), Covelina (3%), otros (7%).

Un ejemplo de las principales muestra de secciones pulidas observadas en el microscopio de luz reflejada se presenta en la figura 3 ( VSS-005, VSN-002 Y VSN-016).

#### **Paragénesis mineral**

Los minerales presentes en la veta se caracterizan por varias fases de apertura y relleno de fluidos atribuidos a diferentes procesos hidrotermales.

Por encontrarse en la zona de oxidación en estas estructuras mineralizadas la descomposición de la calcopirita forma calcosina, covelina, cuprita y malaquita, pero suele estar siempre asociado con bornita. La alteración de sulfuros puede formar carbonatos, sulfatos, óxidos e hidróxidos. La pirita en la veta “La Arenosa” suele transformarse en limonita debido al contacto con la atmósfera pasando de sulfuro de hierro a hidróxido de hierro y por reemplazo puede pasar de pirita a esfalerita, calcopirita, bornita, galena y covelina través de enriquecimiento secundario de Ag y Cu. La pirrotina encontrada en la veta “San José” suele reemplazar a la pirita. La bornita suele ser reemplazada por covelina, mientras que la calcosina por pirita.

#### **Análisis de resultados de laboratorio para elementos Au, Ag en y Cu.**

Los elementos de interés para complementar la caracterización geológica y mineralógica de las vetas San José y La Arenosa son: Oro, Plata, y Cobre.

El análisis químico de las muestras se realizó en el Laboratorio Golden Lab ubicado en el cantón Portovelo, el oro fue determinado por el método de ensayo al fuego con terminación en espectrofotometría de absorción atómica (EF-AA) y el cobre se determinó por espectrofotometría de absorción atómica AA).

En base a la caracterización mineralógica de las vetas “San José” y “La Arenosa” junto a los resultados en (g/ton) y (%) de los elementos químicos de interés para el presente estudio se define a la veta “San José” como la estructura mineralizada con valores más representativos en ley mineral, atribuidos a mineralización dominante de sulfuros de cobre y hierro además de óxidos junto a carbonatos, parámetros no representativos para resultados de ley mineral en la veta “La Arenosa”.

Los resultados de análisis químico de laboratorio para este estudio se recogen en base a un total de 10 muestras que se refieren como anexos del siguiente trabajo en la tabla 1.

#### **Discusión**

Integrando los parámetros geológicos que se analizaron en el siguiente estudio producto de análisis microscópicos macroscópicos y químicos de las muestras tomadas en las vetas “San José” y “La Arenosa” mediante los métodos de muestreo por canales y volumétricos junto a sus respectivas interpretaciones realizadas, se elaboraron dos mapas geológicos para la zona de estudio divididos en 3 secciones para los sectores centro, sur y norte de la veta “San José” y 1 sección para la veta “La

Arenosa” representados sobre el mapa topográfico base a escala 1:200. El objetivo del mapeo de las mencionadas estructuras mineralizadas fue definir su caracterización litológica, mineralógica, las

estructuras presentes y sus texturas. Se realizó también el análisis de la roca estéril o roca de caja como, así como el de las vetas siendo estas analizadas *in-situ* y complementadas con un estudio detallado

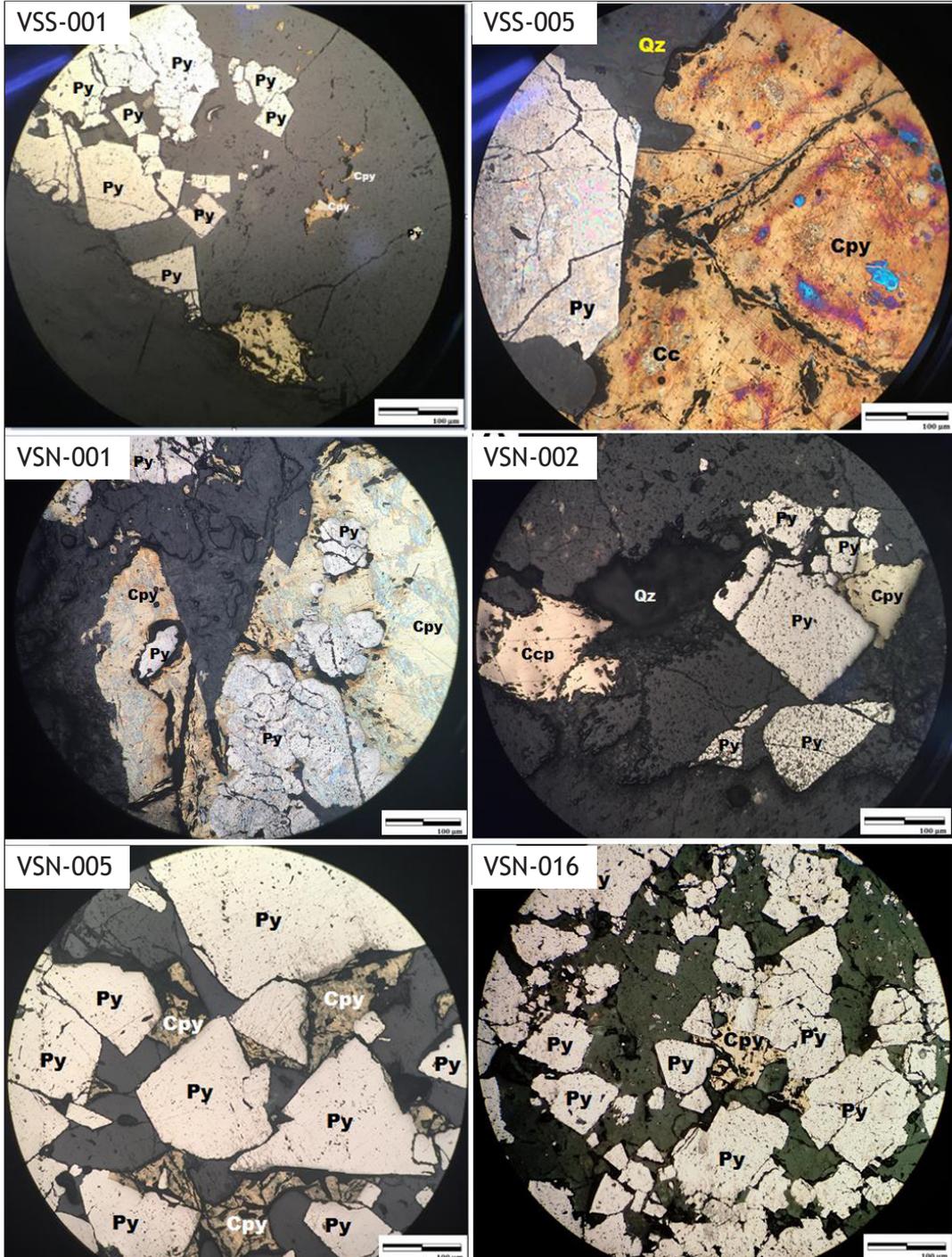


Figura 3. Ista de principales secciones pulidas en microscopio de luz reflejada, objetivo de aumento 10X en nicóles II.

Tabla 1. Resultados de análisis químicos de muestreos realizados para elementos Au y Ag en (g/ton) y Cu en (%).

MUESTRA	Au-g/TM	Ag-g/TM	%Cu Cobre
	Oro-total	Platatal	
	E.F	E.F	AA
VSJN-001	3,33	93,73	3,88
VSJN-002	0,33	104,53	2,40
VSJN-003	1,67	17,07	0,62
VSJN-005	0,47	77,07	2,16
VSJS-001	0,27	65,87	3,38
VSJS-002	0,27	10,07	0,27
VAS-001	0,67	16,53	0,15
VAS-002	0,33	11,80	0,19
VAS-003	0,13	3,20	0,11
VAS-004	0,20	3,80	0,12

de secciones delgadas y secciones pulidas, resultados que se presentan en este capítulo. Finalmente, con el estudio por análisis químico se definió la concentración en g/ton de los elementos Au, Ag y en % para Cu para determinar entre las 2 vetas la zona mineralizada con mayor interés económico con el objetivo de planificar futuras labores mineras subterráneas.

## Conclusiones

La investigación realizada en la zona de estudio definió estructuras mineralizadas en forma de vetas con orientación preferencial N-S y ligeras variaciones NO-SE y NESO y zonas de falla con orientación preferencial SE, confirmando el modelo estructural definido para el distrito minero Zaruma - Portovelo (Bonilla, 2009).

La mineralización de la veta “San José” está dominada por sulfuros de cobre, sulfuros de hierro, óxidos y silicatos. La alteración de minerales de cobre dio lugar a la formación de carbonatos.

Se encontraron estructuras tipo stockworks que aparecen en la veta “San José” producto de un fracturamiento no tan amplio para el relleno de soluciones mineralizantes por consiguiente no se forman vetas sino vetillas de pocos milímetros de espesor que no representan mineral económicamente rentable.

La mineralización en la veta “San José” está relacionada a las texturas de relleno crustiforme y coliforme donde las leyes minerales fueron mayores en relación y comparación a la veta “La Arenosa”. La mineralización en la veta “La Arenosa” presenta un porcentaje menor de carbonatos, los óxidos son más frecuentes en relación a la veta “San José”

mientras que sulfuros de cobre y hierro aparecen en porcentajes bajos.

La evaluación de los resultados del análisis químico de los elementos Au, Ag y Cu realizados por muestreos en las vetas “San José” y “La Arenosa” definen a la veta “San José” como la estructura mineral que representa mayor interés económico en relación a la veta “La Arenosa” donde las leyes minerales para los tres elementos analizados fueron relativamente más bajas.

La interpretación de análisis mineralógico definió la paragénesis de las vetas “San José” y “La Arenosa” caracterizada por los minerales cuarzo, calcopirita, pirita, esfalerita, y en menor proporción hematita, bornita, covelina y calcosina confirmando y relacionando la hipótesis de Bonilla (2009) que describe como minerales primarios de mena a la pirita, calcopirita, bornita, galena junto a la tetraedrita-tennatita, plata, oro y como minerales de enriquecimiento secundario como la covelina y la calcosina con el cuarzo como mineral dominante de ganga.

Las vetas “San José” y “La Arenosa” se formaron a poca profundidad en relación a la superficie Guilbert y Park (1986), definen a los yacimientos que se forman bajo esta condición como depósitos epitermales producto de volcanismo con actividad hidrotermal que se da a poca profundidad y bajas temperaturas.

En los depósitos de baja sulfuración predominan las vetas asociados estructuras tipo stockworks (Bonilla, 2009). En la veta “San José” en base a este tipo de estructuras se caracterizó este yacimiento como un depósito epitermal de baja sulfuración (Arribas y Hedenquist, 2000).

Se definen 2 tipos de alteración hidrotermal para las estructuras mineralizadas que son motivo de estudio: alteración argílica en la veta “La Arenosa” representada por la presencia de minerales arcillosos y alteración propilitica para la veta “San José” donde la epidota y plagioclasas alteradas son indicios de este tipo de alteración.

Los resultados de análisis químico de laboratorio para Au y Ag expresado en g/ton además de Cu en % para la veta “San José” son más representativos en relación a la veta “La Arenosa” debido a un mayor porcentaje de mineralogía presente constituida principalmente por sulfuros de cobre y hierro, óxidos, carbonatos y silicatos.

## Recomendaciones

Se recomienda mantener actualizada la base topográfica subterránea en los frentes de trabajo de las vetas “San José” y “La Arenosa” con el objetivo de controlar los avances en las labores de trabajo y

planificar proyectos que definan la exploración para búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas.

Continuar a medida que avancen los trabajos de explotación con la documentación de mapas geológicos de las vetas “San José” y “La Arenosa” y su respectiva interpretación realizando la evaluación y elaboración de criterios como posible solución a situaciones que puedan interrumpir el normal seguimiento para la explotación de las estructuras mineralizadas.

Se recomienda efectuar constantes muestreos channel sampling y grab sampling para análisis químico en las vetas “San José” y “La Arenosa” para mantener un control continuo y una correcta selección del material que se extrae en cada frente de trabajo. Para la planificación de nuevos frentes de trabajo con objetivo de extracción de material de mena, se recomienda la valoración de los resultados de análisis químicos en Au, Ag en (g/ton) y Cu en % antes de la ejecución de labores que permitan la extracción del mineral.

Se recomienda realizar pozos, subniveles y rebajes donde los estudios geológicos y análisis geoquímicos de muestreos en las vetas tengan relación de interés de tal manera que el impacto siempre sea económicamente positivo para la empresa.

Debería considerarse lugares de interés para la explotación y extracción de material en vetas donde se presenten las texturas coloforme y crustiformes complementando su asociación con el cuarzo cristalino, la magnetita y la esfalerita considerando también que en las zonas de brecha donde exista una significativa concentración de minerales de cobre es factible la extracción de material con una correcta explotación selectiva.

## Referencias

- Añazco, J.P., 2017, Paragénesis de las vetas del sector Minas Nuevas, “O Nivel”, ubicado en el distrito aurífero-polimetálico Portovelo-Zaruma [Tesis de grado] Quito, Universidad Central del Ecuador.
- Bonilla, W. 2009, Metalogenia del distrito minero Zaruma-Portovelo, República del Ecuador, [Ph.D. thesis]: Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires, 219 p.
- Chuqui, R.G., 2018, Zonificación metalogénica de vetas de los sectores M y R de la mina Goldmins, ubicada en la parroquia Malvas, cantón Zaruma de la Provincia de El Oro Portovelo [Tesis de grado] Quito, Universidad Central del Ecuador.