

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



TESIS

Caracterización Mineragráfica de la Veta 722, U.E.A.

San Cristóbal – Yauli La Oroya 2018

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. Jaime Wiber QUISPE SAEZ

Asesor: Dr. Reynaldo MEJIA CACERES

Cerro de Pasco – Perú – 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE GEOLOGÍA



TESIS

Caracterización Mineragráfica de la Veta 722, U.E.A. San

Cristóbal – Yauli La Oroya 2018

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mis padres por su sacrificio y comprensión,
por brindarme una educación valiosa y su
apoyo constante.

RECONOCIMIENTO

A todos los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Geología de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión que, a lo largo de toda mi etapa universitaria, que estuvieron apoyándome y brindándome sugerencias profesionales.

Mi agradecimiento a la Empresa **VOLCAN S.A.A.**, Unidad Minera Yauli a la Gerencia y Subgerencia representadas por Ing. Cesar Augusto Velasco Cornelio y al Ing. Roberto Carlos Bados Cueva respectivamente por la oportunidad en el desarrollo de este trabajo y por supuesto al ingeniero Stefano Barbosa y Jorge Gamarra, por su orientación, revisión y correcciones.

Asimismo, mi especial agradecimiento a la Lic. Erika Gabriel Tuesta y Mag. Sc. Alejandro Vargas Medalla del Laboratorio de Investigación y Servicios para la Actividad Minera e Industria (**BIZALAB**) por el apoyo a este trabajo.

RESUMEN

La veta 722, se encuentra ubicada en la unidad minera de San Cristóbal ubicado en el Distrito y Provincia de Yauli en el departamento de Junín. El presente estudio es el resultado del análisis mineralógico de 8 muestras obtenidas de la Veta 722 en las tres zonas (zona alta, media y baja), teniendo como objetivo la caracterización minerográfica de sulfuros y sulfosales, para realizar la secuencia paragenética y el probable zoneamiento de la veta, para tal caso se utilizó técnicas de microscopía óptica donde se identificaron minerales como: pirita, pirrotita, calcopirita I y II, esfalerita, cobres grises, galena, marcasita, covelita, hematita I (especularita), magnetita (mushketovita), arsenopirita, sulfosales de plomo y cobres grises; para complementar la caracterización se utilizó técnicas de microscopía electrónico de barrido enfocado para los sulfosales de plomo y cobres grises, para tal caso se seleccionaron dos muestras enfocados por la mineralización presente y por la zona donde se ubica; obteniendo la identificación de tenantita, freibergita – tetraedrita y bournonita; dada la identificación de los minerales y a las texturas observadas en muestras de DDH se clasificaron en Fase A: conformada por cuarzo, pirita, arsenopirita, pirrotita, marmatita, calcopirita I. Fase B: tenantita – tetraedrita, freibergita, bournonita, esfalerita, calcopirita II, galena. Fase C: marcasita, ankerita – siderita y como minerales secundarios la hematita I y II, covelita, magnetita. Por otra parte; la zonificación de la veta está en relación directa con la secuencia paragenética

Palabras Claves: Análisis Mineralógico, Caracterización Minerográfica, Secuencia Paragenética, Zoneamiento, Técnicas de microscopía.

ABSTRACT

The 722 vein is located in the San Cristóbal mining unit located in the District and Province of Yauli in the department of Junín. The present study is the result of the mineralogical analysis of 8 samples obtained from Vein 722 in the three zones (upper, middle and lower zones), with the objective of mineraphic characterization of sulphides and sulfosals, to perform the paragenetic sequence and the probable zoning of the vein, for this case optical microscopy techniques were used where minerals were identified such as: pyrite, pyrrhotite, chalcopyrite I and II, sphalerite, gray copper, galena, marcasite, covelite, hematite I (specularite), magnetite (mushketovite), arsenopyrite, lead sulfosal and gray copper; to complement the characterization, scanning electron microscopy techniques focused on lead and gray copper sulphosalis were used, for this case two samples were selected focused on the mineralization present and the area where it is located; obtaining the identification of tenantite, freibergite - tetrahedrite and bournonite; Given the identification of the minerals and the textures observed in DDH samples, they were classified in Phase A: made up of quartz, pyrite, arsenopyrite, pyrrhotite, marmatite, chalcopyrite I. Phase B: tenantite - tetrahedrite, freibergite, bournonite, sphalerite, chalcopyrite II, Galena. Phase C: marcasite, ankerite - siderite and as secondary minerals hematite I and II, covelite, magnetite. On the other hand; zoning of the grain is directly related to the paragenetic sequence

Keywords: Mineralogical Analysis, Mineragraphic Characterization, Paragenetic Sequence, Zoning, Microscopy Techniques.

INTRODUCCION

La presente investigación es presentación como Tesis en la Facultad de Ingeniería, Escuela de Formación Profesional de Geología intitulada “CARACTERIZACIÓN MINERAGRAFICA DE LA VETA 722, U.E.A. SAN CRISTOBAL – YAULI LA OROYA 2018”, para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo, la investigación tuvo lugar en la empresa minera VOLCAN en la mina de San Cristóbal;

Con frecuencia nos enfrentamos en situaciones donde el análisis químico evidencia elementos que no tienen relación con los minerales observados macroscópicamente, por lo tanto; resulta muy importante conocer la caracterización mineragráfica de la veta 722 con la finalidad de contribuir al conocimiento del yacimiento; para poder esbozar con estos elementos, y con otros correspondientes a estudios geológicos anteriores (U. PETERSEN, A. CAMPBELL, 1983; F. VERA ROSAS, 1983; C. M. WRIGHT, 1963).

A partir de esta investigación queda detallada y descrita la presencia de sulfuros (pirita, pirrotita, calcopirita, esfalerita, galena, marcasita, arsenopirita), sulfosales (tetraedrita, tenantita, freibergita, bournonita) y como minerales secundarios (covelita, hematita, magnetita) presentes en las muestras y la probable paragénesis y zoneamiento de la veta 722. El trabajo se efectuó en el periodo 2018 a través del logueo geológico de sondajes de los años 2017 y 2018 con objetivo a la veta 722, que comprendió la determinación de las características litológica y mineralización.

El estudio se efectuó utilizando principalmente métodos microscópicos, mediante la técnica de microscopia óptica de luz polarizada (esencialmente con luz reflejada), en esta se realiza la identificación de los minerales metálicos presentes en las muestras (sulfuros) y estudios por microscopia electrónica de barrido, enfocado en la identificación de sulfosales y cobres grises.

Este trabajo de investigación consta de cuatro capítulos donde se describen el Problema de Investigación, Marco Teórico, Metodología y Técnicas de Investigación y Resultados y Discusión.

Finalmente, las conclusiones y Recomendaciones que reflejan la importancia de conocer la caracterización minerográfica de la estructura y el tipo de textura que presenta para poder realizar la secuencia paragenética y la descripción del zoneamiento.

Se agradece a los colaboradores e instituciones que permitieron elaborar esta investigación tales como Empresa Minera VOLCAN y laboratorio BIZALAB.

EL AUTOR

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I	1
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Identificación y Determinación del Problema.	1
1.2. Delimitación de la Investigación.....	2
1.3. Formulación del Problema.	2
1.3.1. Problema general.	2
1.3.2. Problemas específicos.	2
1.4. Formulación de Objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo General.	2
1.4.2. Objetivos Específicos.	2
1.5. Justificación de la Investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3
CAPITULO II.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Antecedentes de Estudio.....	4
2.2. Bases Teóricas – Científicos:.....	7
2.3. Definición de Términos Básicos.	20
2.4. Formulación de Hipótesis:.....	21
2.4.1. Hipótesis General.	21
2.4.2. Hipótesis Específicos.....	21
2.5. Identificación de Variables.	21
2.5.1. Variables Independientes.....	21
2.5.2. Variables Dependientes.....	21
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.	21
CAPITULO III	23
METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	23
3.1. Tipo de Investigación.	23
3.2. Métodos de la Investigación.....	23

3.3. Diseño de la Investigación.....	24
3.4. Población y Muestra.....	24
3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	24
3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	26
3.6.1. Técnicas de Procesamiento.....	26
3.6.2. Análisis de Datos	28
3.7. Tratamiento Estadístico.	31
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.	32
3.9. Orientación ética.....	32
CAPITULO IV.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1. Descripción del trabajo de Campo.	33
4.1.1. Ubicación.....	33
4.1.2. Accesibilidad.....	33
4.1.3. Historia.....	34
4.1.4. Trabajos Previos.	35
4.1.5. Fisiografía.....	35
4.1.6. Marco Geológico Regional.....	36
4.1.7. Estratigrafía.....	37
4.1.8. Intrusivos.....	42
4.1.9. Geología Estructural.....	45
4.1.10. Ocurrencia de la Mineralización.....	48
4.1.11. Geocronología.....	59
4.1.12. Inclusiones fluidas.....	59
4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.....	60
4.3. Prueba de Hipótesis.....	111
4.4. Discusión de Resultados.	111
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIÓN	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXO	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y Determinación del Problema.

En la mina San Cristóbal no se cuenta con un conocimiento detallado de la mineralogía de la veta 722, sin embargo desde hace mucho tiempo se conoce la importancia que se da al conocimiento de la mineralogía presente en las estructuras (veta y/o roca) como un guía de exploración y en estos últimos años como una herramienta fundamental en los procesos metalúrgicos; por consiguiente en la veta 722, macroscópicamente se pueden reconocer minerales de mena tal como calcopirita, galena, esfalerita y ganga como pirita, marcasita, cuarzo, sin embargo, existen otros que no se pueden determinar con certeza, por ejemplo, se observa sulfuros de tonos grises y rojizos en venillas muy finas y diseminados que no se sabe con certeza que minerales son, además la geoquímica evidencian contenido de plata donde macroscópicamente no se observa, de ahí que con este trabajo se busca caracterizar los minerales presentes en las muestras recolectadas de la veta 722 para luego realizar la paragénesis y la descripción del zoneamiento en base a la mineralización.

1.2. Delimitación de la Investigación.

Para la presente investigación sobre la caracterización mineragráfica de la veta 722 es importante para conocer los minerales presentes en ésta estructura; ya que solo se conoce minerales observados macroscópicamente. Otra de las razones por la cuales se considera importante es porque me permitió identificar las características de los minerales y la presencia de otros minerales que no son observados macroscópicamente y porque a partir de ello se ha construido la probable secuencia paragenética y describir el zoneamiento en base a la distribución mineralógica que son básicos para una adecuada interpretación.

1.3. Formulación del Problema.

1.3.1. Problema general.

- ¿Cuál es la Caracterización Mineragráfica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?

1.3.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál es la paragénesis de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?
- ¿Cómo es la zonificación de la veta 722 en base a la mineralización, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?

1.4. Formulación de Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- Describir las características mineragráfica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Caracterizar la paragénesis de la veta 722 a través de la caracterización mineragráfica, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya.

- Describir la zonificación en base a la caracterización mineralógica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya .

1.5. Justificación de la Investigación.

El tema de Investigación se realiza porque aún no se cuenta con información mineralógica detallada de la veta 722, por lo tanto, la presente investigación se justifica que a través del estudio mineragráfica se logrará identificar los minerales presentes en cada muestra obtenida y con ello nos permitirá realizar una adecuada asociación, análisis e interpretación (identificando los estadios y/o la superposición de estas), para luego realizar la paragénesis y describir el zoneamiento en base a la mineralogía.

1.6. Limitaciones de la investigación.

En el desarrollo de la investigación se escogieron 8 muestras para el análisis respectivo por microscopía óptica y microscopía electrónico de barrido para la identificación de sulfuros y sulfosales, pero no se mandó para la identificaron de minerales no metálicos; sin embargo, se obtuvo los datos de interés necesarios para la investigación.

La investigación se desarrolló tomando en cuenta solo muestras obtenidas de la zona de roca filita ya que esta zona se encuentra en explotación y la mayoría de los proyectos de perforación diamantina para el aumento de recursos están direccionadas hacia la zona de roca filita y no hacia la zona de roca volcánica, por lo tanto, no se obtuvieron muestras de esa zona y la falta de reportes internos y descripción más detallada de la mineralogía de la veta 722.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de Estudio.

Existen estudios que tratan el tema de la paragénesis y el zoneamiento en base a una descripción mineralógica, por lo tanto, en esta sección se tiene una recopilación de las más importantes y relacionadas a esta investigación:

NEIL HUARAPITA GOICOCHEA (2016) – *Caracterización Minerográfica de las vetas Baca y Recuperada, del Cerro la Chilca, Cajabamba – Perú*, “(...), estas vetas presentan asociaciones mineralógicas, determinadas a través de un estudio minerográfica, través del estudio minerográfica se logró identificar las distintas asociaciones mineralógicas de cada zona mineralógica, (...) en la veta Baca (óxidos de cobre, goethita, limonita, digenita, pirita, calcopirita, enargita, cobre gris 1 y en la veta Recuperada (óxidos de cobre, goethita, digenita, covelita, pirita, calcopirita, esfalerita, enargita, cobre gris, cobre gris 2, arsenopirita), (...) que mediante la caracterización minerográfica de las vetas Baca y Recuperada se determinara sus asociaciones mineralógicas y su

zoneamiento vertical, diferenciando las zonas de oxidación, transicional e hipógena (...).”

CESAR CANEPA (2006) - *Estudio Microscópico de 13 muestras de afloramientos – Compañía Minera Vichaycocha S.A.C. – Proyecto Puy Puy*, “Contiene los resultados del estudio mediante microscopía óptica en sección delgada de un conjunto de 13 muestras procedentes del proyecto Puy Puy, (...) el objetivo ha sido efectuar un estudio mineralógico cualitativo y cuantitativo de los minerales transparentes presentes, de la textura y alteraciones y de su relación con las faces opacas, así como la identificación del protolito. El conjunto seleccionado para el estudio mineralógico representa la gradación desde el foco magmático hasta las fases más distales del metamorfismo, dicha gradación es como sigue: Foco magmático – Endoskarn – Exoskarn – Mármol (...).”

JOSE YPARRAGUIRRE CALDERON (2005) – *Secuencia Paragenética, Alteraciones Hidrotermales e Inclusiones Fluidas de la veta Bienaventurada, Huachocolpa, Huancavelica, Pág. 95 - Paragénesis y Zoneamiento* – “(...) en rocas volcánicas. El relleno mineral es de origen hidrotermal, del alcance epitermal emplazado por procesos de relleno de fisura con brecha (...) paragenéticamente la pirita fue el primer mineral depositado en las estructuras, el cuarzo es otro mineral abundante de largo período de mineralización seguida por la esfalerita, calcopirita, cobre gris, galena, sulfosales de plomo y baritina; algo más tarde rejalgar y oropimente. La segunda secuencia está constituida por pirita, cobres grises, sulfosales de plomo y estibina. Finalmente se puede observar una secuencia de minerales supérgenos constituidos por melnikovita, anglesita, yeso, hematita y limonita. El zoneamiento que presenta la veta es vertical; los valores de Ag predominan en profundidad, el zinc y plomo aumentan en las partes altas (...).”

I. FANLO, I. SUBIAS, E. MATEO, A. PANIAGUA, B. GARCIA 2006) – *Cobres grises y sulfosales de Plata de la Cordillera Ibérica: Evidencias de Procesos de Desestabilización, Pag 188 – (Mineralogía – Petrografía – Química Mineral)*, “(...) se caracteriza por la variedad de yacimientos que alberga, tanto desde un punto de vista mineralógico como tipológico. Se pueden encontrar depósitos filonianos de metales de base, (...), teniendo en cuenta que de todas las minas explotadas pocas han sido objeto de estudios mineralógicos, y que en una gran parte de los yacimientos filonianos dominaban el Sb y el As, fundamentalmente en forma de sulfosales, en este trabajo se presenta un estudio preliminar descriptivo y comparativo de algunas de las mineralizaciones con sulfosales más representativas de la Cordillera Ibérica, (...) de las diferentes sulfosales encontradas en las mineralizaciones, los cobres grises son ubicuos en todas ellas, predominando claramente los términos ricos en antimonio, ya que únicamente en la mina «Ménsula» de Calcina encontramos tenantita, (...) Hablando en términos generales, los cobres grises incluyen la serie de solución sólida tetraedrita-tenantita, junto con freibergita. La paragénesis de pirargirita, estefanita, polibasita, argentita y Ag nativa, requiere estados de sulfidación por debajo del campo de estabilidad de la tetraedrita. Esta baja sulfidación podría inducirse, bien por una pérdida extensiva de H₂S durante una ebullición, por la entrada de agua meteórica con bajos contenidos en azufre, o mediante una oxidación, Esta última posibilidad quedaría reflejada por la presencia ocasional de barita en el yacimiento (...).”

MAURICIO GONSALEZ GUILLOT, CECILIA BIEL SORIA (2004) – *Cobre Grises y sulfosales de Plata del Yacimiento Epitermal de Mina Martha, Macizó del deseado, San Cruz (Argentina)*, Pág. 127 “(...), se desarrollaron eventos hidrotermales que produjeron estructuras mineralizadas portadoras de oro y plata (...), mina Martha está enmarcada dentro del sistema vetiforme Bacon y junto con Cerro Vanguardia son

los únicos depósitos de oro y plata actualmente en explotación, (...) presentan una mineralogía muy compleja y poco común, (...) La mineralización aparece como relleno de vetas, en agregados y brechificada. Es principalmente argentífera (sulfosales de Ag) con oro y metales base asociados. Los principales minerales portadores de plata son tetraedrita - freibergita, pirargirita, miargirita, y en menor medida argentita, plata nativa, estefanita, polibasita y freislebenita. El Au aparece asociada a Ag como electrum. Los sulfuros están representados por pirita, calcopirita, marcasita arsenopirita, esfalerita y galena (...).”

LUCY JACQUELINE VILLENA ORTEGA (2015) – *Microtermometría de Inclusiones Fluidas y paleosotermas en yacimientos Epitermales de Plometalicos – Pág. 12 (Estudios Mineragráficos de 35 muestras)*. “Se aplicaron las técnicas de caracterización mineralógica orientadas en la búsqueda de la mineralización del yacimiento polimetálico a través de Estudios Petrográficos (Roca), Estudios Mineragráficos (Veta), Inclusiones Fluidas (Estudios Microtermométricos), Estudios por Microscopia Electrónica de Barrido (Veta) y Análisis de Minerales Arcillosos por Difracción de Rayos X (ADRX) a un total de 35 muestras las cuales corresponden a zonas superficiales e interior mina (...).”

2.2. Bases Teóricas – Científicos:

2.2.1. Estudio Mineragráfico.

A través de este estudio se puede determinar todos los minerales metálicos y no metálicos que presenta la veta, así como el tamaño de granos, definir las asociaciones mineralógicas (relación entre minerales), reconocer las alteraciones y reemplazamientos, además del tipo de textura y reconocer la secuencia paragenética. (Bisa, 2009).

2.2.2. Mineralogía Óptica.

La mineralogía óptica es una disciplina que se ocupa del estudio de los minerales con la ayuda del microscopio Polarizante de Luz Ascendente, su principio está basado en el método Cristaloóptico. Éste método nos permite determinar las propiedades físicas y químicas de los minerales en sus unidades morfológicas (granos mineralógicos), nos permite determinar los componentes mineralógicos, su estructura, su textura, tamaño y forma de los granos que componen las rocas.

2.2.3. Paragénesis.

Un fluido mineralizador cambia gradualmente su composición mientras migra desde su fuente ya que reacciona con las rocas, cambiando su composición química, pH y otras propiedades; migra a sectores de menor presión y pierde calor al entrar en contacto con rocas más frías. Al ocurrir estos cambios físicos y químicos, los minerales de mena y ganga se aproximan a sus respectivas constantes de equilibrio y son depositados en cierta secuencia. Esta depositación secuencial provee un registro detallado de la evolución en tiempo y espacio de una solución mineralizadora. El orden cronológico de depositación mineral se conoce como la secuencia paragenética o paragénesis de un depósito mineral. Esta se determina principalmente en base a estudios microscópicos con luz reflejada de secciones pulidas, utilizando los criterios texturales pero la relación entre distintas venillas constituye también antecedentes valiosos al respecto. Por su parte la paragenesis es indicativa de la evolución de los fluidos durante la formación de depósitos minerales. (Maksaev, 2011).

2.2.4. Zonación.

La distribución espacial se conoce como zonación, los patrones de zonación corresponden a cambios mineralógicos tanto en la vertical, como en la horizontal en áreas mineralizadas. Las zonas pueden ser definidas por diferencias en los

elementos metálicos y contenido de elementos trazas, diferencias en el contenido de azufre o incluso en sutiles diferencias entre razones entre ciertos elementos. La zonación es consecuentemente cualquier patrón regular en la distribución de minerales o elementos en el espacio en yacimientos minerales, el cual puede manifestarse a nivel de depósito individual (zonación de depósito mineral), en un distrito minero (zonación distrital) o en una región más grande (zonación regional). Las zonaciones mineralógicas reflejan las distintas condiciones físico-químicas existentes en distintos sectores de un sistema hidrotermal, pero puede darse el caso de traslapes de zonas con asociaciones minerales que reflejan por ejemplo distintas condiciones de presión y temperatura. En estos casos se dice que el depósito es telescópico (del inglés “telescoped”). Estos traslapes o zonas de superposición de distintas condiciones hidrotermales pueden resultar de procesos de denudación o remoción en masa, los que eventualmente pueden exponer zonas profundas a condiciones cercanas a la superficie. En la delimitación de cuerpos de mena de interés económico los cambios zonales a menudo son buenos indicadores si el mineral tendrá mayor extensión o se cerrará durante la exploración avanzada y esto constituye una aplicación práctica de la zonación a nivel de un cuerpo mineral individual. Por su parte, la zonación a nivel distrital puede permitir orientar la exploración hacia áreas superficiales o determinadas profundidades en las que es esperable encontrar determinada asociación mineral o de metales. (Maksaev, 2011).

Cualquiera que sea la relación que se use para definir las zonas, la zonación y la paragénesis son cogenéticas, solo son dos aspectos del mismo fenómeno de formación de depósitos minerales.

2.2.5. Procesos Hidrotermales.

La formación de muchos depósitos de minerales metálicos involucra la participación de soluciones acuosas calientes; por Ej. Vetas, stockworks de varios tipos, depósitos exhalativos volcanogénicos, pórfidos cupríferos, etc. La mayor parte de los depósitos metálicos de la Cordillera de los Andes son de origen hidrotermal, por lo que estos procesos son muy relevantes para comprender la formación de los yacimientos. Los fluidos participantes en estos procesos se denominan soluciones hidrotermales y existen distintas evidencias que indican su importancia como mineralizadores, particularmente las que provienen de inclusiones fluidas dentro de minerales precipitados a partir de soluciones hidrotermales y alteración hidrotermal de las rocas encajadoras. La homogenización de inclusiones fluidas en minerales de depósitos hidrotermales ha mostrado que el rango de depositación de minerales de mena y ganga para todo tipo de depósitos hidrotermales es de aproximadamente 50° a 650°C. Los análisis de los fluidos muestran que el agua es la fase más común y el contenido salino es frecuentemente más alto que en el agua de mar. Las soluciones hidrotermales tienen evidentemente la capacidad de transportar una amplia variedad de materiales y depositarlos en minerales tan diversos como el oro o la sericita (hidromuscovita), lo que muestra que la físico-química de tales soluciones es compleja y difícil de duplicar en laboratorios. El conocimiento de las propiedades y comportamiento de las soluciones hidrotermales todavía no está totalmente aclarado, existiendo muchas ideas sobre el origen de tales soluciones y los materiales que ellas transportan. Los problemas principales son la fuente y naturaleza de las soluciones acuosas, la fuente de los metales y el azufre transportados por ellas, la fuerza que mueve las soluciones a través de la corteza,

la forma de transporte de los componentes en solución y los mecanismos de deposición (*Maksaev, 2001*).

2.2.6. Fuente de Fluidos Hidrotermales.

Existen evidencias (sobre todo de inclusiones fluidas) que las soluciones hidrotermales salinas están ampliamente distribuidas en la corteza. En algunos sistemas geotermales activos (Ej. El Tatio en el norte de Chile) se puede observar como afloran aguas calientes en superficie. Los sistemas geotermales son objeto de estudios para comprender la circulación de soluciones hidrotermales. ¿De dónde provienen las soluciones? Los datos provenientes de fuentes termales, aguas de minas, túneles, sondajes, inclusiones fluidas de minerales y rocas indican que hay cinco fuentes de aguas hidrotermales:

- 1.- *Aguas meteóricas*: incluye aguas superficiales y subterráneas (acuíferos o napas de aguas subterráneas).
- 2.- *Aguas marinas*: agua de los océanos.
- 3.- *Aguas connatas o de formación*: aguas que quedan atrapadas en los intersticios o poros de secuencias de rocas y aguas meteóricas de penetración profunda.
- 4.- *Aguas metamórficas*: aguas liberadas por cambios mineralógicos de minerales hidratados a minerales anhidros.
- 5.- *Aguas magmáticas*: aguas primarias derivadas de procesos ígneos que dan origen a rocas intrusivas y volcánicas (*Maksaev, 2001*).

2.2.7. Medios de Transporte de Metales.

Los sulfuros y otros minerales metalíferos tienen muy baja solubilidad en agua, de modo que debe existir otra forma de transporte de metales en fluidos hidrotermales. Sabemos que muchos elementos precipitan como sulfuros a partir de fuentes hidrotermales, pero si los metales son insolubles como iones simples

debe haber otro modo de transporte y este es como complejos o iones complejos en los cuales los cationes metálicos se unen a grupos complejos (ligantes). Los ligantes más importantes son HS⁻ o H₂S, Cl⁻ y OH⁻. Para que los complejos sulfurados sean estables se requieren altas concentraciones de H₂S y HS⁻ (Ej. PbS(HS)⁻). Muchos autores favorecen el transporte de metales como complejos clorurados tales como AgCl₂⁻ y PbCl₃⁻, (*Maksaev, 2001*).

2.2.8. Precipitación de Sulfuros

Este es un campo complejo de debate. El ascenso de soluciones hidrotermales hacia zonas saturadas con aguas subterráneas va a producir precipitación por dilución de los materiales disueltos y por cambios en el estado de oxidación o pH de la solución. La ebullición del fluido al acercarse a la superficie redundará en la liberación de H₂S y aumento del pH de la solución con la consecuente precipitación de los materiales en solución. Por lo que la ebullición se plantea como un medio eficiente de precipitación en algunos tipos de depósitos. El descenso de la temperatura del fluido también reduce drásticamente las solubilidades, asimismo cambios en el fluido tales como el aumento de especies sulfuradas reducidas, aumento de la concentración de metales, descenso de la concentración de ligantes, oxidación o reducción son fenómenos que producen precipitación. Hay autores que asignan un rol fundamental a la mezcla de fluidos hidrotermales con aguas oxidantes superficiales o con aguas sulfatadas ácidas, mientras que otros favorecen la ebullición para depósitos formados a profundidades someras. En síntesis, cambios físico-químicos de las soluciones hidrotermales producen la precipitación de los materiales transportados en solución. La precipitación de sulfuros metálicos en el sector donde ocurren cambios físicos o químicos de la solución ("trampa de mena") a medida que

continúa la circulación de fluido hidrotermal redundando en la concentración local de elementos metálicos precipitados que puede dar origen a yacimientos hidrotermales, (*Maksaev, 2001*).

2.2.9. Texturas de menas y gangas.

Las texturas de menas y gangas entregan información respecto al origen e historia de los depósitos minerales. Las texturas de los depósitos minerales varían de acuerdo a si su constituyente mineral se formó por depositación en un espacio abierto a partir de una solución acuosa o silicatada o por reemplazo de minerales pre-existentes. La sobreimposición de metamorfismo puede alterar o modificar drásticamente la textura primaria, lo que debe ser considerado al interpretar la génesis de un depósito mineral, de acuerdo a lo descrito se clasifican en:

a) Texturas de reemplazo: La formación de nuevos minerales a expensas de otros pre-existentes se denomina reemplazo. Este fue definido por (*Lindaren, 1933*) como el proceso de disolución y depositación capilar prácticamente simultáneo, por el cual un nuevo mineral total o parcialmente diferente puede crecer en el seno de un mineral o agregado más antiguo. Esto es sinónimo de metasomatismo y generalmente implica pequeño o ningún cambio de volumen de la roca o mineral reemplazado.

b) Relleno de espacios abiertos: En zonas poco profundas donde el fracturamiento de las rocas es frágil (en oposición a la deformación dúctil) se generan espacios abiertos tales como las zonas de dilatación a lo largo de fallas, canales de disolución en regiones de topografía kárstica, etc. Estos pueden ser perneados por soluciones hidrotermales mineralizadoras y si las condiciones fisicoquímicas inducen la precipitación entonces se formarán cristales. Estos cristales de origen hidrotermal crecerán por nucleación espontánea dentro de la

solución o más comúnmente por nucleación en la superficie rocosa que los contiene.

2.2.10. Deposito Cordillerano.

Muchos de los depósitos de metales base y metales preciosos en el mundo ocurren como relleno de espacios abiertos (Fallas y/o estructuras de plegamiento), o reemplazamiento de vetas polimetálicas, los cuales no tienen una relación clara a actividades ígneas adyacentes. Más específicamente no parecen estar relacionados a sistemas porfiríticos u otro ambiente de formación de depósitos minerales. Muchos de estos depósitos tienen una significancia mayor por que forman grandes distritos mineros. El término Cordillerano no es específicamente restrictivo a un área geográfica como el tipo Mississippi Valley, y está más asociado a su emplazamiento en cordilleras, el cual no implica realmente las características del depósito de mineral.

Marco Geológico: Las principales características de los depósitos minerales cordilleranos se pueden resumir de la siguiente manera (Sawkins 1972 y Einaudi, 1982; Bendezú et al. 2008, ver figura 1).

1. Estrecha asociación en tiempo y espacio con la actividad ígnea calcoalcalina, es decir, el mismo ambiente geológico como la mayoría de depósitos de pórfido de Cu y depósitos epitermal de alta sulfuración de Au – Ag, muchos depósitos Cordilleranos de metales base (por ejemplo, Butte, Morococha) están sobrepuestas a depósitos porfiríticos, donde otros no tienen una relación obvia a un pórfido.

2. Depósito tardío en la evolución del sistema de pórfido (como se aprecia en los abundantes cortes entre venillas y los escasos datos geocronológicos; es más tardío que los depósitos de pórfido de Cu, skarn, y alta sulfuración de Au (Ag).

La mineralización polimetálica frecuentemente ocurre posterior a una etapa temprana de cuarzo-sericita, que podría depositar volúmenes importantes de Py.

3. El depósito se realiza bajo condiciones epitermales en niveles someros bajo la paleo superficie.

4. Contenidos muy ricos en sulfuros como Cu- Zn -Pb- Sn-W (Ag -Au- Bi) (mayor al 50% de sulfuros totales)

5. Frecuentemente, pero no siempre, un zoneamiento bien desarrollado del mineral y de minerales de alteración.

6. La principal ocurrencia es como rellenos de fracturas (vetas, cuerpos de brechas) en rocas hospedantes silicatadas y como reemplazamiento en las rocas carbonatadas.

7. Los yacimientos cordilleranos muestran relaciones notablemente más altas de Ag - Au que la mineralización epitermal de alta sulfuración Au - (Ag).

8. La información de inclusiones fluidas señala contundentemente fluidos acuosos con moderada a baja salinidad y temperaturas por debajo de 375°C (por ejemplo, Baumgartner et al., 2008, BendeZú et al., 2008, Beuchat et al., 2004, Catchpole et al. 2008, Deen et al. 1994; Frieauf, 1998; MacFarlane et al, 1994, Prendergast et al., 2005, Rusk et al., 2008}.

Secuencia de deposición acorde con la estabilidad relativa de los complejos iones, inversa a la solubilidad (ver Figura 1).

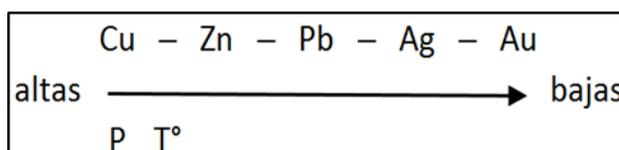


Figura 1: Cesar Velasco – tipo cordillerano

Carácter Tardío: Como fue señalado por Einaudi (1982), estos depósitos cordilleranos polimetálicos estudiados en detalle, serían sistemáticamente tardíos

en el tiempo y espacio, asociado a sistemas magmato - hidrotermales. Por ejemplo, en Butte " las vetas de la etapa principal de la mineralización polimetálica siempre cortan las vetillas de pórfidos de Cu-Ma ", y las vetillas de pirita-cuarzo sericita (Rusk et al., 2008). En Morococha, se observa una situación similar (Kouzmanov et al., 2008). En Colquijirca, además de los cortes entre venillas (Bendezu y Fontboté, en prensa), las determinaciones de edades absolutas sugieren que la mineralización polimetálica Cordillerana, se produce después de 0,3 MA 0,8 MA, con referencia al depósito diseminado epitermal de alta sulfuración Au-(Ag). También se reconocen vetas polimetálicas tardías en los sistemas de pórfido en los que no se aprecia una mineralización económica polimetálica, (por ejemplo, " tercera evento hidrotermal" en La Escondida, Padilla et al., 2001).

Alteración: Como hay superposición de eventos geológicos y genética profusa y variable hay diversas alteraciones como la potásica, fílica, argilización, propilitización, cloritización, skarn, algunas superpuestas.

Mineralización: La mineralización toma diferentes formas, principalmente vetas; también es común encontrar cuerpos de diversos tamaños, de igual manera mantos mineralizados, como ore clusters (cuerpos arracimados), chimeneas mineralizadas, brechas mineralizadas, mineralización diseminada y otras. Como la mineralización ha ocurrido en varios eventos y diversas rocas se tiene numerosas texturas, tales como las texturas de relleno, crustificación, remplazamiento, drusas y geodas, escarpela, relleno de venillas, brecha, coliforma, botroidal, listada, stock work. Los minerales económicos son: Esfalerita, galena, calcopirita, cobres grises, wolframita, molibdenita, calcosita, bornita, enargita, covelita, malaquita, azurita, calcantita. Los minerales ganga

son: Pirita, cuarzo, limonita, hematita, magnetita, calcita, barita, yeso, fluorita, rodocrosita, rodonita, siderita, dolomita, anhidrita, granate, epidota, tremolita, actinolita, turmalina, serpentina, clorita y muchos más, justamente esta profusión de minerales es su característica.

Marco Genético: Como este tipo de yacimientos es poligenético y de múltiples flujos y edades de mineralización, vamos a tener pórfidos de cobre – molibdeno junto a vetas rellenas por diversos flujos hidrotermales, en partes se produce skarn de diversas tipologías con su clásica mineralización calcosilicatada, van a existir numerosos mantos y cuerpos de mineral con características de remplazamiento en calizas y especialmente dolomitas; también zonas con posible filiación vulcanogenética, luego se puede tener epitermales de oro y plata. En conclusión, pueden coexistir diversos tipos y combinaciones de yacimientos. En conclusión, es difícil en estos yacimientos, a los que denominamos yacimientos complejo andino evidenciar un solo tipo de mineralización; razón por la cual durante muchos años se ha tratado de encasillar en un determinado tipo conocido dentro de la clasificación genética, pues cada especialista tenía sus puntos de vista; pero, a nuestro modesto entender es un tipo diferente y especial de yacimiento de mineralización.

Lugar tipo: Cordillera de Norte América, también alrededor del mundo en márgenes compresivos. Las minas del Perú que pueden catalogarse como cordilleranos son Morococha, San Cristóbal - Andaychagua, Cerro de Pasco, Hualgayoc, Quiruvilca, otros ejemplos en internacionales son; Magma Mine - Arizona. Plata – Utah, Ag-Pb Coeur D'Alene, Idaho, Au-Ag, British Columbia, Japón, Filipinas, Himalaya, Alpes.

Son yacimientos epitermales polimetálicos (mayormente de Zn-Pb-Cu) de la familia de los pórfidos de Cu-(Au-Mo).

Se distinguen por las siguientes características:

1. Son polimetálicos: Aunque generalmente de Cu-Zn-Pb, Au y Ag, muchos de estos depósitos contienen además menas de Bi, Sn, y W.

2. Son ricos en sulfuros, típicamente mayor a 20 % en volumen, sobre todo como relleno de espacios abiertos en vetas y brechas o como cuerpos de reemplazamiento en rocas carbonatadas.

3. Son zonados a partir de núcleos con Cu a zonas externas con Zn y Pb.

Zonación: El carácter zonificado de estos depósitos es una característica frecuente, pero no obligatoria en este depósito (ver figura 2), se pueden distinguir dos miembros extremos; depósitos fuertemente zonificados tienen núcleos dominados por enargita, pirita, cuarzo \pm (tennantita, wolframita, calcopirita, covellita, calcocita, alunita, dickita, caolinita) y partes externas de esfalerita pobre en Fe, galena \pm (sericita, caolinita, dickita, hematita). siderita), depósitos con zonificación débil que consisten en partes internas que contienen pirrotita, pirita, cuarzo \pm (calcopirita, arsenopirita, tetraedrita, carbonatos, sericita, clorita, cuarzo) y partes externas de esfalerita rica en Fe, galena, pirrotita, rodocrosita, siderita y otros carbonatos, sericita, clorita, cuarzo). Ambos estilos están presentes en el mismo depósito, lo que indica que los fluidos mineralizantes fluctuaron fuertemente en términos de pH y estados de sulfuración, desde estados altamente ácidos y muy altos de sulfuración, hasta estados ligeramente ácidos y bajos de sulfuración. Parece que el estado de sulfuración en los depósitos de mineral cordillerano depende de varios factores, incluida la temperatura y la trayectoria seguidas por los fluidos formadores de mineral y su interacción con la roca

huésped (por ejemplo, Baumgartner et al., 2008). Por lo tanto, el mismo tipo de fluidos originados por sistemas magmato - hidrotermales similares pueden desarrollar o no la zonificación de metales. De manera similar, la existencia de una zonificación por alteración de la roca huésped muy ácida depende en gran medida de la proporción de vapores que se desgasifican coetáneamente con los líquidos acuosos con bajo contenido salino que se cree son responsables de la mineralización polimetálica. Si la proporción de fluidos derivados del vapor oxidado ácido es alta, se puede desarrollar una alteración argílica avanzada y, por lo tanto, puede ocurrir un patrón de alteración zonificado. Sin embargo, si los fluidos acuosos menos salinos y menos ácidos dominan, es decir, los fluidos que deben ser responsables de la mineralización de Cordillerana (por ejemplo, Baumgartner et al., 2008; Bendezú y Fontboté, en prensa; Catchpole et al., 2009), No se desarrolla alteración ácida. Esto puede explicar que varios depósitos que comparten las características principales de los depósitos de mineral cordillerano, incluido su "carácter tardío" en la vida de un sistema magmato - hidrotermal, solo muestran una zonificación débil (por ejemplo, la veta San Cristóbal en el centro de Perú, Campbell 1984, Beuchat et al., 2004, grandes partes de las venas de Morococha, Catchpole et al., 2008).

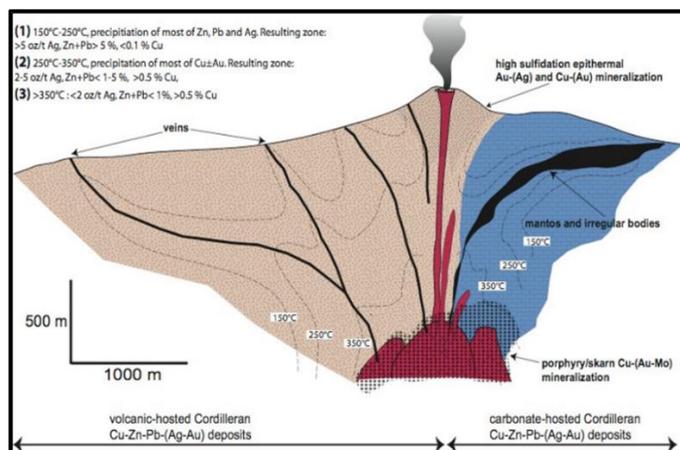


Figura 2: Posición esquemática de depósitos polimetálicos de cordillerano y otros tipos de depósitos de minerales relacionados con pórfidos.

2.3. Definición de Términos Básicos.

- **Controles de mineralización:** Rasgos litológicos, estructurales y mineralógicos que delimita la concentración de los fluidos mineralizantes.
- **Modelo Geológico:** Representación gráfico de la distribución espacial de los rasgos geológicos que afloran en campo y luego una interpretación representados en gabinete.
- **Minerografía:** Estudio de los minerales opacos por medio del microscopio utilizando la luz reflejada.
- **Mineralización:** Término general, el cual se refiere usualmente a minerales de mena, pero que a menudo se utiliza para referirse a otros minerales metálicos como pirita. El término se usa en dos sentidos (1) referido al proceso por el que se producen concentraciones de minerales de mena y (2) referido a los cuerpos de mena mismos. Para evitar confusiones, se recomienda su uso exclusivamente para designar el proceso de formación de menas.
- **Veta o Filón:** Estructura paralelepípeda, generalmente mineralizada, presenta una potencia, un largo y una profundidad. Las vetas mineralizadas constituyen yacimientos de rendimiento económico. Las vetas son generalmente el producto del relleno de fracturas o fallas por procesos hidrotermales.
- **Zoneamiento:** Patrón regular de distribución de los minerales o de modelos de fábrica, en zonas, en la corteza terrestre, pudiendo tratarse de un yacimiento mineral específico. Los depósitos minerales hidrotermales, generalmente, se encuentran zoneados en un arreglo concéntrico alrededor de una masa ígnea. Los minerales de alta temperatura (hipotermiales) se han formado cerca de la roca ígnea y los de baja temperatura (epiterniales) alejados de la masa ígnea. El

zoneamiento mineral de un cristal es el resultado de una distribución no uniforme de los cationes de la estructura atómica. En la mayoría de los casos el arreglo ocurre concéntricamente alrededor de un punto o eje, en el espacio.

- **Paragénesis:** Asociación de minerales cristalizados en equilibrio en el seno de una roca o de un proceso de mineralización, en el tiempo.
- **Asociación Mineralógica:** Grupo de minerales que se encuentran juntos en una roca, por afinidad mineralógica o por pertenecer a una misma facies.

2.4. Formulación de Hipótesis:

2.4.1. Hipótesis General.

Mediante la caracterización minerográfica de las muestras obtenidas en las diferentes zonas se determinará los minerales metálicos presentes en la veta 722.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

- a) Mediante la caracterización minerográfica de la veta 722 influyen significativamente en el conocimiento paragenético.
- b) Mediante la caracterización minerográfica se conocerá con más detalle la zonificación en base a la mineralogía en la veta 722.

2.5. Identificación de Variables.

2.5.1. Variables Independientes.

- Caracterización Minerográfica de la veta 722

2.5.2. Variables Dependientes.

- Paragénesis
- Zoneamiento.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.

CUADRO DE OPERACIONAL DE VARIABLES					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	
				INDICADORES	TIPO DE VARIABLE
Variabes Independientes: Caracterización Mineragráfica de la veta 722	A través de este estudio se puede determinar todos los minerales metálicos y no metálicos que presenta la veta.	Mineralogía de la veta	Geología Local	Plano Logitudinal de la veta	Nominal
			Sistema Virginia de vetas	Longitud de la veta, buzamiento, potencia, tipo de roca caja	Nominal
Variable Independiente: Paragenesis	El orden cronológico de depositación mineral	Secuencia paragenetica	Parametros Mineralogicos	Caracterización mineralogica al microscopio optico	Nominal
Variable Independiente: Zoneamiento	La distribución espacial de los minerales	Zoneamiento mineralogico	Parametros Espaciales de la Mineralogía	Ubicación de la mineralogía en las diferentes zonas	Nominal

Tabla 1: Variables e indicadores.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.

Para esta investigación la secuencia es de tres tipos: observación, descripción y analítico,

a) Observativo: se examinarán las perforaciones diamantinas que van dirigidas hacia la veta 722, obteniéndose información acerca de la roca caja, estructuras y minerales característico de la veta, anotando los diferentes factores y circunstancias que parecen influenciarlos. Para el desarrollo de la presente tesis nos enfocaremos a identificar los minerales macroscópicamente de las muestras obtenidas de cada zona.

b) Descriptivo: se enfoca en la descripción e identificación de las asociaciones minerales microscópicamente de cada muestra obtenida.

c) Explicativo: definiremos las causas y efectos que implican estas asociaciones para determinar la paragénesis y zoneamiento.

3.2. Métodos de Investigación.

El método aplicado para desarrollar la presente investigación, es el método científico desde un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), se utilizará un conjunto de

procedimientos lógicos, que sigue la investigación para descubrir las relaciones internas y externas de los procesos naturales. Se realizará un enfoque *cuantitativo*; describiendo y explicando la mineralización de la veta 722 (macro y microscópicamente) mediante la toma de muestras in-situ de las perforaciones y *cuantitativa* mediante la utilización de porcentajes (tanto macro y microscópicamente) para la interpretación de la probable secuencia paragenética y zoneamiento.

3.3. Diseño de la Investigación.

Cuando se analiza un determinado fenómeno como los minerales presentes en la veta 722, el diseño de investigación es netamente descriptiva que implica observar y describir el fenómeno sin influir sobre él de ninguna manera, cuyo esquema es:

$$M_1 \rightarrow O_1$$

Donde: M_1 = muestras; O_1 = información de cada muestra

3.4. Población y Muestra.

Población: constituido por la Mina San Cristóbal, ubicada U.E.A. Yauli, Empresa Minera VOLCAN.

Muestra: para poder escoger las muestras se analizaron sondajes de perforación diamantina de los años 2017 (22 sondajes) y 2018 (26 sondajes) con un total de 48 sondajes con objetivo hacia la estructura veta 722 de los cuales se escogieron seis taladros recopilando un total de 8 muestras para ser analizadas.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.

La técnica es mediante la mineralogía óptica que es una disciplina que se ocupa del estudio de los minerales con la ayuda del microscopio Polarizante de Luz Ascendente y otros instrumentos de análisis, su principio está basado en el método Cristalóptico. Éste método nos permite determinar las propiedades físicas y químicas de los minerales, nos permite determinar los componentes mineralógicos, su estructura, su textura, tamaño y

forma de los granos que componen las rocas. La recolección de datos se realizó mediante 2 fuentes:

a) Fuente Primaria: logueo geológico, interpretación y reinterpretación de sondajes 2017 - 2018 con objetivo a veta 722, descripción de muestras macroscópicamente (ver figura 3), ubicación de muestras (ver figura 4), cortado y empaquetado de las muestras para su respectivo análisis (ver figura 5).

b) Fuente Secundaria: se toma en cuenta estudios relacionados al tema de investigación en otros lugares y la revisión, compilación de estudios geológicos existentes del Distrito Minero de Yauli.



Figura 3: Logueo Geológico de sondajes 2017 – 2018 (A1), Interpretación y reinterpretación de sondajes 2017 – 2018



Figura 4: ubicación de la muestra (B1), medida de FROM – TO de la muestra (B2), toma de muestra (B3)



Figura 5: corte de muestras (C1 – C2), fotografiado de la muestra (C3), preparación de muestra para envío a laboratorio (C4)

3.6. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.

3.6.1. Técnicas de Procesamiento.

Petrografía Microscópica.

La preparación de muestras de minerales para microscopía se puede hacer de tres maneras, según el mineral:

1.- Secciones transparentes: en minerales no metálicos. Se secciona el mineral en dos cortes paralelos, intentando conseguir el mínimo grosor. Se pega una de las superficies a un portaobjetos utilizando bálsamo de Canadá. La otra superficie se pule con abrasivos, hasta obtenerse un grosor de 200 μm . Se pone el cubreobjetos al que también se le ha añadido bálsamo de Canadá.

2.- Granos transparentes: también, para minerales no metálicos. De una muestra triturada de un mineral se eligen los granos que tienen entre 120 y 200 μm de

diámetro. Estos se colocan en el portaobjetos, previamente recubierto de una o dos gotas de bálsamo de Canadá. Este portaobjetos habrá sido colocado con anterioridad sobre una placa metálica calentada con mechero Bunsen a la temperatura adecuada para fundir el bálsamo. Se pone el cubreobjetos y se deja enfriar.

3.- Secciones pulidas: para minerales opacos (metálicos). Se cierra un trozo pequeño y se pule y desgasta la superficie cortada

Preparación de Sección Delgada: la preparación de secciones delgadas tiene una gran importancia, porque de ello depende el éxito del análisis, o sea la sección no deben tener imperfecciones como rayas, alteraciones químicas u otros defectos. Para preparar una sección delgada se debe contar con un equipamiento adecuado que permita la preparación eficiente de la muestra. Para esto se seleccionan muestras de rocas representativas de tamaño 2x3x3 cm. Luego debe pasar por las siguientes operaciones, **Cortado de la Muestra;** las muestras de roca se cortan con equipos llamados Petrótomos lo más sencillo posible, en pequeñas esquirlas o galletas de rocas. Uno de los lados de esta galleta se procede a pulir hasta dejarlo liso. Esta parte se pega en un vidrio porta objeto con Bálsamo de Canadá diluido. Una vez enfriada la muestra se procede a desbastar utilizando abrasivos adecuados para cada caso, hasta obtener un espesor cercano a 0.03 mm. Paso siguiente, es el **esmerilado y pulido** para dar el acabado final de la muestra, pero el espesor ideal es de 30 micras. Para terminar, se cubre la muestra con un vidrio cubre objeto utilizando como pegamento el Bálsamo de Canadá. (ver figura 6)



Figura 6: instrumentos para realizar la sección pulida, Fuente: internet

Sustancias Abrasivas: son materiales de aspecto granular, especialmente preparados de acuerdo a su dureza y tamaño de los granos, medidas en micras. Los abrasivos más utilizados durante del desbaste y el esmerilado son: Carburo de Silicio con dureza 9.5; esmeril con dureza 8.0; Oxido de aluminio, Carburo de Boro con dureza 10. Los abrasivos utilizados en el proceso de pulimentación son: óxido de aluminio, óxido de cerio, óxido de cromo, compuestos de diamante, carborundum, diamante en polvo, etc. Cabe mencionar que éstos abrasivos deben ser utilizados en estado húmedo, salvo en los casos de pulimentación que se pueden utilizar en estado seco. Siempre de debe utilizar materiales abrasivos que tengan mayor dureza que el del mineral.

3.6.2. Análisis de Datos

Se utilizaron para el análisis los siguientes equipos.

Microscopio Óptico (o de campo luminoso): en estos tipos de microscopios, el área observada está ampliamente iluminada y los objetos que se estudian aparecen más oscuros que el fondo. Normalmente alcanzan hasta unos 1000 aumentos, aunque con oculares poderosos esta cifra puede llegar a incrementarse en dos veces. El límite útil de este aumento es de 2000 y la razón de este límite de amplificación, se debe al poder de resolución, entendido como la capacidad de distinguir dos puntos adyacentes como distintos y separados. Este poder de resolución se da en función de la longitud de onda de la luz utilizada y de la apertura numérica que posea el sistema de lentes empleado. Así, puede afirmarse que no siempre las amplificaciones mayores son las de más

utilidad, ya que pueden no ser tan claras como otras menores. Dentro de la microscopía óptica podemos distinguir, según el número y posición de las lentes, el microscopio simple y el compuesto.

Microscopio Electrónico: El microscopio electrónico ha revolucionado el conocimiento de ciencias, tiene la ventaja de alcanzar una extraordinaria amplificación. Puede dar un poder de resolución hasta mil veces mayor que el óptico, debido a que emplea un haz de electrones en lugar de un haz de fotones.

Componentes del Microscopio: (ver figura 7) se observa los componentes que se describe a continuación.

Espejo: El espejo es un elemento que sirve para direccionar la luz procedente de una fuente horizontal a vertical, generalmente se encuentra ajustado a uno de los ejes del microscopio, poseen facilidades para regular su posesión diagonal.

Sistema de Iluminación: Es un conjunto de elementos situados por debajo de la platina circular, que está integrado por el polarizador, un par de lentes condensadores y un diafragma de Iris. Todo el conjunto se desplaza en forma vertical con la finalidad de controlar la distancia entre éste y la platina circular del microscopio y de igual forma controlar la iluminación de la muestra.

Lente Condensador Superior: es una poderosa lente convergente que se encuentra en la parte superior del sistema e inmediatamente por debajo de la platina, esta lente puede retirarse del camino de la luz con una manecilla, ubicado en la parte superior del sistema.

Lente Condensador Inferior: es una lente que está ubicada por encima del polarizador es un elemento inmóvil.

Diafragma De Iris: está colocado por encima del lente condensador inferior, cuya abertura depende del observador pudiendo aumentarse o disminuirse a voluntad, a través de una pequeña palanca.

Platina Giratoria: La platina del microscopio tiene una forma circular calibrada en su borde en 360°, que nos permite leer los ángulos mediante un vernier ó nonios. Sobre éste elemento se colocan las muestras de rocas (secciones delgadas) sujetando con dos pinzas insertadas en ella.

Objetivos: Son elementos importantes del microscopio que sirven para aumentar de tamaño a los granos mineralógicos. Entre los principales objetivos tenemos: Objetivos Acromáticos que son empleados para estudiar secciones delgadas, fragmentos y esquirlas de rocas, sus tamaños son de 40, 32, 16 y 4 mm; Objetivos Apocromáticos, que se usan para realizar correcciones adicionales del color de los minerales. Estos objetivos son poco utilizados debido a su alto costo; Objetivos de Inmersión, que son usados en grandes ampliaciones donde se requiere un alto grado de poder resolutivo, se usan con sustancias líquidas de preparación especial.

Ranura Para Compensador: Es una abertura en forma rectangular que se encuentra en el extremo inferior del tubo del microscopio que permite la intercalación de los compensadores ya sea cuña de cuarzo ó lámina de yeso.

Analizador: Está ubicado por encima de la platina, es retirable del camino de la luz. La dirección privilegiada de vibración de luz es E – O, formando un ángulo recto (90°) con la dirección de vibración del Polarizador. Para verificar esta perpendicularidad se retira toda clase de muestra de la platina y se introduce el analizador y luego se observa por el ocular. En esta posición debe producirse una extinción total de la luz independientemente de la intensidad de iluminación.

Lente De Bertrand: Es una lente colocada por encima del analizador puede retirarse ó introducirse del camino de la luz, sirve para realizar estudios CONOSCOPICOS.

Oculares: Son elementos compuestos por varios lentes y un diafragma fijo que limita el campo de visión. Donde está colocado un par de cabellos (hilos de araña) cruzados en forma perpendicular entre sí, de tal forma que aparezcan en el campo de visión como dos líneas negras perpendiculares entre sí. Para realizar las mediciones cuantitativas lineales de los granos mineralógicos se utilizan oculares micrométricos que tienen el campo de visión graduada en 100 o 200 partes.

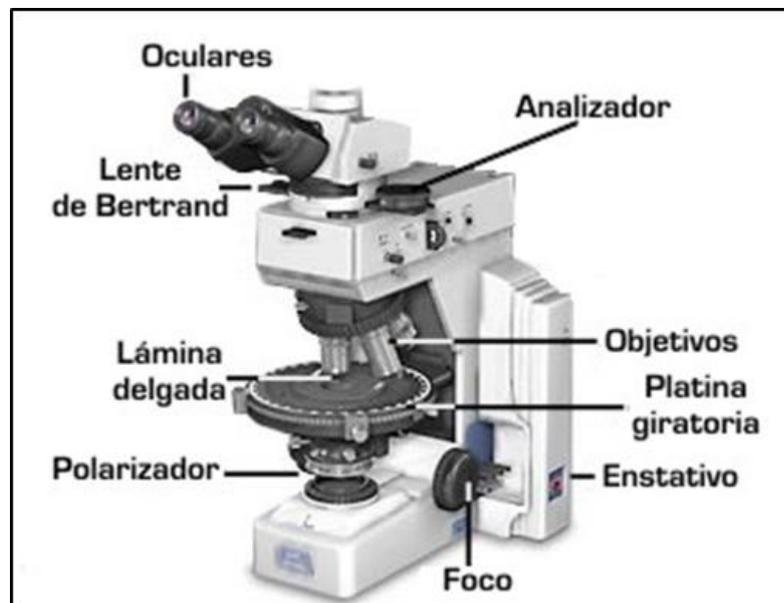


Figura 7: partes del microscopio de polarización, Fuente; internet

3.7. Tratamiento Estadístico.

Si bien la geología es una ciencia principalmente observacional los datos usados han sido porcentuales de minerales presentes tanto macroscópicamente como microscópicamente que son atributos cuantitativos y para la identificación y caracterización minerográfica que son parámetros cualitativos; son datos que nos permitieron describir estas características de la veta 722 y determinar la posible secuencia paragenética y la zonificación en base a la mineralogía.

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los Instrumentos de Investigación.

La validez y confiabilidad reflejan la manera en que el instrumento se ajusta a las necesidades de la investigación (Hurtado, 2012), para nuestra investigación las secciones fueron seleccionadas en el tramo con mayor presencia de minerales observables y estas a su vez fueron marcadas para su análisis perpendicularmente a la dirección del fluido; para la validación de datos, las muestras fueron enviadas al laboratorio certificado BISALAB con la confiabilidad de la aplicación de métodos de microscopía óptica y electrónica de barrido.

3.9. Orientación ética.

La importancia de la investigación de la caracterización mineragráfica de la veta 722 nos permite brindar información de gran valor para la mine San Cristóbal en su fase de exploración y explotación en un enfoque de comportamiento mineralógico con el fin de ubicar y caracterizar la mineralogía presente de la estructura. Esta investigación es de mayor relevancia para realizar la secuencia paragenética y el zoneamiento respectivo en base a la mineralogía y tiene su mayor relevancia en permitir la toma de decisiones correctas y sostenible en el tiempo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de Campo.

4.1.1. Ubicación.

La mina San Cristóbal, políticamente está ubicada en el distrito de Yauli, provincia del mismo nombre, del departamento de Junín, Geográficamente se encuentra en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes centrales del Perú; a 110 Km. en línea recta, de la ciudad de Lima (ver plano 1).

Sus coordenadas geográficas son:

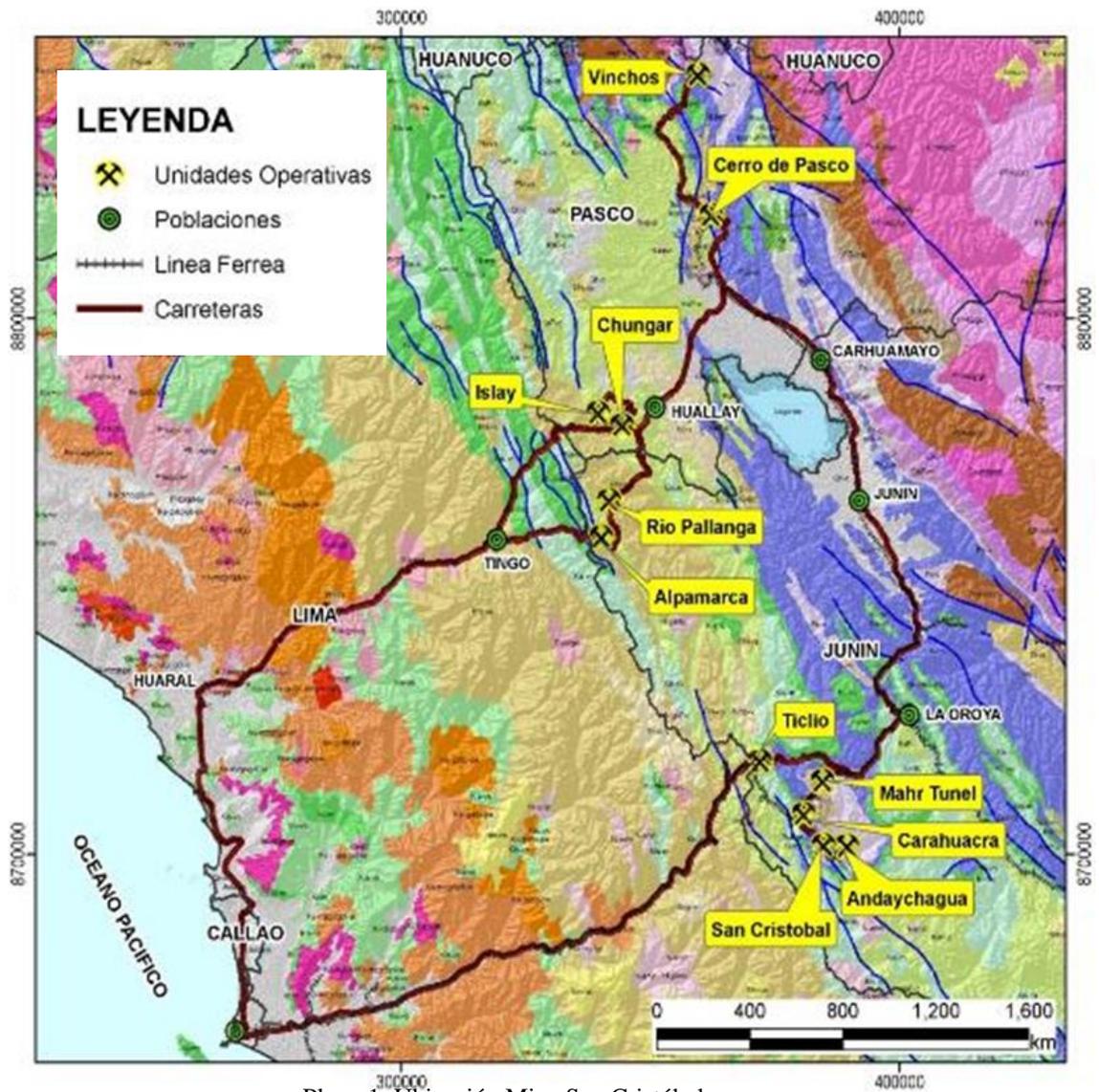
76° 05' 00" de longitud Oeste
11° 43' 00" de latitud Sur.

Las coordenadas UTM son (Zona 18L):

Norte: 8 780 225,37 m
Este: 344 384, 38 m
Elevación: 4700 msnm

4.1.2. Accesibilidad.

La mina San Cristóbal es fácilmente accesible, utilizando la carretera central, de la cual, cerca de la localidad de Pachachaca, parte un ramal de 20 kilómetros que conduce a San Cristóbal; además, el ferrocarril central tiene una estación en Yauli a 12 kilómetros del área.



4.1.3. Historia.

Los primeros trabajos de exploración fueron realizados por la Cerro de Pasco Corporation durante los años comprendidos entre 1928 y 1930, estos trabajos exploratorios fueron realizados en concesiones arrendadas; los resultados un tanto desalentadores acompañados por los bajos precios del plomo y zinc en el mercado internacional, determinaron la postergación de la Exploración y Desarrollo hasta el año 1936; a partir de este año, hasta 1938, en base a las reservas anteriormente cubiertas, se construyó la Planta Concentradora de Mahr Túnel, se instaló el cable carril de 12 kilómetros que une Mahr Túnel y San Cristóbal, y por último se inició la

producción sistemática a fines de 1938. Una posterior fluctuación de los precios de los metales que producía este distrito causó una nueva paralización en 1949, que se prolongó hasta 1952, año desde el cual ininterrumpidamente se explota minerales de cobre, plomo, zinc y plata, (*Informe interno – Reservas y Recursos Minerales 2015, Pag. 10*).

4.1.4. Trabajos Previos.

Sobre el área de San Cristóbal, se tiene una serie de trabajos de carácter geológico. Entre los principales estudios tenemos los llevados a cabo los años 1920 y 1928 por los geólogos Edwards, Dillinghan y Stone; ellos sentaron las bases geológicas del área publicando los primeros planos geológicos. Entre los años 1938 y 1949 numerosos geólogos realizaron estudios detallados con la idea de encontrar evidencias que justificaran la apertura de estos yacimientos, son pues notables las contribuciones de A.T. Snively y S. Ridge quienes resaltaron la mineralización de tungsteno en la zona. Entre los trabajos posteriores a 1949, puede mencionarse el realizado por R.W. Phendler en 1959, quien hizo una descripción detallada de la geología del área de San Cristóbal. C.H. Wright efectuó una investigación sobre la paragénesis y distribución de la mineralización de la veta Principal San Cristóbal. N.Rivera, H.W.Kobe, J.A.Pastor, A.Campbell, D. Rye, U.Petersen, realizaron importantes trabajos en la zona; últimos trabajos de Vargas-Samama, Bartlett y geólogos de Centromin Perú S.A., contribuyen cada uno de ellos al mejor entendimiento geológico de estos complejos depósitos minerales y en consecuencia al establecimiento de un activo centro minero que constituye San Cristóbal, (*Informe interno – Reservas y Recursos Minerales 2015, Pag. 10*).

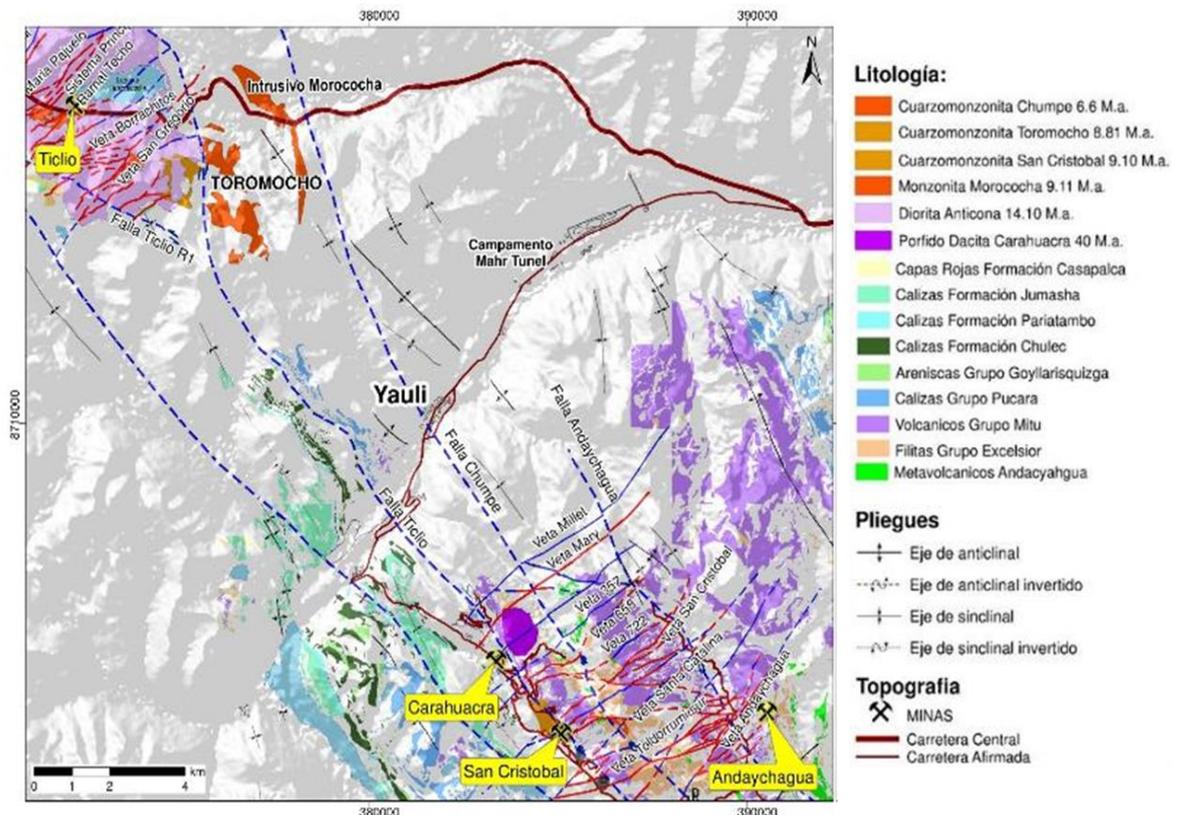
4.1.5. Fisiografía.

Fisiográficamente, se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes Centrales Peruanos e inmediatamente al oriente de la Divisoria Continental y se extiende hasta las primeras planicies de la mesera intercordillerana, la altitud promedio es de 4600 msnm. El paisaje dominante en el sector occidental es típicamente glaciar; se observan picos de modelado agreste coronados por glaciares con altitud de 5277 msnm en el Cerro Chumpe y 5361 en el nevado Pullca al SW del domo. Los típicos valles glaciares en “U” discurren en dirección NW y SE controlados por las estructuras de rumbo andino; valles colgados menores son frecuentes en dirección perpendicular a ellos. Los valles de Yauli, Lacsacocha-Huayhuay y Suitucancha son también de origen glaciar, están controlados por las estructuras antiandinas (NE-SW) y son los de mayor extensión y en ellos desembocan los valles de dirección NW-SE, finalmente estos desembocan a la cuenca del Valle del Mantaro convirtiéndose en valles fluviales juveniles. Abundantes morrenas laterales y terminales destacan en el paisaje, lagunas escalonadas de origen glaciar se desarrollan al pie de los nevados. De la parte media del domo hacia el este la topografía se muestra más suavemente ondulada disectada por algunas quebradas no muy profundas, iniciándose aquí la zona de la Altiplanicie Intercardillerana. (*Informe interno – Exploraciones Regionales en el Domo de Yauli - 2001, Pag. 5*).

4.1.6. Marco Geológico Regional.

El domo de Yauli consiste en una “ventana estructural” (ver plano 2) situada en los Andes Centrales del Perú y en donde existen mineralización polimetálica de Pb-Zn-Ag (Cu) situadas cerca de las unidades mineras de Andaychagua, San Cristobal, Carahuacra y Ticlio. Estas mineralizaciones parecen estar relacionadas espacialmente al gran “sistema porfírico” de Chumpe (intrusivos ácidos) que presente un cierto zonamiento regional que distribuye el dominio de las mineralizaciones. La morfología que exhibe

el Domo de Yauli es rectangular, orientada según pliegues y fracturas del dominio andino NW-SE, en donde aparece el “zocalo paleozoico” (metamórfico) en la zona central de esta ventana tectónica, mientras que los flancos son cubiertos por rocas sedimentarias mesozoicas como las calizas del Pucara, Jumash, etc. (*Informe interno – Exploraciones Regionales en el Domo de Yauli - 2001, Pag. 6*).



Plano 2: Geología Regional del distrito de Yauli.

4.1.7. Estratigrafía.

En el área de San Cristóbal, la estratigrafía se extiende desde el Paleozoico hasta el Cretácico Superior (*tomada del Informe interno – Reservas y Recursos Minerales 2015, Pag. 11 al 14 - ver figura 8*).

4.1.7.1. Grupo Excelsior (Silúrico – Devónico).

Las rocas más antiguas que afloran en el área son las del grupo Excelsior y conforman el núcleo del Anticlinal Chumpe. La potencia total de este grupo es desconocida, sin embargo, J.V. Harrison (1943) determinó una potencia de 1800

metros para una secuencia equivalente en los alrededores de Tarma. Este grupo está constituido predominantemente por filitas de color gris a negro, en partes a tonalidades amarillentas por la impregnación de óxidos; por efecto del metamorfismo regional (lutitas metamorfoseadas) con intercalaciones de cuarcitas, vulcanitas verdes y bancos calcáreos marmolizados con fósiles (crinoideos), se han segregado lentes irregulares de cuarzo (boudinage); todo el conjunto está intensamente plegado, con la formación de una esquistosidad sub-paralela a los planos axiales de los pliegues. El fracturamiento es intenso y los fallamientos muestran desarrollos curvados por la plasticidad de la filita. Mineralización en este grupo es reconocida, principalmente en filones.

4.1.7.2. Grupo Mitú (Pérmico).

Sobreyaciendo con discordancia erosional a las filitas del grupo Excélsior yacen una serie de volcánicos, constituidos por derrames andesíticos, y dacíticos, brechas, aglomerados y tufos generalmente de color rojizo y pardusco, formando una serie variada que localmente es conocida como volcánicos Catalina; hacia el techo de esta serie volcánica, particularmente hacia el NE aparece una serie vulcanosedimentaria con conglomerados y areniscas.

Mineralización en este grupo es ampliamente reconocida a lo largo de todo el Domo de Yauli, siendo principalmente en la forma de filones y diseminada. Debido a su naturaleza irregular la potencia total del grupo Mitu es muy variable, al oeste de la mina San Cristóbal la potencia de los volcánicos Catalina es aproximadamente 800 metros. La edad del grupo Mitu fue considerada como del Carbonífero superior (Mc Laughlin 1940) y posteriormente asignada al Pérmico.

4.1.7.3. Grupo Pucara (Triásico Superior - Liásico).

Un conjunto de facies calcáreas denominado Grupo Pucará reposa en marcada discordancia sobre el grupo Mitu; este conjunto está dividido en tres formaciones: Chambará, Aramachay, y Condorsinga (en el área sólo existiría la parte superior del Aramachay, y Condorsinga); estando íntimamente relacionado a la mineralización económica del área. A continuación, se realiza una caracterización estratigráfica de ese grupo que fue descrita por varios geólogos, entre los cuales citamos a Harrison (1949), Szekely y Grosse (1972), F. Mégard (1978).

4.1.7.3.1. Formación Chambará (Triásico superior).

En su base figura una serie terrígena seguida por otra calcárea constituida por calizas, calizas dolomíticas, dolomitas, separadas por capas calcáreo-arcillosas y tufos de algunos centímetros; las rocas calcáreas tienen un color gris claro variando a negro, que parece ligado a un porcentaje creciente de materia orgánica. Brechas intraformacionales monogénicas están presentes, aunque raras veces.

4.1.7.3.2. Formación Aramachay (Liásico).

Está representada por pizarras limosas que predominan, seguidas de areniscas de grano fino, calizas y de chert en capas; las calizas se presentan en bancos de 20 a 50 centímetros, frecuentemente lenticulares, o en nódulos discoídalos de hasta un metro de diámetro; se nota también capas vulcano-detriticas. El conjunto tiene un tinte negro y una pátina bruno-lilácea muy característica.

4.1.7.3.3. Formación Condorsinga (Liásico Toarciano).

Es casi exclusivamente calcárea, las calizas que la componen en su mayor parte son oolíticas o bioclásticas, ellas contienen chert abundante en la mitad inferior de la formación; intercalaciones tufáceas de color gris claro,

de grano fino a medio, son comunes. Las calizas varían de color gris claro a gris oscuro, son de grano fino, hay zonas donde están fuertemente brechadas.

La mineralización en este grupo es ampliamente conocida en la región central del Perú; en la zona, mantos que se emplazan al techo de la Aramachay y base de la Condorsinga tienen potencias variables desde unos cuantos centímetros hasta varios metros; la mineralogía está constituida principalmente por esfalerita, hematita, minerales de plata, carbonatos como siderita, rodocrosita etc.

4.1.7.4. Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior).

Sobre el grupo Pucará yace en discordancia paralela el grupo Goyllarisquizga, el cual se depositó en dos fases sucesivas. La primera compuesta por depósitos de granulometría fina a muy fina, de facies llanura aluvial con pelitas rojas y escasas intercalaciones de areniscas de facies de desbordamiento, depositadas en un ámbito climático semiárido mostrado en la fuerte oxidación de las pelitas. Durante la segunda fase hay un cambio brusco respecto a la primera, depositándose areniscas medianas hasta muy gruesas y niveles conglomeráticos con troncos de árboles actualmente silicificados, en un ambiente húmedo e importante actividad ígnea evidenciada por sills de basalto. En San Cristóbal, su potencia alcanza 100 metros. El grupo Goyllarisquizga ha sido atribuido al Cretácico inferior Valanginiano-Aptiano.

4.1.7.5. Grupo Machay (Cretácico Medio).

4.1.7.5.1. Formación Chúlec.

Originalmente descrita por McLaughlin (1924) como el miembro inferior del grupo Machay, fué elevada al nivel de formación por Benavides (1956). Esta formación totalmente carbonatada, litológicamente está

conformada por una alternancia de calizas y margas de facies de plataforma externa; es muy fosilífera y constituye la primera formación cretácica de los Andes Centrales correctamente datada. Toda la serie en su conjunto está intensamente disturbada. En potencia varía desde 250 m justo al SO de Morococha a 350 m en Carahuacra. La base de la formación Chúlec está considerada como la base del primer horizonte calcáreo arriba de las areniscas cuarzosas del grupo Goyllarisquizga y data del Albiano medio.

4.1.7.5.2. Formación Pariatambo,

Definida por McLaughlin (1924) como el miembro superior del grupo Machay, ahora se considera una Formación separada. Esta formación fácil de localizar en el paisaje por su coloración negra característica, escasa resistencia a la erosión y litología monótona está constituida por una alternancia margo-caliza de pequeños bancos claros y oscuros generalmente muy bituminosos, señalados por un olor fétido muy pronunciado. Los niveles claros son mudstones con "packstones" calcáreo-dolomíticos algunas veces ligeramente siltosos. Los bancos oscuros son margas calcáreo-dolomíticas muy bituminosas. Toda esta formación depositada en una plataforma relativamente profunda y aislada contiene numerosos amonites poco fragmentados y restos de peces. El tope, está marcado por la aparición de sílex que se halla a veces en tal cantidad que llega a formar bancos decimétricos con dolomitas intercaladas. Las variaciones de espesor son pequeñas, entre 50 y 75 m; encontrándose los extremos en Morococha con 15 m y en San Cristóbal con 130 m, además en este último también se presenta una decena de

metros de areniscas finas intercaladas en la parte media de la formación.

La fauna de esta formación es Albiana superior e incluye *Inoceramus* y *Exogyra* (Wilson, 1963).

4.1.7.6. Formación Jumasha.

Concordantemente sobre la formación Pariatambo se encuentra la formación Jumasha. Litológicamente, es la más homogénea de las formaciones cretácicas expuestas en el Domo de Yauli. Consiste casi enteramente de una serie carbonatada dolomítica, masiva y poco fosilífera con escasos lentes de areniscas y sílex, depositada en una plataforma ligeramente confinada y de poca profundidad. Los amonites encontrados pertenecen al Albiano superior-Turoniano.

4.1.7.7. Formación Casapalca.

Sobreyace con discordancia erosional a la formación Jumasha. La conforman al piso secuencia de arenisca, limonita y limonita calcárea y calizas de coloración rojiza; hacia el techo se observa niveles de delgada media de calizas masivas sin fósiles de color rojizo claro (F. Megard, 1979; H. Salazar, 1983), por sus relaciones estratigráficas y tectónicas se asignan una edad entre el Cretáceo superior (Santoniano) y el Eoceno medio.

4.1.8. Intrusivos.

4.1.8.1. Intrusivos Ácidos.

Las rocas intrusivas ácidas están representadas en el área por stocks de monzonita cuarcífera, diorita cuarcífera y diques de alaskita ubicados a lo largo o cerca de la zona axial del anticlinal de Chumpe. Los stocks más importantes en el área son: el intrusivo Carahuacra y el intrusivo Chumpe; el primero es un stock de 1.5 kilómetros de largo por 1,0 kilómetro de ancho, que aflora en la parte NO del área

de San Cristóbal, en contacto con las filitas del grupo Excélsior y los volcánicos Catalina; el intrusivo Chumpe forma el pico más alto en el área de San Cristóbal y se emplaza a lo largo de la zona axial del anticlinal que lleva su nombre. Una serie de diques irregulares, paralelos, con buzamientos verticales, conocidos localmente como diques de alaskita, se encuentran intruyendo filitas del grupo Excélsior a lo largo de la zona axial del anticlinal de Chumpe; estos diques están asociados en profundidad con el intrusivo de Chumpe; petrográficamente los diques son granitos porfirítica.

4.1.8.2. Intrusivos Básicos.

Intrusivos de carácter básico han sido encontrados en la región de Andaychagua así como cerca del intrusivo Carahuacra; los del área de Carahuacra son diques de diabasa, que se ubican casi perpendicularmente al eje del anticlinal; en Andaychagua, en los volcánicos Catalina, ocurre una intrusión de gabro tipo "pipe" de forma elipsoidal, su tamaño es de 70 x 250 metros. Además, se debe mencionar los cuellos y diques de basalto que atraviesan las formaciones, posiblemente se trata de extrusiones/intrusiones de edad variable, que podría ser la fuente de los sills en Pucará, Goyllar y Machay.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA

ERA	SISTEMA	EPOCA	EDADES PISOS	UNIDAD LITOLOGICA	GRAFICO	FORMACION SEDIMENTARIA	FORMACION IGNEA	MINERALIZACION
CENOZOICO	CUATERNARIO					Sedimentos no consolidados		
	TERCIARIO			CAPAS ROJAS CASAPALCA		Discordancia erosional Conglomerados calcareos Calizas Lutitas Calcareas Calizas arcillosas arenosas	Intrusivos intermedios Cuarzo-Dioritas Intrusivo Ácido tipo Chumpe Granitos	
MESOZOICO	CRETACEO	INFERIOR	COMANCHEADO	FORMACION JUMASHA		Discordancia erosional Calizas masivas y Dol. poco fosiliferas Basalto	Cuellos de Basaltos a traves de todas las Formaciones	Mineralización estratoligada de Fe,Ba,Zn,Pb,Ag,Cu.
		NEOCOMICO	(EOCRET.)	GRUPO MACHAY FORMACION PARIATAMBO FORMACION CHULEC		Alternancia de Clz. Bit. con nódulos de chert Calizas y Dolomias		
				GRUPO GOYLLAR		Alternancia de Clz Margozas Fossil. Qzt Basalto Montero Areniscas Limolitas rojas	Diorita + Gabro	
	JURASICO	INFERIOR O EOJURASICO (LIAS)	NEOCOMIANO TOARCIANO PLEIENSBACHIANO HETTANGIANO	GRUPO PUCARA FORMACION CONDORSINGA FORMACION ARAMACHAY		Calizas gris claras, y dol. Blancas amarillentas Basalto Montero Bx Calcareas Chert, Dol Calizas con Yeso		Mineralización estratoligada de Fe,Ba,Zn,Pb. con sobreimpesición de Mineralización Hidrotermal forma de cuerpos y mantos.
	TRIASICO	SUPERIOR O MESOTRIASICO	RETIANO NORIANO	FORMACION CHAMBARA		Calizas y Dolomias		
	PALEOZOICO	PERMICO	EOTRIASICO SUPERIOR MEDIO	OCHOA GUADALUPE LEONARDO	GRUPO MITU		Discordancia erosional Lentes de areniscas y conglomerados rojosos	Derrames de Dacita y Andesita Intrusivo intermedio tipo Carahuacra Cuarzo- Monzonitica Volcánicos Volcanoclasticos morados
DEVONICO		SUPERIOR	CHAUTAUQUAN	GRUPO EXCELSIOR		Discordancia erosional Fillitas Mármoles fosiliferos		Mineralización estratoligada de Ni,Co
		MEDIO	ERIAN (HAMILTON) ULSTER			Cuarcitas	Volcanicos verdes	Mineralización estratoligada de Cu,Zn,Pb,Fe

Figura 8: Columna Estratigráfica

4.1.9. Geología Estructural.

4.1.9.1. Plegamientos.

La estructura regional dominante es el Domo de Yauli, que se extiende longitudinalmente en aproximadamente 35 kilómetros, desde San Cristóbal hasta Morococha, y transversalmente 10 kilómetros; el rumbo promedio de esta estructura es N 40° O; es asimétrico, su flanco este buza entre 30° y 40° mientras su flanco oeste buza entre 60° y 80°; está conformado por varios anticlinales y sinclinales, de los cuales los anticlinales más importantes son el de Chumpe y el de Yauli (Ultimátum); sus ejes tienen un rumbo que varía entre N 35° y 40° O. El anticlinal Chumpe está en el extremo Oeste, su flanco occidental tiene un buzamiento de 55° al SO, mientras que el oriental buza 30° al NE; el núcleo de este anticlinal está formado por rocas del grupo Excelsior; el flanco occidental está compuesto por calizas Pucará y areniscas Goyllarisquizga; en el flanco oriental se extienden las rocas del grupo Mitu por varios kilómetros y sobre éstas las del grupo Pucará. Es considerado como el extremo suroeste del Domo de Yauli, donde la mayor acción del plegamiento ha tenido lugar.

Dos periodos principales de tectónica son reconocidos en la región; el primero del Pérmico inferior, denominado Tectónica Tardihercinica, que dio lugar a un intenso plegamiento de las filitas Excelsior; el segundo período denominado Tectónica Andina, que plegó principalmente las rocas mesozoicas, comenzó a fines del Cretácico y continuó durante el principio y mediados del Terciario, reconociéndose tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes; el "Peruano" a fines del Cretácico, y antes de la deposición de las capas rojas; el "Incaico" a principios del Terciario, fue el más intenso y a él siguió un período de actividad ígnea; y finalmente el "Quechua" a mediados del Terciario.

4.1.9.2. Fracturamiento.

El fracturamiento en el área de San Cristóbal, parece ser el resultado de las fuerzas compresivas e intrusivas que dieron lugar a la formación del Domo de Yauli y dentro del anticlinal de Chumpe, dos sistemas de fracturamiento pueden ser distinguidos:

4.1.9.2.1. Fracturamiento Paralelo al Eje del Anticlinal.

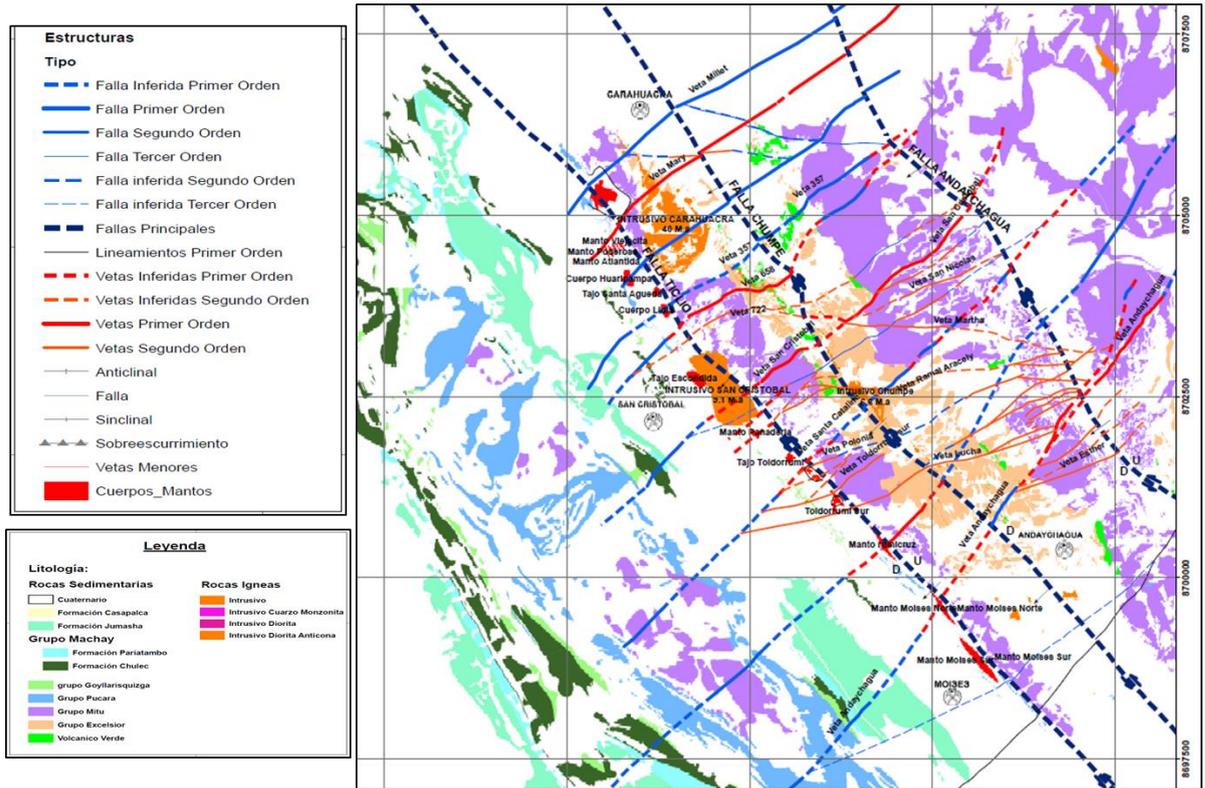
Durante la formación del anticlinal Chumpe, originados por fuerza de comprensión, los estratos inferiores de calizas resbalaron sobre los volcánicos subyacentes, dando lugar a la formación de pequeñas y repetidas falla inversas acompañadas de pliegues de arrastre. Los sobreescurrecimientos y fallas inversas encontrados al oeste de San Cristóbal, en las calizas del Grupo Pucara, pueden pertenecer a este sistema (Szekely 1967). Al cesar las fuerzas compresivas, probablemente se produjeron fuerzas tensionales en dirección contraria a la que actuaban las fuerzas compresivas. Estas fuerzas de tensión así generadas dieron lugar a la formación de fracturas longitudinales paralelas al eje del anticlinal de Chumpe, las cuales fueron rellenadas posteriormente por los diques de Alaskita que ocurren en el núcleo de dicho anticlinal.

4.1.9.2.2. Fracturamiento Perpendicular al Eje del Anticlinal.

Posteriormente a la formación de las fracturas paralelas al eje del anticlinal, se formaron sistemas de fracturas de tensión más o menos perpendiculares a dicho eje y limitadas fracturas de cizallamiento oblicuas al mismo. Las fracturas de tensión perpendicular al eje del anticlinal se distribuyen a uno y otro lado del intrusivo Chumpe y atraviesan las rocas que constituyen esta estructura en dirección NE – SO. En el lado N del

intrusivo Chumpe las fracturas tienen un buzamiento de 50° a 70° hacia el S, mientras las que se ubican al S del mismo intrusivo poseen buzamiento de 50° a 85° hacia el N. La tensión causa del fracturamiento transversal, en el área de San Cristóbal, parece haber sido ocasionada por efecto del arqueamiento del eje del anticlinal, el cual probablemente de produjo por la acción de fuerzas comprensivas que actuaron en dirección NE – SE, acompañadas por el empuje de abajo hacia arriba durante el emplazamiento del intrusivo Chumpe (J. A. Pastor, 1970).

Otra teoría que podría aplicarse a la formación de estas estructuras sería la que considera el fracturamiento transversal al eje del anticlinal de Chumpe como formado por esfuerzos tensionales y de cizallamiento, originado indistintamente fracturas de tensión y de cizalla en relación a los diferentes tipos de roca que conforman el mencionado anticlinal; así, en los volcánicos que conforman el flanco occidental predominarían las fracturas de tensión, las de cizalla en el núcleo y nuevamente las de tensión en el flanco oriental (D. Bronkhorst 1970). Movimientos normales acompañadas de subordinados movimientos rotacionales ocurrieron después de la formación de las fracturas tensionales, lo cual puede ser comprobado por el desplazamiento que presentan los diques y algunas vetas por el efecto del movimiento a lo largo de la fractura San Cristóbal. (tomada del Informe interno – Reservas y Recursos Minerales 2015, Pag. 15 al 16 - ver plano 3).



Plano 3: Geología Estructural.

4.1.10. Ocurrencia de la Mineralización.

La complejidad geológica del distrito ha dado lugar a la formación de una variedad de depósitos minerales que se extienden ampliamente en él (ver plano 4). Después de la última etapa del plegamiento "Quechua" y la formación de las fracturas de tensión, vino el período de mineralización; soluciones residuales mineralizantes originadas probablemente de los stocks de monzonita cuarcífera, invadieron el área dando lugar a la formación de vetas, mantos y cuerpos; sin embargo es necesario aclarar el origen de los mantos y cuerpos, fueron rellenos y/o reemplazadas indistintamente por soluciones hidrotermales, a través de canales alimentadores (feeders). En los últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra con quien Volcan tiene un convenio, los resultados de laboratorio de isótopos de Pb nos indican que el plomo de las vetas y los cuerpos son coetáneos y de una sola fuente de origen, así como el zinc, lo que demostraría que la mineralización es

eminentemente epigenética. (tomada del Informe interno – Reservas y Recursos Minerales 2015, Pag. 17 al 18).

4.1.10.1. Vetas.

Las vetas o filones fueron formadas principalmente por relleno de fracturas (ver Plano 4), siendo mejor mineralizadas aquellas que se formaron a lo largo de fracturas de tensión; las fallas de cizalla por contener mucho panizo no fueron bien mineralizadas o pobremente mineralizadas. Se encuentran localizadas en todo el distrito minero, con su mayor desarrollo en los volcánicos del grupo Mitu, están agrupadas en tres sistemas los cuales son:

4.1.10.1.1. Sistema de vetas San Cristóbal.

Este sistema está conformado por las siguientes: Veta Principal, Siberia 1 y 2; 947, 625 y Ramal Norte; de todas la más importante es la primera y las otras podrían ser consideradas como ramales de dicha veta. La veta Principal de San Cristóbal es la estructura más extensa que se conoce en el área y ha sido mineralizada a lo largo de 3 km. El movimiento principal de toda la estructura ha sido normal, con un desplazamiento de aproximadamente de 200 m. además; por acción rotacional, la caja piso ha tenido un movimiento en el sentido de las agujas de reloj comparado con la caja techo. Aunque esta estructura es una fractura continua, su rumbo cambia en relación al tipo de roca, debido probablemente a su naturaleza (tensión o de cizalla); o, en su defecto, debido a una refracción de las fracturas al entrar en un tipo de roca. En los volcánicos del flanco occidental el rumbo varía entre N50° y 60° que cambia a N80°E en las filitas. En la parte central el rumbo cambia a N40°E, mientras que más al E se ha determinado un rumbo de N30°E. El buzamiento de la veta a lo largo de toda su extensión varia de 45° a 60° al SE. El ancho

de la veta es variable a lo largo de toda su extensión. Así tenemos que al O, en los volcánicos, la veta puede alcanzar hasta 10 m de potencia, en la mitad occidental de las filitas la veta puede desaparecer completamente quedando solo una zona de microbrecha; y en la zona central, en las filitas la veta tiene una potencia que varía entre 1 y 5 m. Las potencias variadas en las diferentes secciones son posible sean resultado de las diferentes competencias de las rocas y de la génesis de las fracturas.

Mineralización: los minerales comerciales más comunes que ocurren en la veta son; wolframita, calcopirita, esfalerita, galena y minerales de plata; mientras que los minerales de ganga son la pirita, cuarzo, carbonatos y marcasita, todos estos minerales se encuentran formando bandas paralelas dentro de la veta.

Alteración de las Rocas Encajonantes: varía de acuerdo al tipo de roca y de mineralización; en las filitas, que contienen todas las etapas de mineralización, la alteración consiste, de la veta hacia a fuera, de una zona de silicificación, luego una zona de caolinización y/o sericitización, y finalmente de cloritización.

Controles de Mineralización: parece presentar principalmente control tanto estructural como litológico. El control estructural está determinado por la falla San Cristóbal que permitió la circulación de soluciones mineralizantes, y, además, las diferentes reaperturas durante la formación de la veta, dieron lugar a distintas bandas de minerales. Asimismo, movimientos a lo largo de la falla San Cristóbal, durante el periodo de mineralización, han jugado papel importante para el emplazamiento de minerales a lo largo de las diferentes áreas de la mina. El control litológico está determinado por los diferentes

tipos de rocas encajonantes a lo largo de la veta San Cristóbal, las cuales probablemente han influido en la distribución espacial de los minerales.

4.1.10.1.2. Sistemas de Vetas Virginia.

El sistema de vetas Virginia consta de algunas fracturas de tensión, mineralizadas, paralelas y a 1 km al N de la veta San Cristóbal. Estas fracturas ocurren en el flanco occidental del anticlinal Chumpe. En las calizas las fracturas continúan por una distancia corta y algunas veces terminan formando cuerpos irregulares de mineral. Contrariamente a las vetas de San Cristóbal y Andaychagua, las vetas Virginia no están regularmente mineralizadas, conteniendo solamente “clavos” (oreshoots) aislados. Como un ejemplo del sistema Virginia, tenemos la veta 722 considerada como una de las más importantes, y será discutida con mayor detalle. Esta veta es conocida sobre una longitud horizontal de 1 km. A lo largo de su longitud contiene 4 clavos mineralizados, separados uno del otro por tramos estériles. El rumbo de la veta varía entre N60°E y N78°E y su buzamiento entre 55° y 65° SE. El movimiento a lo largo de esta veta-falla parece haber sido rotacional: la caja piso se movió en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj con respecto a la caja techo de la veta. La potencia de la veta varía considerablemente. En los tramos estériles la estructura consiste de unas delgadas bandas de microbrecha, mientras que en los centros de los clavos mineralizados el ancho de la veta puede tener más de 5 m. A lo largo de toda su longitud, la veta está acompañada por una zona de material triturada, como en la de San Cristóbal. Esta zona representa el último movimiento a lo largo de la veta. La franja de microbrecha (panizo) ocurre tanto en la caja piso como en la caja techo de la veta.

Alteración de la roca Encajonante: varía principalmente de acuerdo a la potencia de la mineralización presente. Alrededor de los clavos mineralizados, los volcánicos presentan fuerte silicificación cerca a la veta; un poco más lejos de ésta se presenta con moderada a fuerte caolinización, y finalmente ligera cloritización con algo de piritización y en las Filitas cerca a la veta silicificación y un poco más lejos cloritización.

Mineralización: se presenta en forma de clavos mineralizados separados por zonas de desmonte. Estos clavos parecen haber sido controlados estructuralmente por los contactos volcánicos-calizas, volcánicos-filitas y las intersecciones de las vetas. La mineralización de las vetas Virginia se asemeja a la de la veta San Cristóbal en el área de los volcánicos. Los siguientes minerales han sido observados: esfalerita, galena, carbonatos, marcasita, cuarzo y menores cantidades de pirita.

Controles de Mineralización: dos rasgos fundamentales han controlado el movimiento de las soluciones hidrotermales en este sistema de Virginia, siendo ellos principalmente de carácter estructural: el primer rasgo estructural es la presencia de fracturas de tensión en los volcánicos, que fueron posteriormente rellenados por sulfuros. El segundo rasgo estructural lo constituye los contactos: volcánicos-caliza, volcánicos-filitas y las diferentes intersecciones de las vetas. Estos controles estructurales parecen haber sido decisivos en la localización de las masas mineralizadas a lo largo de las vetas Virginia.

4.1.10.1.3. Sistema de Vetas Andaychagua.

El sistema de vetas Andaychagua se encuentra al SE del intrusivo Chumpe en el flanco E del anticlinal del mismo nombre. Está conformado por la veta

Principal Andachagua, Puca Urco, Esther, Martha, Clara, Delly, Rosie, Marty, Prosperidad y Milagro. Todas emplazadas en los volcánicos Catalina y solo las más persistentes como la veta Principal y Prosperidad se extienden hasta las filitas en el lado O, la veta de más importancia es la denominada Principal y es la que está en producción. La veta Principal Andaychagua es la segunda estructura, en orden de extensión, conocida en el área. La longitud de la estructura es casi 5 km, de los cuales cerca de 3 km han sido mineralizados; la estructura tiene un rumbo promedio de N30°E y un buzamiento casi constante de 80° a 90°NO. Cuando la estructura llega al contacto con las filitas, se bifurca en varios ramales que todavía no han sido bien reconocidos. El movimiento principal a lo largo de la fractura ha sido horizontal en sentido dextral, teniendo un desplazamiento total de 200m. Este movimiento horizontal probablemente tuvo una componente vertical de pequeña magnitud el cual la caja techo se ha movido en sentido de las agujas del reloj comparado con la caja piso, es deducido por el desplazamiento del contacto entre los volcánicos y filitas. En el flanco oriental del anticlinal Chumpe, aflora un intrusivo de naturaleza básica, gabro (?), de forma cilíndrica casi vertical, que ha sido cortado y desplazado horizontalmente por la estructura Andaychagua. A partir de esta intrusión se notan diques de poca potencia que curre paralelo y dentro de la veta Andaychagua. Estos diques parecen ser derivados ácidos del gabro?. La potencia de la veta es casi constante, y varia normalmente de 1.50 a 2.50m. solo ocasionalmente el ancho de la veta puede alcanzar de 3 a 4m. aparte de la veta Principal se presentan algunos ramales tanto en la caja piso como en la caja techo de la veta. Estos, aún son poco conocidos.

Alteración de las Rocas Encajonantes: la alteración difiere de la alteración de la veta San Cristóbal, probablemente porque los volcánicos en Andaychagua son de diferente composición. Aquí los volcánicos consisten de brechas piroclásticas y aglomerados que gradualmente cambian a derrames andesíticos. En una sección trasversal esquemática de la veta, se puede distinguir los siguientes halos de alteración en los volcánicos: silicificación, caolinización, sericitización y un halo exterior de cloritización. En los diques básicos, a lo largo de las vetas, la silicificación está ausente, mientras que los feldespatos han sido argilitizados. Lo mismo ha sucedido con el gabro. Pero aquí, la argilitización cambia a cloritización más lejos de la veta. En las filitas, algo de silicificación, argilización y cloritización se ha observado.

Mineralización: la mineralización en la veta Andaychagua se presenta en forma de vetas pequeñas, separadas por zonas estériles o con muy poco mineral. Se ha observado los siguientes minerales arcenopirita, pirrotita, marmatita, galena y carbonatos, esfalerita, argentita, platas rojas, rodocrosita y cuarzo; plata nativa, polibasita y pirargirita.

Controles de Mineralización: la deposición de minerales en la veta Andaychagua ha sido controlada por dos factores: estructural e ígneo. El control estructural está dado por zonas de cizallamiento en la estructura principal de la veta Andaychagua. El otro control lo sustituye los diques básicos que se desprenden de las intrusiones gabroicas. Estos diques aparentemente prepararon el terreno para el paso de las soluciones a lo largo de la zona de cizallamiento.

4.1.10.2. Mantos.

Conspicuamente concordante con las calizas y tufos del grupo Pucara (formación Aramachay parte superior y Condorsinga Kobe 1978), ocurre mineralización en forma de mantos. Dicha mineralización está emplazada en las rocas del Grupo Pucara, desde el contacto de estas rocas con los volcánicos Catalina hasta aproximadamente las dos terceras partes de su potencia. Horizontalmente se extiende en una longitud de casi 13 km, de los cuales solo los 3 primeros kilómetros de extremo NE están reconocidos y corresponden a los mantos Carahuacra y Huaripampa (mantos Santa Agueda y San Antonio), mientras que de los 10 km restantes se conoce solamente sus afloramientos; en esta zona estarían incluidos, de NE a SE, los mantos de San Cristóbal, Toldorrumi, Moises y Aerolito. La forma de los mantos es tabular, pero los contornos de valor económico (que son muy relativos), por lo general son lenticulares. Los mantos emplazados cerca del contacto con los volcánicos Catalina terminan contra estas rocas debido posiblemente a la discordancia erosional existente entre dichos volcánicos y las calizas del Grupo Pucara.

Mineralización: la mineralización de los mantos, está constituida principalmente por esfalerita, marmatita, hematita, marcasita, pirita, siderita, barita y en menor proporción galena y cuarzo. El contenido metálico de zinc, es relativamente alto (10%). Mientras que el de otros metales es bajo Cu 0.05%, Pb 0.8% y 1 oz Ag. Referente a la paragénesis y zonamiento, Existe un estudio sobre “paragénesis y alteración de los mantos San Antonio” de M. Luján 1970; considerando dichos mantos como de origen epigenético y en los últimos estudios realizados el año 1999 por el Dr. Robert Moritz de la Universidad de Ginebra; las vetas y los cuerpos son coetáneos y de una sola fuente de origen, así como el zinc, lo que demostraría que la mineralización es eminentemente epigenética.

Fracturamiento: los mantos están interestratificados con las calizas y tufos del Grupo Pucara, en el flanco oeste del anticlinal de Chumpe y parecen haber sido afectados por el tectonismo que dio lugar al plegamiento y fracturamiento en diferentes etapas; así tenemos que las calizas, tufos y mantos presentan ocasionalmente pliegues de arrastre y fallas inversas de rumbo y buzamiento similares a las de los tufos puesto que estos han servido de planos de deslizamiento. Estas fallas inversas son las más antiguas y son de origen compresional. Un sistema de fracturas transversales atraviesa y desplazan a los mantos, los cuales tienen un rumbo aproximados de N40°E y su buzamiento es ligeramente hacia el SE o hacia el NO, según se localicen al N o al S del intrusivo Chumpe. Estas fracturas transversales son de origen tensional ocasionados por el intrusivo Chumpe.

Alteración de las rocas de caja: en cuanto a la alteración de las rocas encajonantes, se podría decir que se observa una incipiente silicificación de las calizas; los tufos están fallados puesto que, como se ha expresado anteriormente, han servido de planos de deslizamiento. Respecto al origen de los mantos, se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal (Figura 6), en las calizas Pucará; a partir del contacto con los volcánicos Mitu, se ubican concordantemente con la estratificación.

4.1.10.3. Cuerpos.

Al igual que los mantos se encuentran localizados en el flanco oeste del anticlinal, en las calizas Pucará, y se forman por la unión de varios mantos o en la intersección de una veta con algún manto. Hacia el S de los mantos San Antonio, en la zona de intersección de las vetas 119 y 658 con los mantos cercanos al contacto volcánico-calizas, se ha localizado dos cuerpos de formas irregulares,

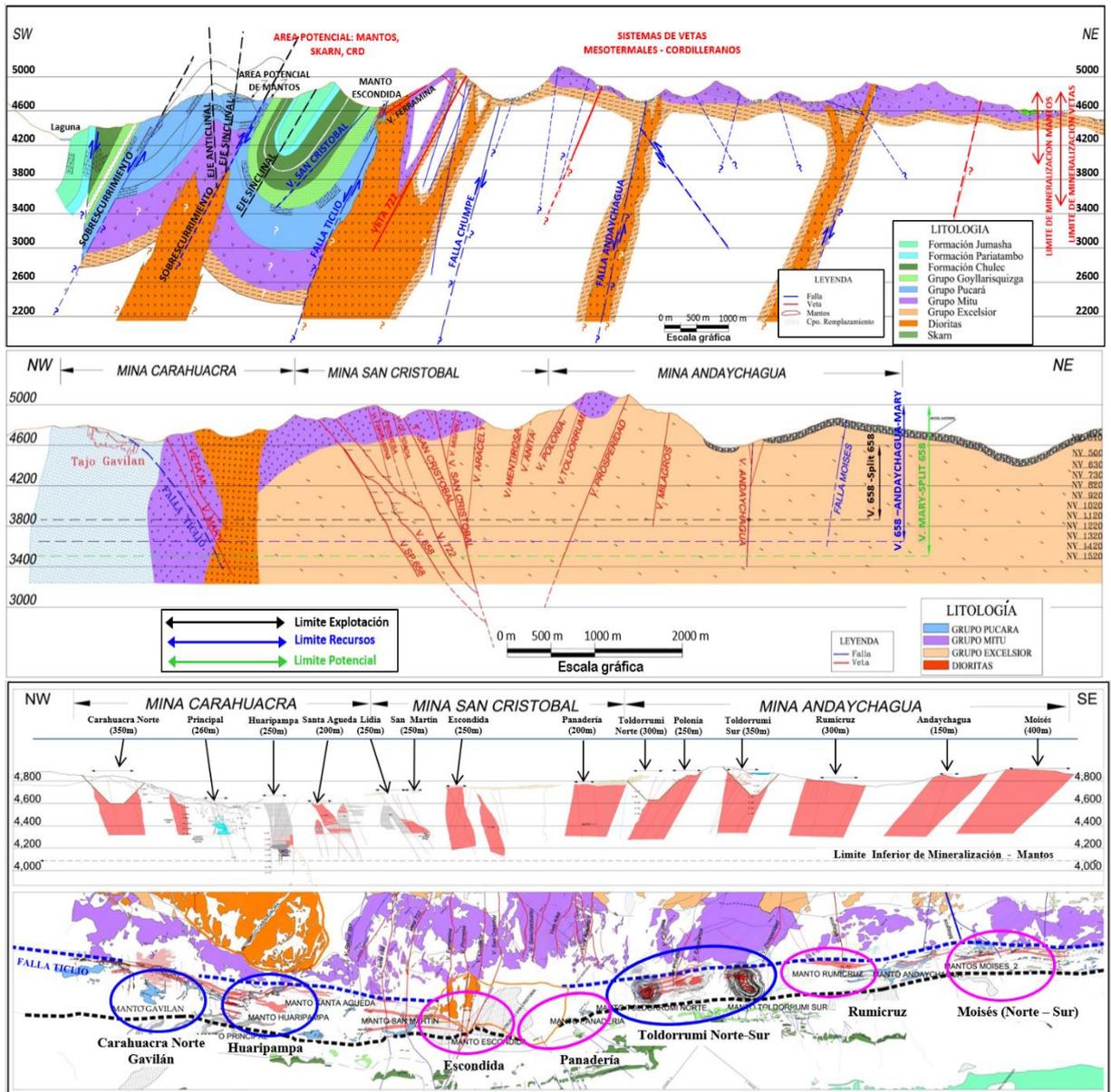
denominados 119-A y 658-A; estos han sido reconocidos entre los niveles 580 y 630 de la mina Huaripampa. La mineralización económica de estos cuerpos está constituida principalmente por esfalerita y marmatita, y en menor proporción por galena; los minerales de ganga son: pirita, hematita, siderita y algo de marcasita. Es notorio la tendencia de estos dos cuerpos de mineral a incrementar tanto en volumen como en contenido metálico a medida que profundizan, por lo que es recomendable explorar en profundidad. Teniendo en consideración que los dos cuerpos antes mencionados se han formado en la intersección con los mantos emplazados en la caliza Pucara y existiendo otras vetas, casi paralelas a las anteriores (119 y 658) localizadas al S de las mismas, es posible encontrar otros cuerpos de mineral en las intersecciones de vetas con mantos.

Alteración de la Roca Encajonante: los dos cuerpos, casi íntegramente están emplazados en calizas Pucara, solo sus extremos del lado E, están en contacto con los volcánicos Catalina. Las calizas presentan fuerte silicificación, moderada piritización y dolomitización; los volcánicos han sufrido fuerte silicificación, piritización, sericitización y en menor grado cloritización.

Mineralogía: es fácilmente observable en la mina, que estos cuerpos presentan minerales de los mantos, tales como esfalerita, marmatita y hematita; así como minerales propios de las vetas, tales como esfalerita, galena, pirargirita, calcopirita y algo de carbonatos. Es también observable que en su extremo E de estos cuerpos hay predominio de los metales de vetas, mientras en los extremos de lado O los minerales de veta disminuyen y predominan lo de los mantos. Parece pues que en estos cuerpos coexisten dos etapas de mineralización: la de los mantos que han sido fallados, y la de las vetas (fallas) que son posteriores. Es

evidente que cada etapa de mineralización ha tenido sus correspondientes sub-etapas; lo cual queda por estudiar.

Controles de la Mineralización: la mineralización de estos cuerpos, parece estar controlada principalmente por: la estratificación de los mantos, el fracturamiento (transversal a dicha estratificación) por donde circularon soluciones hidrotermales y el carácter de la roca encajonante. El cuerpo 658-A, se formó por la intersección de mantos con la veta 658, El cuerpo 119-A, similarmente se formó por la intersección de mantos pre-existentes y el ramal 119. Respecto al control litológico de estos cuerpos tenemos que, la veta 658 en los volcánicos es poco potente (0.40 – 0.70m), pero al interceptarse con los mantos y calizas en las que éstas están emplazados, adquieren gran potencia y se convierten en un cuerpo irregular; algo similar ocurre con el ramal 119 que parte de la veta 658, recorre por el contacto volcánico-calizas y al interceptar a los mantos y calizas forma el cuerpo irregular 119-A. Se puede inferir entonces que la caliza fueron rocas favorables para la deposición y reemplazamiento de los minerales de la segunda etapa de mineralización de estos cuerpos. Es necesario tener en cuenta que los cuerpos 423 y 570 son cada uno de ellos un conjunto de mantos que no han sido tan disturbados por estructuras mayores (salvo fallamientos y algunos diques que últimamente están siendo ubicados), como los cuerpos anteriormente indicado.



Plano 4: Secciones Longitudinales mostrando la Mineralización Económica dentro del Grupo Pucará.

4.1.11. Geocronología.

Se ha datado con alta precisión los intrusivos de la zona (Beuchat S. 2002), El intrusivo San Cristóbal tiene 9.1. Ma, El intrusivo Chumpe 6.6 Ma, La mineralización subsiguiente de 4.9 a 4.78 Ma. Se sugiere que esta actividad magmática está vinculada a lo largo de los intrusivos del Domo de yauli.

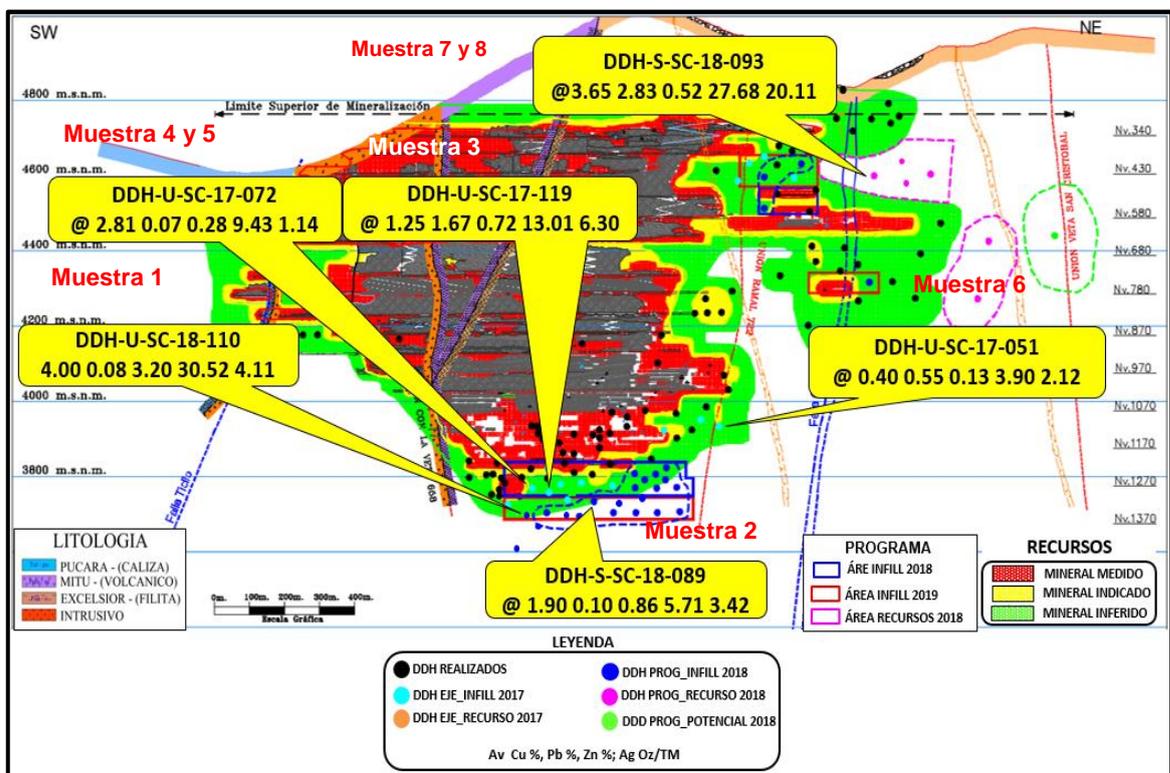
4.1.12. Inclusiones fluidas.

La data de las inclusiones fluidas se ha tomado de esfalerita, cuarzo y carbonatos de vetas y cuerpos (Moritz 2001). La temperatura de formación de 150 a 330°C. La

mineralización de mantos viene de una mezcla entre fluidos relacionados al sistema de vetas y a la fuente Chumpe, y otros más calientes y salinos que surgen a lo largo del contacto Mitu-Pucará.

4.2. Presentación, Análisis e Interpretación de Resultados.

Se tomó las muestras en 3 zonas de la estructura con sus respectivas leyes compositas (ver plano 5), tabla con leyes de los tramos de la veta por taladro (ver tabla 2).



Plano 5: sección longitudinal de la veta 722 con la ubicación de las muestras.

BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-18-110	SI	194.65	195	0.35	0.1186	4.1706	12.6762	3.4206	V.722	1220
DDH-U-SC-18-110	SI	195	195.4	0.4	0.253	17.7499	37.6375	20.0459	V.722	1220
DDH-U-SC-18-110	SI	195.4	196.35	0.95	0.1249	1.215	46.6662	4.3755	V.722	1220
DDH-U-SC-18-110	SI	196.35	197.05	0.7	0.0431	0.2553	37.9913	1.7718	V.722	1220
DDH-U-SC-18-110	SI	197.05	197.75	0.7	0.036	0.7339	36.4473	1.302	V.722	1220
DDH-U-SC-18-089	SI	145.3	146.2	0.9	0.0574	0.152	3.9979	3.737	V.722	1220
DDH-U-SC-18-089	SI	146.2	146.9	0.7	0.1645	1.9874	7.194	3.6025	V.722	1220
DDH-U-SC-18-089	SI	146.9	147.2	0.3	0.0744	0.3568	7.3719	2.0169	V.722	1220
DDH-U-SC-17-119	SI	77.05	77.35	0.3	4.1329	0.6255	8.2404	11.661	V.722	1270
DDH-U-SC-17-119	SI	77.35	78	0.65	1.255	1.0523	18.7783	6.4263	V.722	1270
DDH-U-SC-17-119	SI	78	78.3	0.3	0.0967	0.0981	5.2925	0.6479	V.722	1270
DDH-U-SC-17-072	SI	160.1	160.7	0.6	0.1286	0.2783	11.2307	2.853	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	160.7	161.3	0.6	0.0645	0.1296	7.7192	1.1699	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	161.3	162.4	1.1	0.0565	0.1711	14.8273	1.0206	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	162.4	163.9	1.5	0.01	0.0595	2.349	0.2057	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	163.9	165	1.1	0.0683	0.1534	11.6389	0.7608	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	165	165.3	0.3	0.0672	2.1238	24.972	4.2392	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	165.3	166	0.7	0.0293	0.119	3.2367	0.5179	V.722	1220
DDH-U-SC-17-072	SI	166	166.75	0.75	0.2259	0.5576	11.9519	1.6536	V.722	1220
DDH-U-SC-17-051	SI	195.05	195.45	0.4	0.554	0.1288	3.9027	2.1223	V.722	1170
DDH-S-SC-18-093	SI	258.15	258.5	0.35	3.7858	0.1095	4.0863	13.7381	V.722	SUPF.
DDH-S-SC-18-093	SI	258.5	259.4	0.9	7.8426	0.5809	26.5761	55.3121	V.722	SUPF.
DDH-S-SC-18-093	SI	259.4	259.95	0.55	3.0003	0.9481	38.8788	26.1773	V.722	SUPF.
DDH-S-SC-18-093	SI	259.95	260.75	0.8	0.1463	0.9266	54.5501	1.5115	V.722	SUPF.
DDH-S-SC-18-093	SI	260.75	261.8	1.05	0.1815	0.0846	10.1563	3.0531	V.722	SUPF.

Tabla 2: tabla de leyes de los tramos muestreados de la veta 722

Descripción de las Muestras.

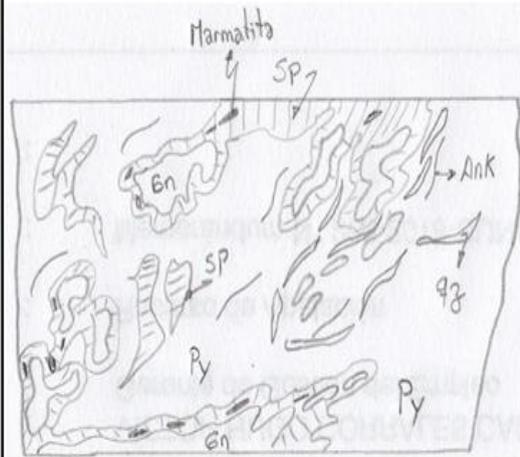
MUESTRA NRO. 1 (Muestra TL 110-2018-32).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona de profundización ubicado a 195.00m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 3), consta de gn>ef>py>ank>mrm, presencia de islas pequeños >0.3cm de cuarzo, puntos y/o patinas de sulfuro que varía de colores posiblemente bornita, se observa presencia de cavidades >0.3 cm., textura brechada (con presencia de minerales de hábito botroidal alrededor de cavidades), matriz sulfuros. Siendo la caja roca filita verde grisácea con alteración cl-py (ver fotografía 1A – 1B).

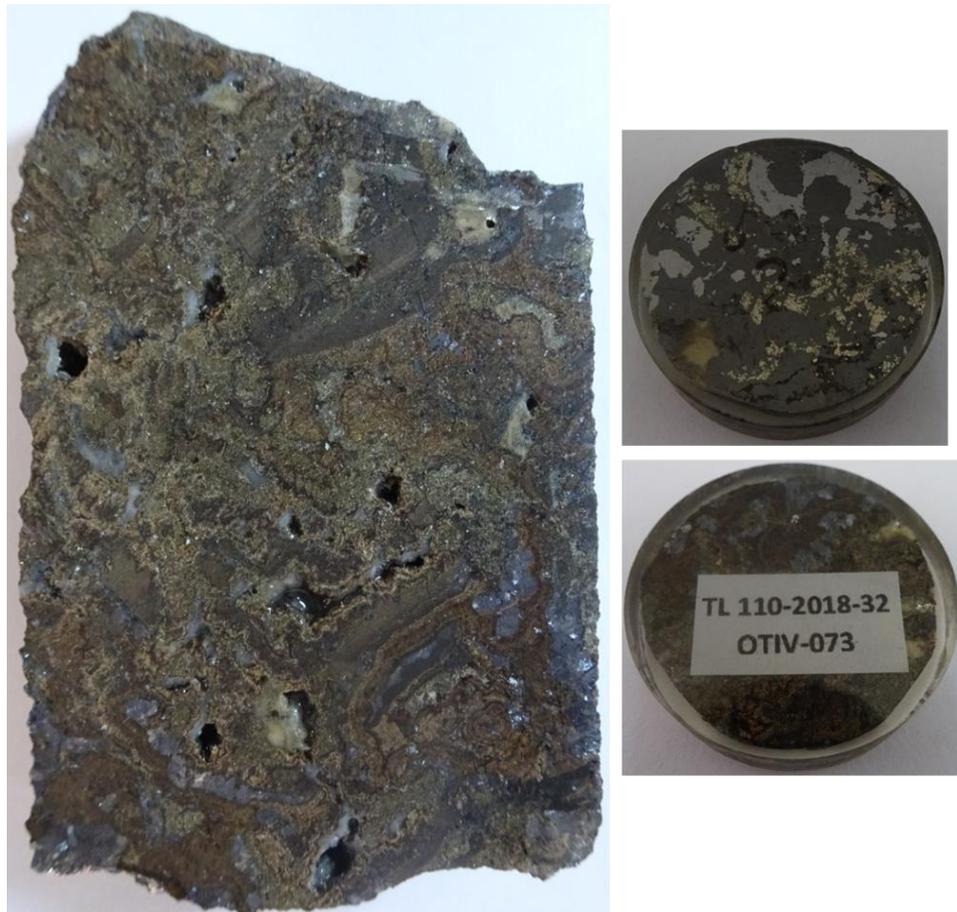
BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-18-110	MSCR_IN_18	241.6	384943.76	8702808.43	3819.00	384489.10	8704976.50	3709.33

Tabla 3: coordenadas de la veta - Muestra 1



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-18-110	SI	195	195.4	0.4	0.253	17.7499	37.6375	20.0459	V.722	1220

Fotografía 1A: muestra 1 y representación



Fotografía 1B: muestra y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (7%) que han sido reemplazados por agregados masivos de esfalerita (75%) y cristales de galena (12%) desde sus bordes, fracturas y oquedades. La calcopirita I (Traza) aparece como relictos en esfalerita y galena en bordes y centros. Por sectores la esfalerita presenta finas diseminaciones de calcopirita II (Traza); además ha sido reemplazada por galena desde sus bordes, fracturas y oquedades. Los cobres grises (Traza) aparecen como relictos en galena y han reemplazado a calcopirita I desde sus bordes. Marcasita (Traza) como relleno de finas venillas que han cortado a los agregados masivos de esfalerita.

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares, en ocasiones de hábito cúbico. Han sido reemplazados parcialmente por agregados masivos de esfalerita y por cristales de galena desde sus bordes, fracturas y oquedades. Algunos han sido reemplazados débilmente por pirrotita desde sus oquedades.

Pirrotita: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a algunos cristales de pirita desde sus oquedades.

Calcopirita I: Pequeños cristales con formas irregulares que aparecen como relictos en esfalerita y galena (en bordes y centros); en ocasiones han sido reemplazados parcialmente por cobres grises desde sus bordes.

Esfalerita: Agregados masivos que han englobado y reemplazado parcialmente a los cristales de pirita desde sus bordes, fracturas y oquedades. Algunos presentan relictos de calcopirita I en sus centros y bordes. Además, por sectores se aprecian con finas diseminaciones de calcopirita II. Ha sido reemplazada por galena a partir de sus bordes, fracturas y oquedades. Han sido cortados por venillas rellenas por marcasita.

Calcopirita II: Diminutos cristales con formas redondeadas que se encuentran como finas diseminaciones en algunos sectores de los agregados masivos de esfalerita.

Cobres Grises: Pequeños cristales con formas irregulares que se observan como relictos en galena; en ocasiones han reemplazado a calcopirita desde sus bordes.

Galena: Cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a los cristales de pirita y a los agregados masivos de esfalerita desde sus bordes, fracturas y oquedades. En ocasiones con relictos de pirita, calcopirita, esfalerita y cobres grises.

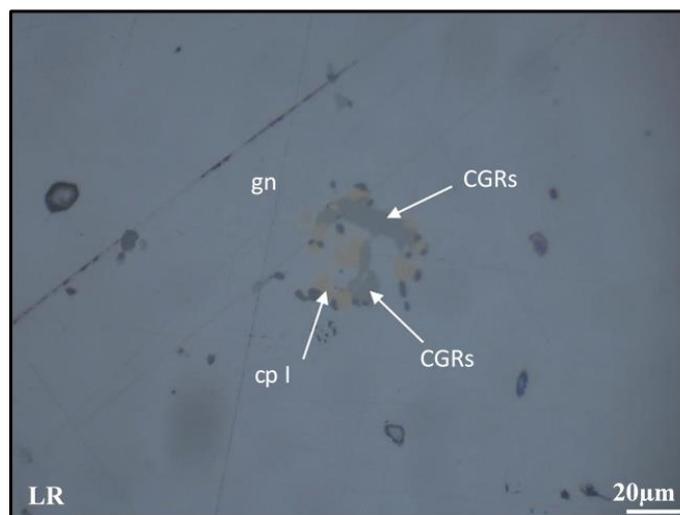
Marcasita: Agregados de pequeños cristales irregulares que ocurren como relleno de finas venillas (con espesores menores a 20 micras) que han cortado a los agregados masivos de esfalerita.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 4).

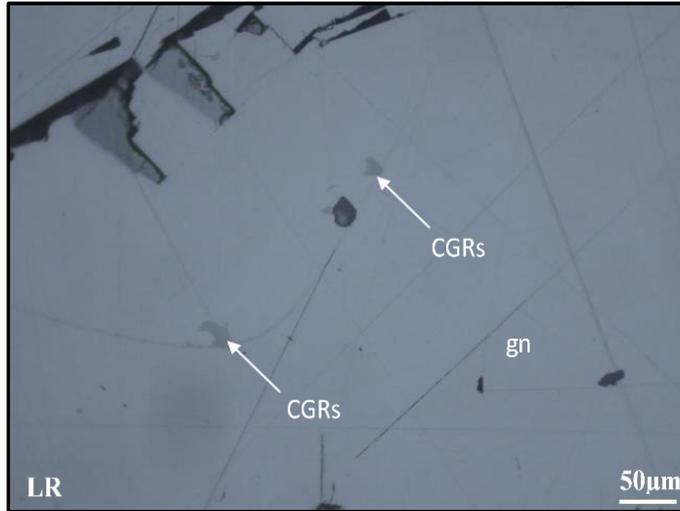
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	μm
Pirita	7	≤ 1000
Pirrotita	Trazas	≤ 50
Calcopirita I	Trazas	≤ 50
Esfalerita	75	> 4000
Calcopirita II	Trazas	≤ 5
Cobres Grises	Trazas	≤ 40
Galena	12	≤ 6000
Marcasita	Trazas	≤ 20

Tabla 4

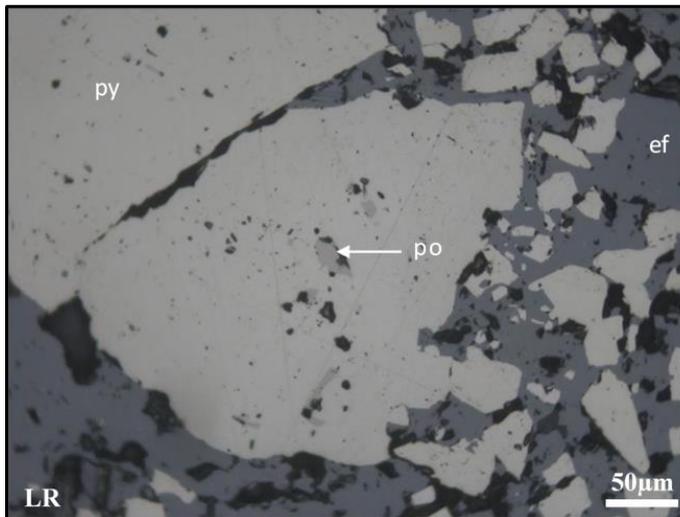
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrografía 3)



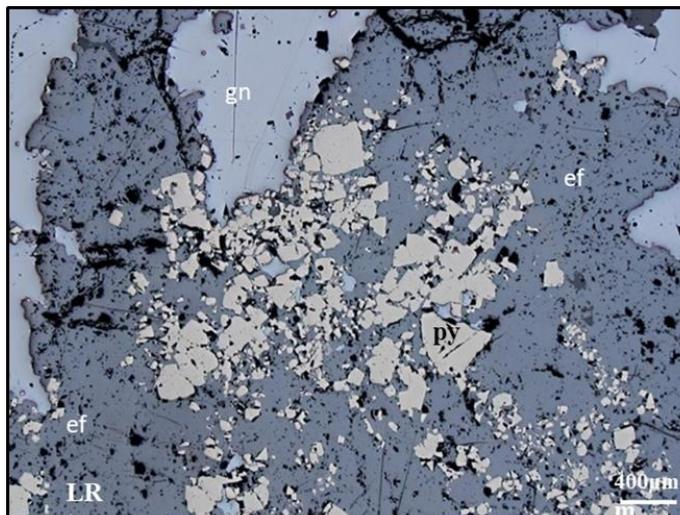
Fotomicrografía 2a: Pequeños cristales de calcopirita I (cp I) reemplazados desde los bordes por cobres grises (CGRs); presentes como relictos en galena (gn).



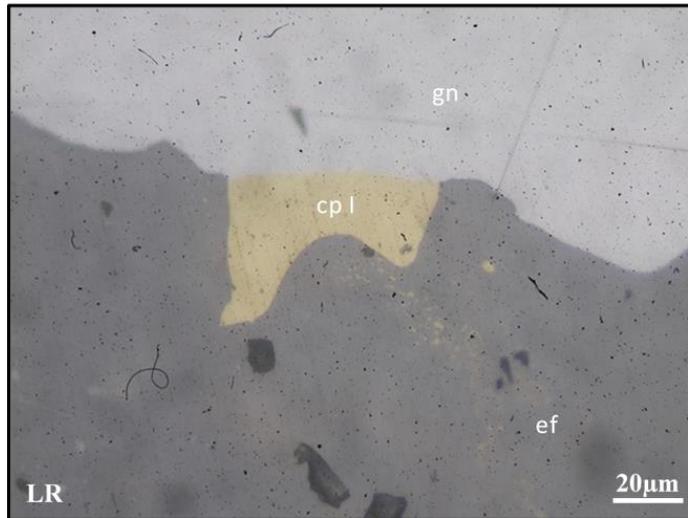
Fotomicrografía 2b: Pequeños cristales de cobres grises (CGRs) que se encuentran como relictos en galena (gn).



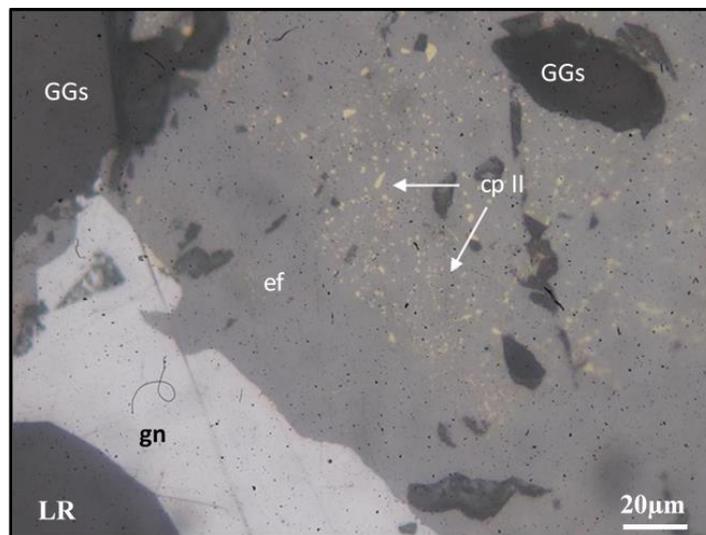
Fotomicrografía 2c: Cristales de pirita (py) reemplazados parcialmente por esfalerita (ef) desde sus bordes y débilmente por pirrotita (po) desde sus oquedades.



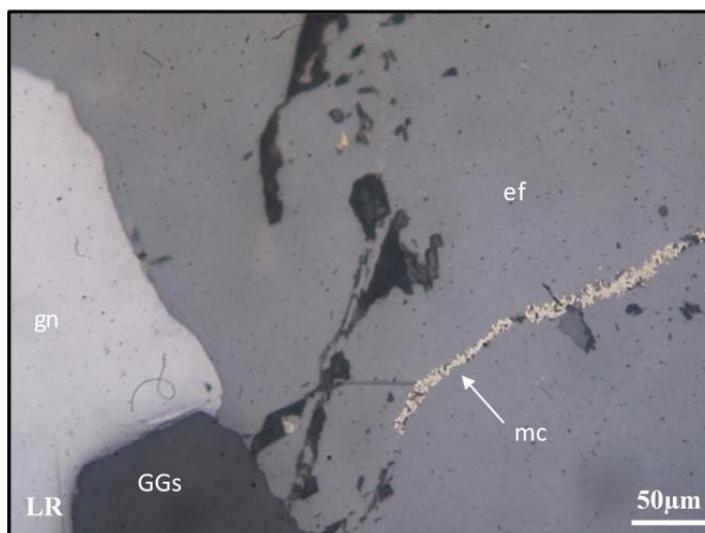
Fotomicrografía 2d: Agregados de cristales de pirita (py) englobados y reemplazados por agregados masivos de esfalerita (ef); posteriormente reemplazados por galena (gn) desde sus bordes.



Fotomicrografía 2e: Relictos de calcopirita I (cp I) reemplazados parcialmente por esfalerita (ef) y galena (gn) desde sus bordes.



Fotomicrografía 2f: Por sectores la esfalerita (ef) presenta finas diseminaciones de calcopirita II (cp II), ha sido reemplazada parcialmente por galena (gn) desde sus bordes; con gangas (GGs) intersticiales.



Fotomicrografía 2g: Esfalerita (ef) reemplazada desde los bordes por galena (gn) y además cortada por finas venillas rellenas por marcasita (mc); con gangas (GGs) en intersticios.

MUESTRA NRO. 2 (Muestra TL 89-2018-17).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona de profundización ubicado a 145.3m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 5), consta de py>ef>mrn>ank, presencia de matriz de cuarzo con drusa (dientes de cristales de cuarzo hialino), puntos y/o patinas de sulfuro color rojizo pardusco, se observa cavidades >0.5cm., textura brechada de sulfuros con clastos de roca filita > 1cm. Siendo la caja roca filita verde grisácea con tonalidades gris claro con alteración cl-py con tramos silicificado (ver fotografía 3A – 3B).

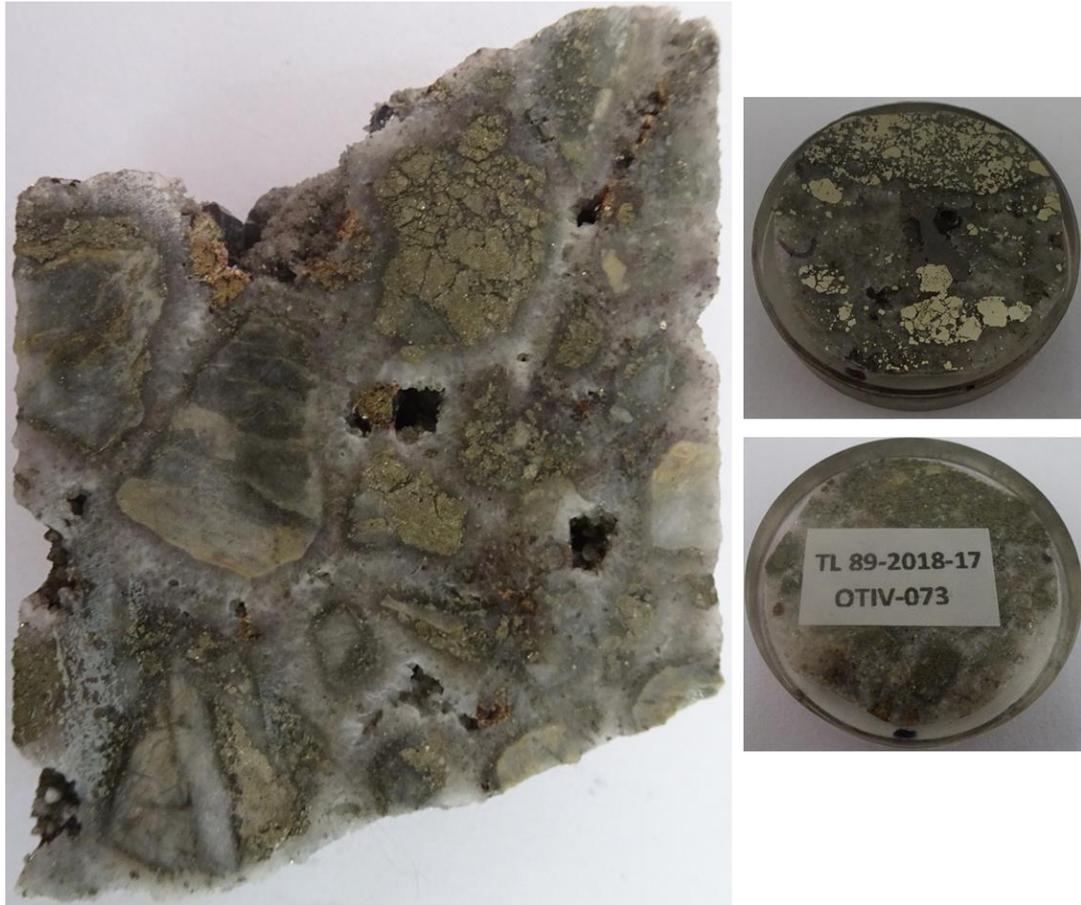
BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-18-089	MSCR_IN_18	170.5	385146.87	8702896.50	3846.51	384706.66	8705018.65	3721.28

Tabla 5: coordenadas de la veta - Muestra 2



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-18-089	SI	145.3	146.2	0.9	0.0574	0.152	3.9979	3.737	V.722	1220

Fotografía 3A: muestra 2 y representación



Fotografía 3B: muestra 2 y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (25%) que han sido reemplazados parcialmente por esfalerita (7%) y débilmente por calcopirita (Traza), cobres grises (Traza) y galena (Traza) desde sus bordes, fracturas y oquedades. La calcopirita (Traza) aparece como relictos en esfalerita y ha sido reemplazada por galena, cobres grises y covelita (Trazas). Así mismo los cobres grises han sido débilmente reemplazados por galena y covelita desde sus centros y bordes respectivamente.

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares y en ocasiones con hábito cubico, que han ingresado a través de los intersticios de gangas. Han sido parcialmente reemplazados por esfalerita desde sus bordes y oquedades. También reemplazados débilmente por calcopirita, galena y cobres grises desde sus oquedades, fracturas y bordes.

Calcopirita: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran reemplazando a cristales de pirita desde sus bordes y oquedades; en ocasiones incluidos en gangas. Además, aparecen como relictos en esfalerita. Han sido reemplazadas por galena, cobres grises y covelita desde sus bordes y centros.

Esfalerita: Agregados masivos que han ingresado a través de los intersticios de las gangas; reemplazando a cristales de pirita y calcopirita desde sus bordes, fracturas y oquedades; en ocasiones aparecen con relictos de estos mismos. Así mismo han sido débilmente reemplazadas por galena desde sus bordes.

Cobres grises: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a pirita y calcopirita desde sus bordes y centros. También se aprecian débilmente reemplazados por galena y covelita desde sus centros y bordes, respectivamente.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente desde bordes, oquedades y fracturas a la pirita, calcopirita, esfalerita y cobres grises. En ocasiones aparecen en intersticios de gangas.

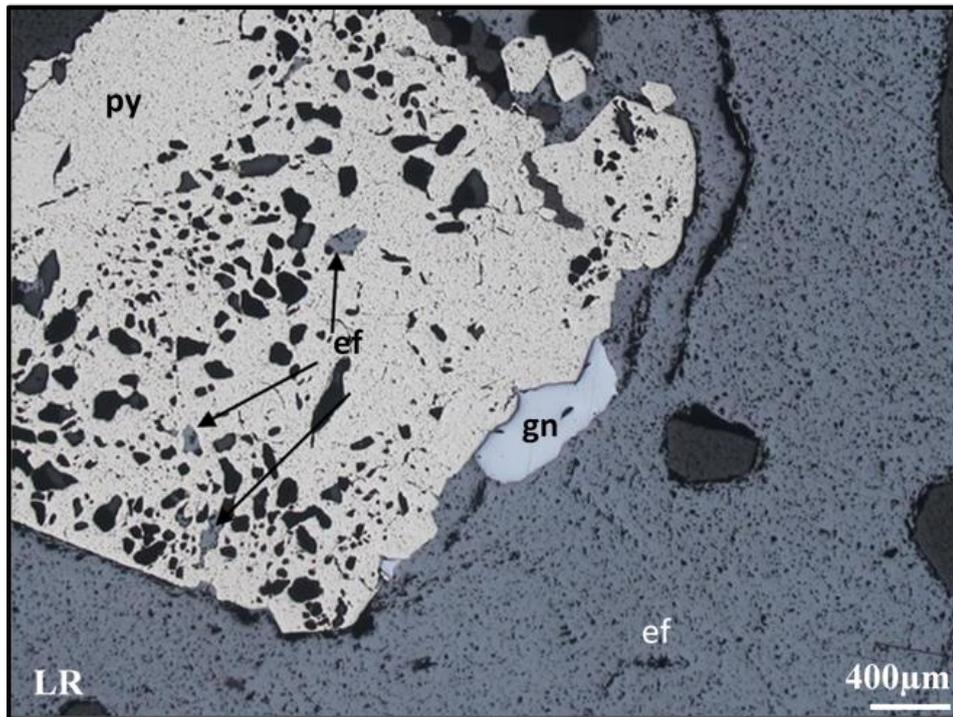
Covelita: Pequeños cristales irregulares que han reemplazado débilmente a la calcopirita y cobres grises a partir de sus bordes.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 6)

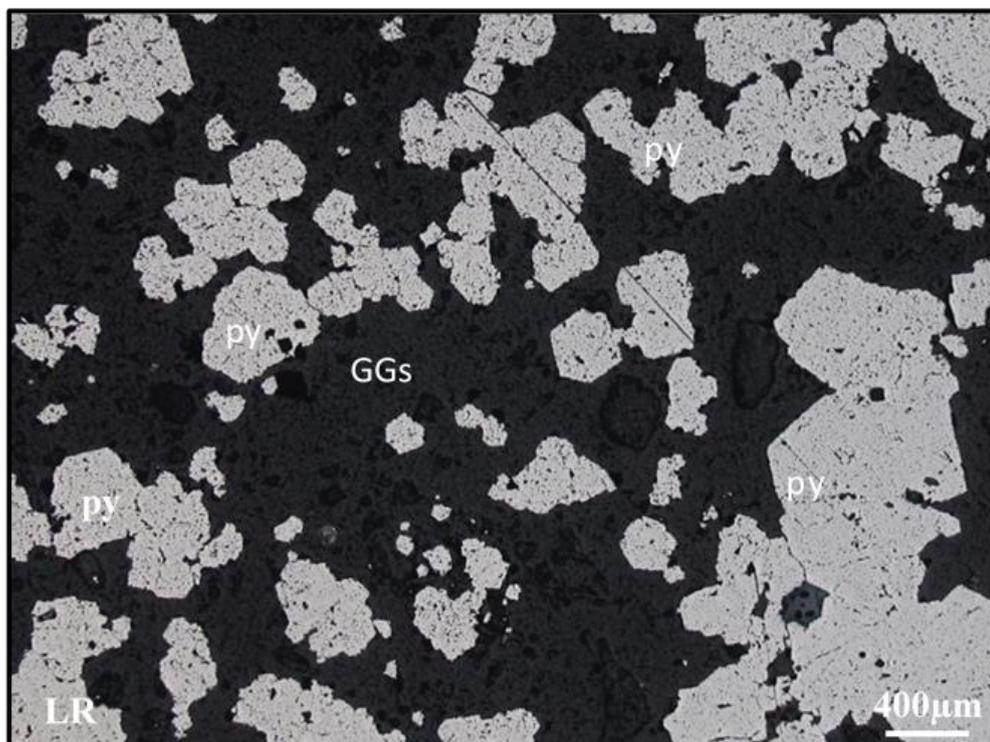
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	µm
Pirita	25	≤ 4400
Calcopirita	Trazas	≤ 800
Esfalerita	7	≤ 8000
Cobres Grises	Trazas	≤ 80
Galena	Trazas	≤ 1000
Covelita	Trazas	≤ 10

Tabla 6

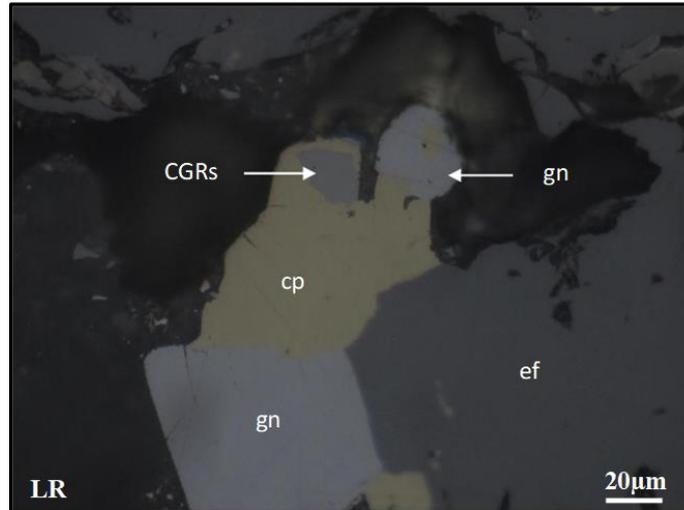
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrográfica 4).



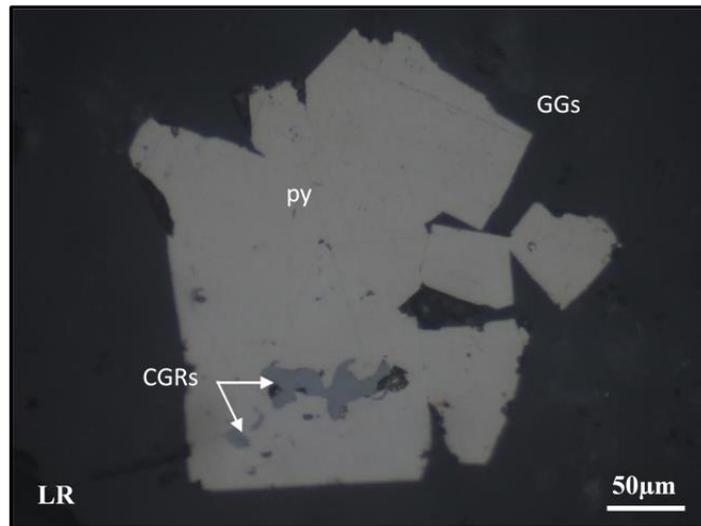
Fotomicrografía 4a: Pirita (py) reemplazada parcialmente por esfalerita (ef) desde sus bordes y oquedades. Ambas han sido posteriormente reemplazadas débilmente por galena (gn) desde sus bordes.



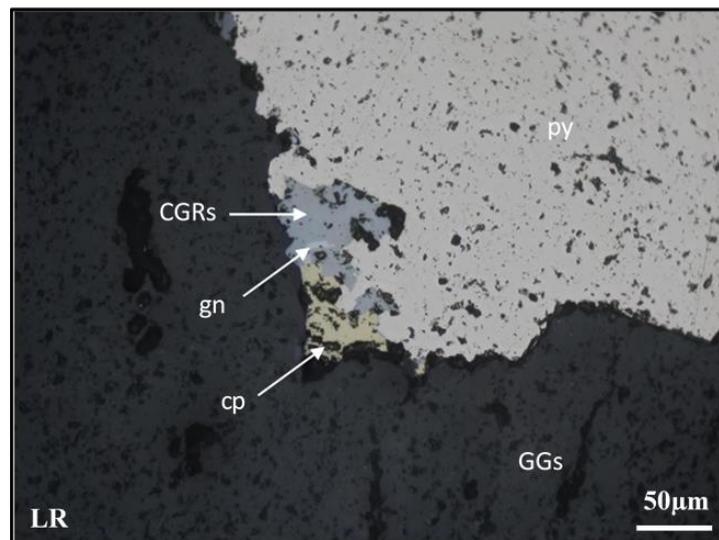
Fotomicrografía 4b: Agregados de cristales de pirita (py) que han ingresado a través de los intersticios de las gangas (GGs).



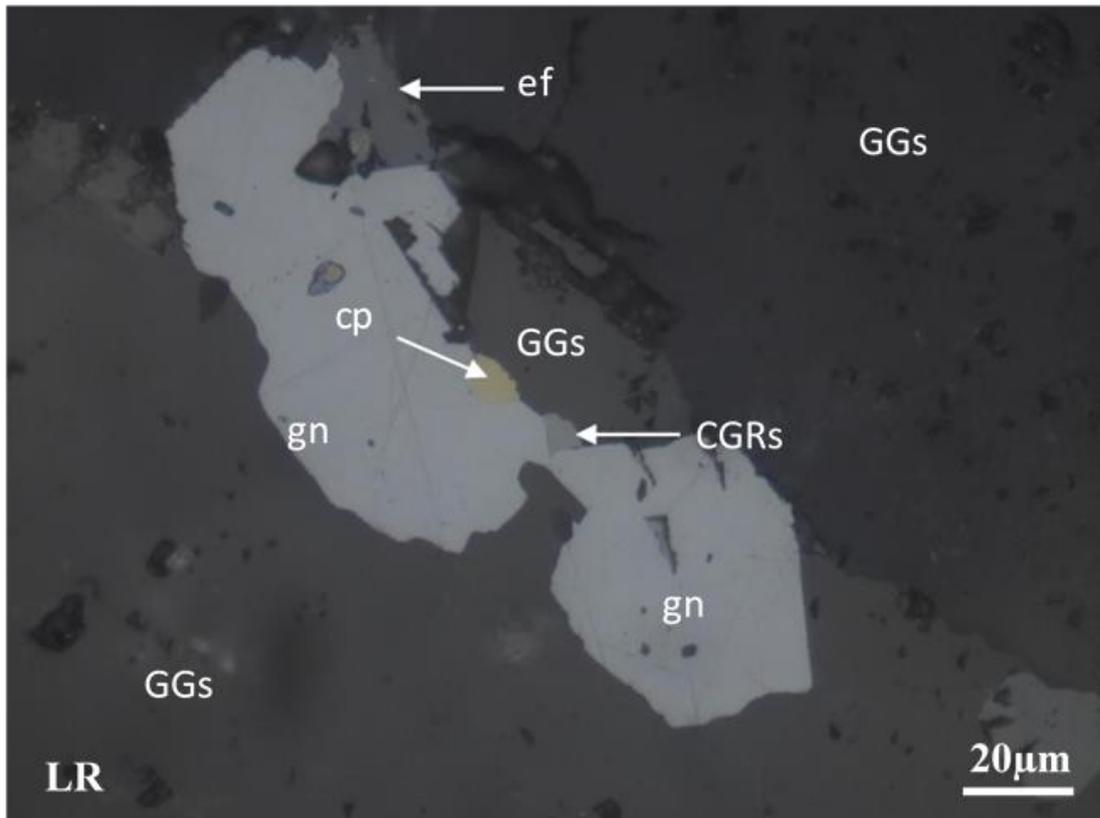
Fotomicrografía 4c: Calcopirita (cp) reemplazada parcialmente por esfalerita (ef), galena (gn) y cobres grises (CGRs) desde sus bordes.



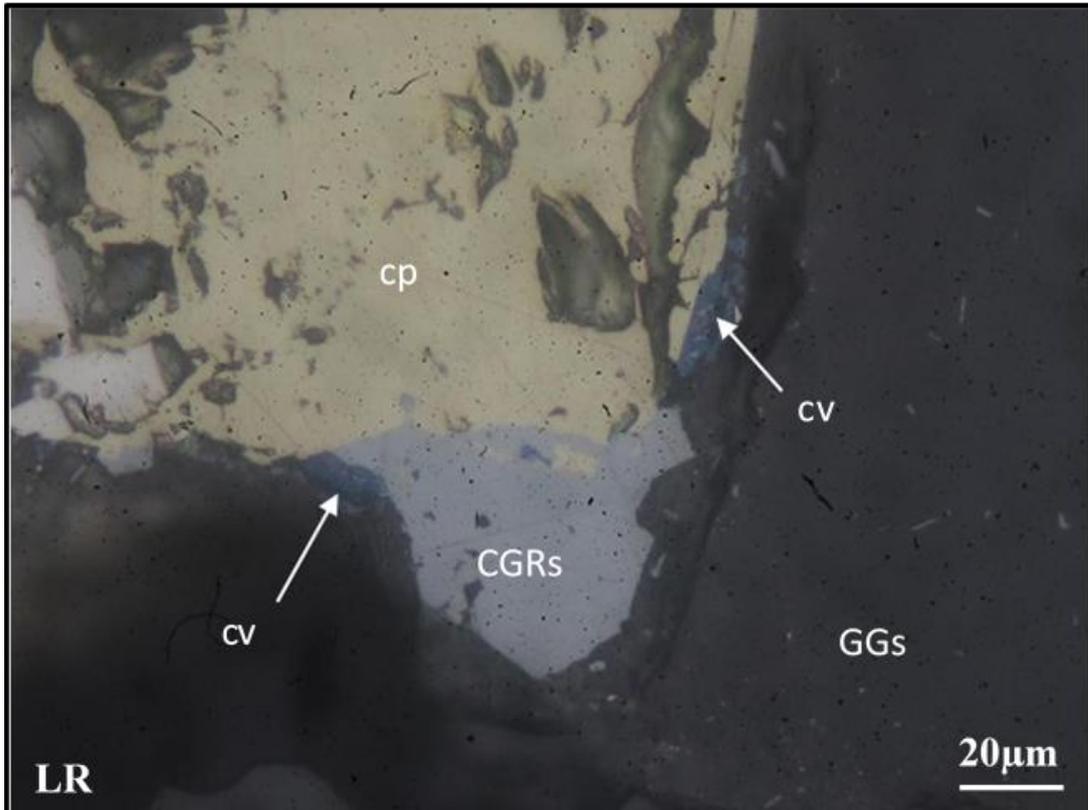
Fotomicrografía 4d: Cristales de pirita (py) en intersticios de gangas (GGs) y con cobres grises (CGRs) en sus oquedades.



Fotografía 4e: Cobres grises (CGRs) que han reemplazado débilmente desde los bordes a pirita (py) y calcopirita (cp); a su vez han sido reemplazados desde los centros por galena (gn).



Fotografía 4f: Galena (gn) en intersticios de gangas (GGs), con relictos de pequeños cristales de esfalerita (ef), calcopirita (cp) y cobres grises (CGRs).



Fotografía 4g: Calcopirita (cp) reemplazada parcialmente por cobres grises (CGRs); ambos reemplazados débilmente por covelita (cv) desde sus bordes.

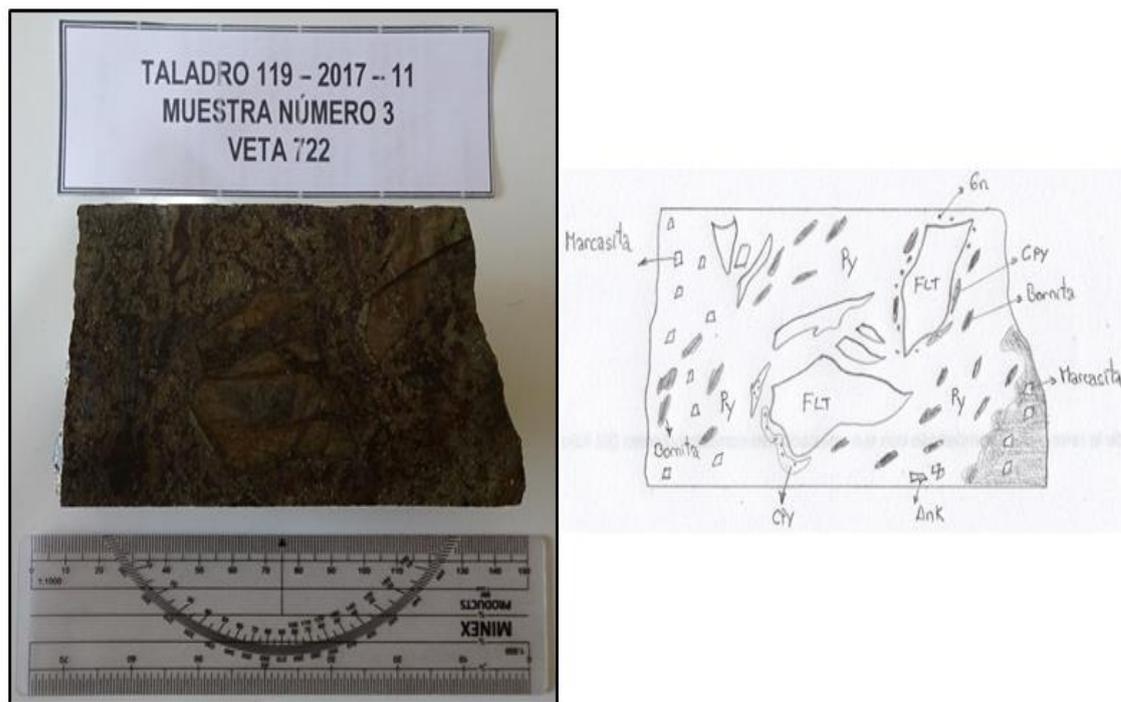
MUESTRA NRO. 3 (Muestra TL 119-2017-11).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona de profundización ubicado a 77.05m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 7), consta de py>bn>cpy>ank>mc>gn, presencia de matriz de Py, puntos y/o patinas de sulfuro color rojizo pardusco, venillas de Oxfe, se observa; textura brechada de sulfuros con clastos de roca filita > 2cm. Siendo la caja roca filita gris claro con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver fotografía 5A – 5B).

BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-17-119	MSCR_IN_17	102.4	384945.88	8702811.81	3818.24	384930.66	8702853.13	3751.20

Tabla 7: coordenadas de la veta - Muestra 3



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-17-119	SI	77.05	77.35	0.3	4.1329	0.6255	8.2404	11.661	V.722	1270

Fotografía 5A: muestra 3 y representación



Fotografía 5B: muestra 3 y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (45%) que han sido cortados por agregados primarios de hematita I (especularita) (4%), esta última ha sido parcialmente reemplazada por magnetita (mushketovita) (2%). Además, se aprecian pequeños cristales de pirrotita (Traza), calcopirita I (Traza) y esfalerita (Traza) incluidas en gangas y en oquedades de pirita. Por sectores la esfalerita presenta finas diseminaciones de calcopirita II (Traza). Con galena (Traza) presente en oquedades de pirita y en ocasiones con relictos de cobres grises (Traza). La hematita II ha reemplazado a pirita y magnetita desde sus bordes, fracturas y oquedades.

La microscopía electrónica de barrido concluye que los cobres grises identificados presentan proporciones en peso y atómicas acorde a las tenantitas y mineral de serie freibergita-tetraedrita, presentando mayor composición en plata esta última (ver tabla 8).

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares que han ingresado por los intersticios de gangas y han sido cortados por agregados prismáticos de hematita I (especularita). Por sectores se aprecian reemplazados desde sus bordes por magnetita (mushketovita) y hematita II. También se aprecian cristales de calcopirita I, esfalerita (en ocasiones con disseminaciones de calcopirita II), galena y hematita II en sus oquedades.

Hematita I (especularita): Pequeños cristales de hábito prismático que han ingresado por los intersticios de las gangas, en ocasiones cortando y englobando a los cristales de pirita. Por sectores han sido parcialmente reemplazadas por magnetita (mushketovita), la misma que posteriormente ha sido reemplazada por hematita II.

Magnetita (mushketovita): Cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a los agregados de hematita I (especularita), asumiendo sus hábitos tabulares. Además, han reemplazado a cristales de pirita desde sus bordes y fracturas. Así mismo, por sectores aparecen reemplazadas por hematita II desde sus bordes.

Pirrotita: Pequeños cristales con formas irregulares que aparecen incluidos en gangas.

Calcopirita I: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran incluidos en gangas y en oquedades de pirita. Además, han sido reemplazados débilmente por esfalerita desde sus bordes.

Esfalerita: Pequeños cristales con formas irregulares que aparecen en oquedades de pirita e incluidos en gangas. Además, se aprecian reemplazando débilmente a calcopirita I desde sus bordes. En ocasiones presentan finas disseminaciones de calcopirita II.

Calcopirita II: Diminutos cristales con formas redondeadas que se encuentran como finas disseminaciones en esfalerita.

Cobres grises: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran como relictos en galena, presentes en oquedades de pirita.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares presentes en oquedades de pirita, en ocasiones con relictos de cobres grises en sus bordes.

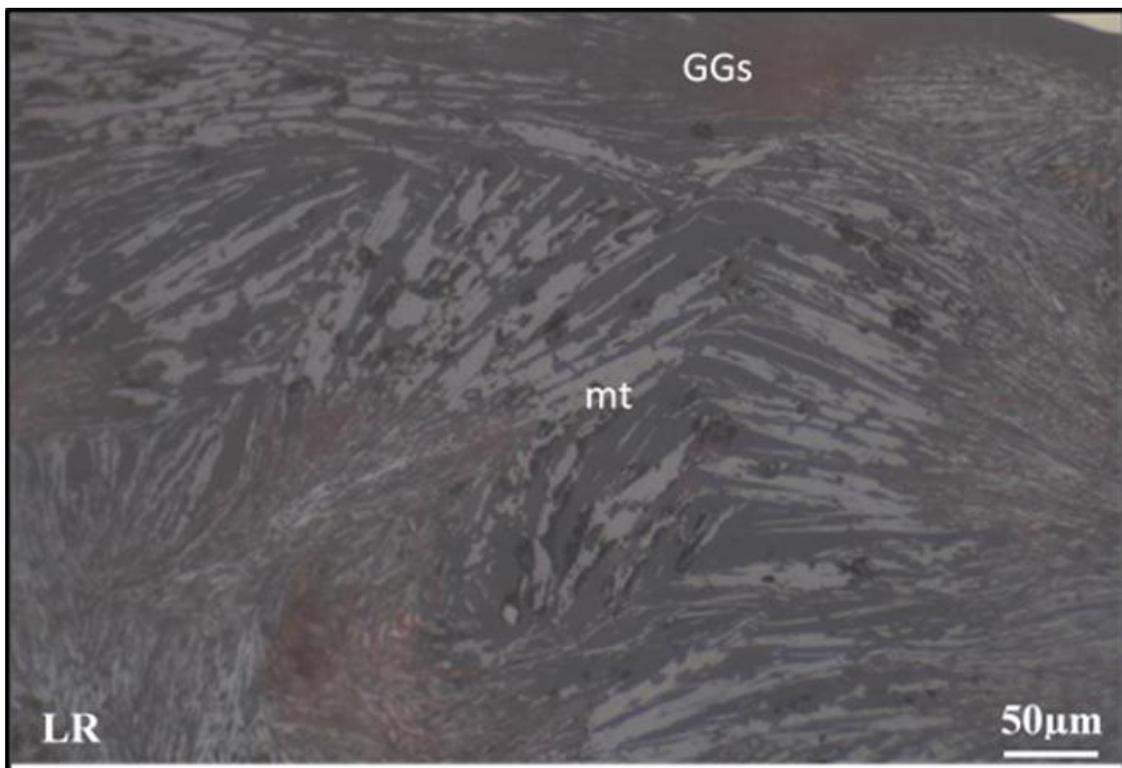
Hematita II: Cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a la pirita y magnetita (mushketovita) desde sus bordes, fracturas y oquedades.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 8).

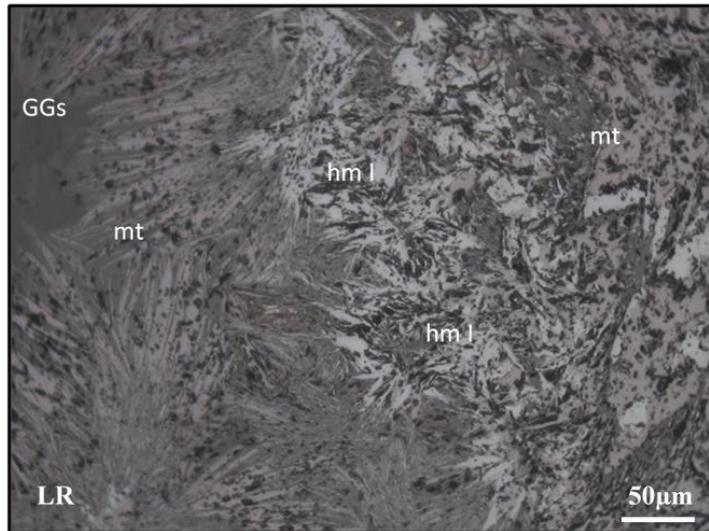
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	μm
Pirita	45	≤ 3500
Hematita I (especularita)	4	≤ 400
Magnetita (mushketovita)	2	≤ 500
Pirrotita	Trazas	≤ 100
Calcopirita I	Trazas	≤ 150
Esfalerita	Trazas	≤ 100
Calcopirita II	Trazas	≤ 2
Cobres Grises	Trazas	≤ 10
Galena	Trazas	≤ 40
Hematita II	Trazas	≤ 400

Tabla 8

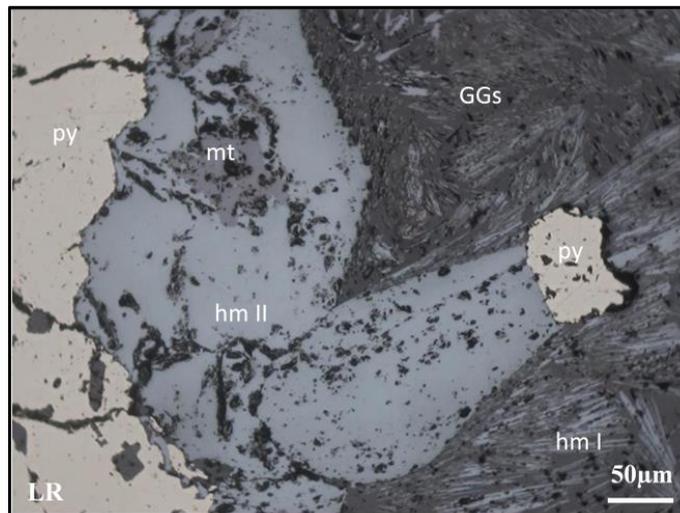
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrografía 6)



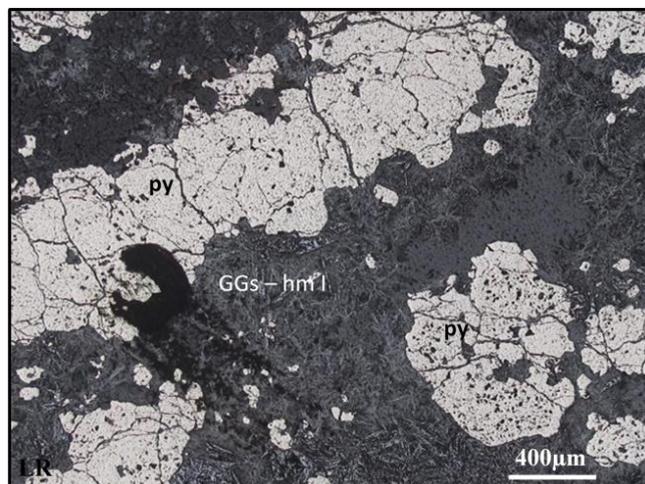
Fotomicrografía 6a: Cristales de magnetita (mushketovita) (mt) que han reemplazado a la hematita I (especularita) asumiendo sus hábitos cúbicos. Han ingresado por los intersticios de gangas (GGs),



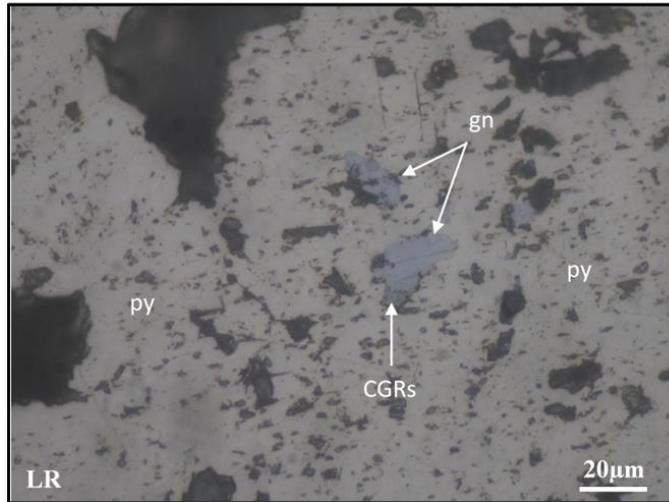
Fotomicrografía 6b: Cristales de hematita I (especularita) (hm I) que han sido reemplazados por magnetita (mushketovita) (mt); en intersticios de gangas (GGs).



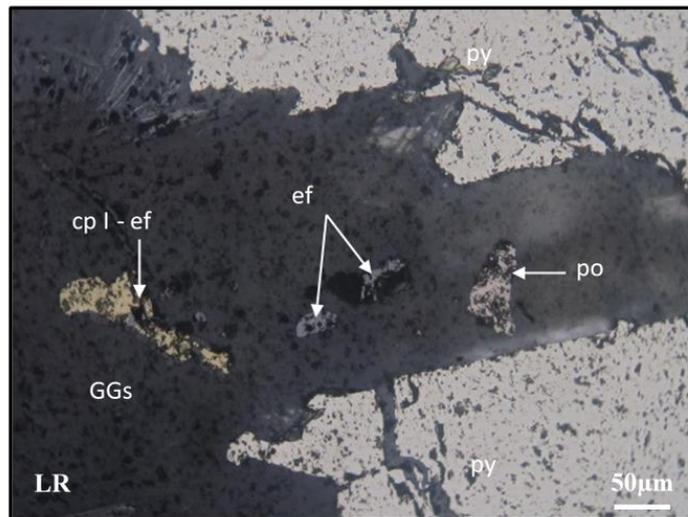
Fotomicrografía 6c: Hematita II (hm II) que ha reemplazado desde sus bordes a la pirita (py) y con relictos de magnetita (mushketovita) (mt). También agregados prismáticos de hematita I (especularita) (hm I) en intersticios de gangas (GGs).



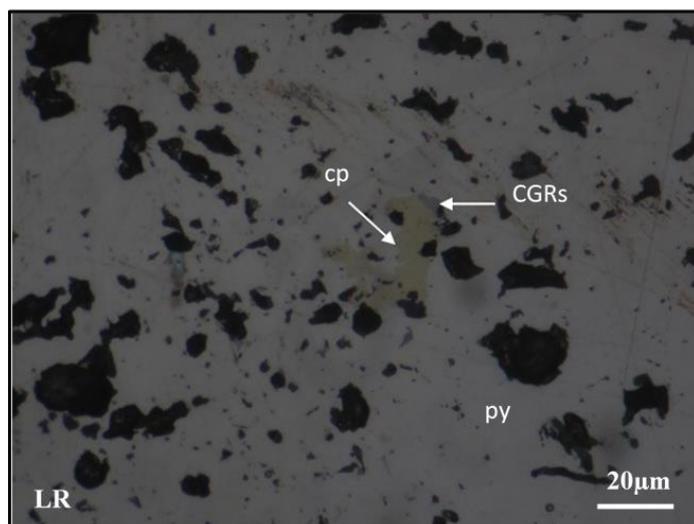
Fotomicrografía 6d: Agregados de cristales de pirita (py) que han ingresado a través de los intersticios de gangas (GGs). Posteriormente aparecen diseminados agregados prismáticos de hematita I (especularita) (hm I).



Fotomicrografía 6e: Galena (gn) presente en oquedades de pirita (py) y con relictos de cobres grises (CGRs) en sus bordes.



Fotomicrografía 6f: Pirita (py) que ha ingresado por los intersticios de gangas (GGs). Además, pequeños cristales de pirrotita (po), esfalerita (ef) y calcopirita I (cp I) incluidos en gangas (GGs). La calcopirita I aparece débilmente reemplazada por esfalerita desde sus bordes.



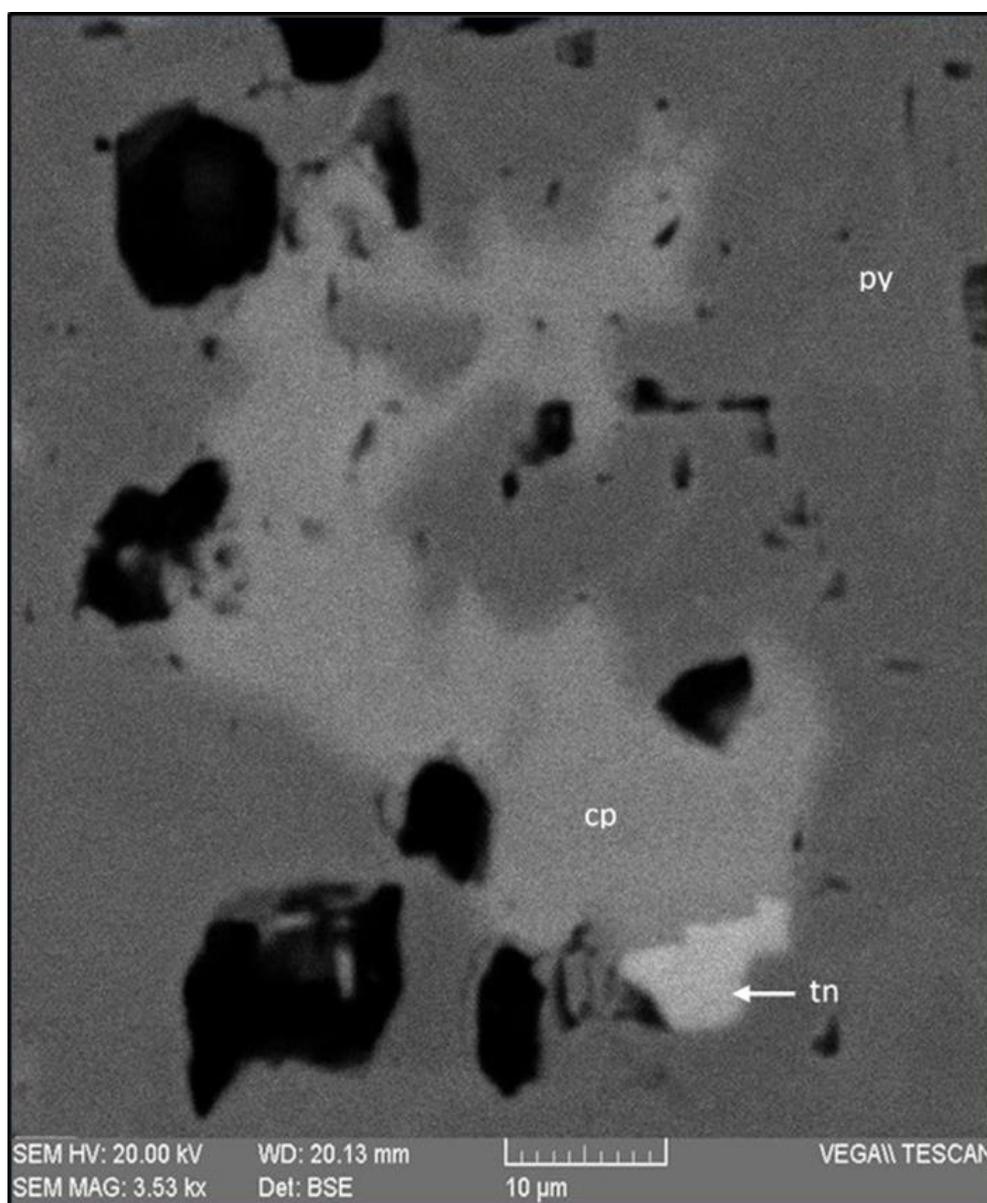
Fotomicrografía 6g: Cobre gris (CGRs) en borde de calcopirita (cp). Ambos minerales se encuentran incluidos en matriz de pirita (py). Ver Figura 16a para análisis de barrido.

Estudio por microscopía electrónica de barrido. (ver tabla 9).

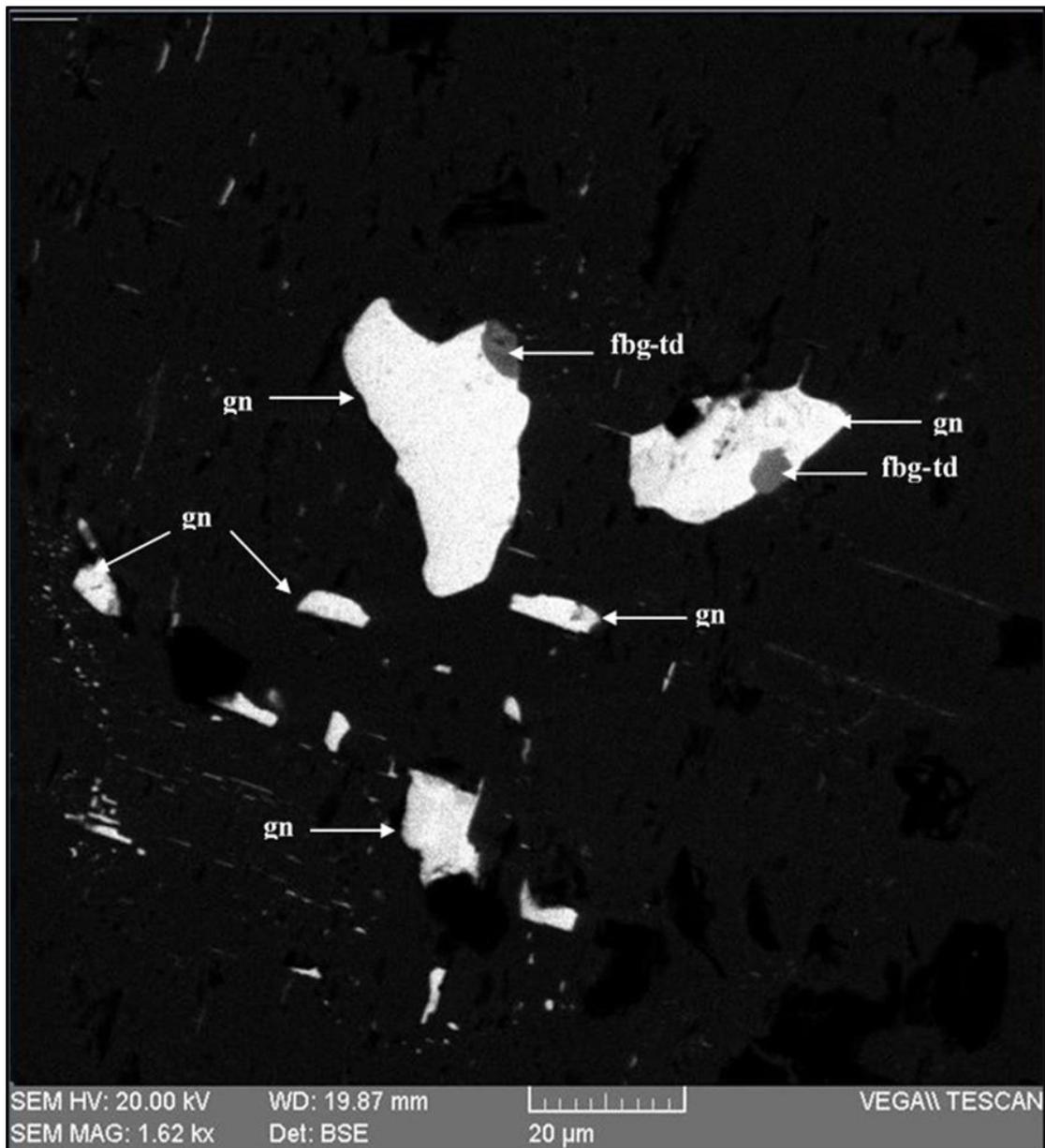
Minerales	Composición química (%)								TOTAL
	Fe	Sb	As	Pb	Zn	Ag	Cu	S	
Tenantita	9.5		19.9			1.54	40.09	29.1	100
Freibergita-Tetraedrita	6.73	23.2	3.1		1.3	14.47	27.04	24.2	100
Galena				83.6				16.5	100
Pirita	46							54	100
Calcopirita	30.4						34.63	34.9	100

Tabla 9. Distribución elemental de los minerales identificados en la muestra “TL119-2017-11”

A continuación, se muestran algunas imágenes con las fases minerales analizadas, (ver fotomicrografía 7A – 7B).



Fotomicrografía 7a: Aumento 3530x. Cobre gris (CGRs) identificado como tennantita (tnn) en borde de calcopirita (cp). Ambos minerales se encuentran incluidos en matriz de pirita (py).



Fotomicrografía 7b: Aumento 1620x. Galena (gn) presente en oquedades de pirita (py) y con relictos de cobres grises (CGRs) identificados como mineral de serie freibergita- tetraedrita (fbg-td) en sus bordes.

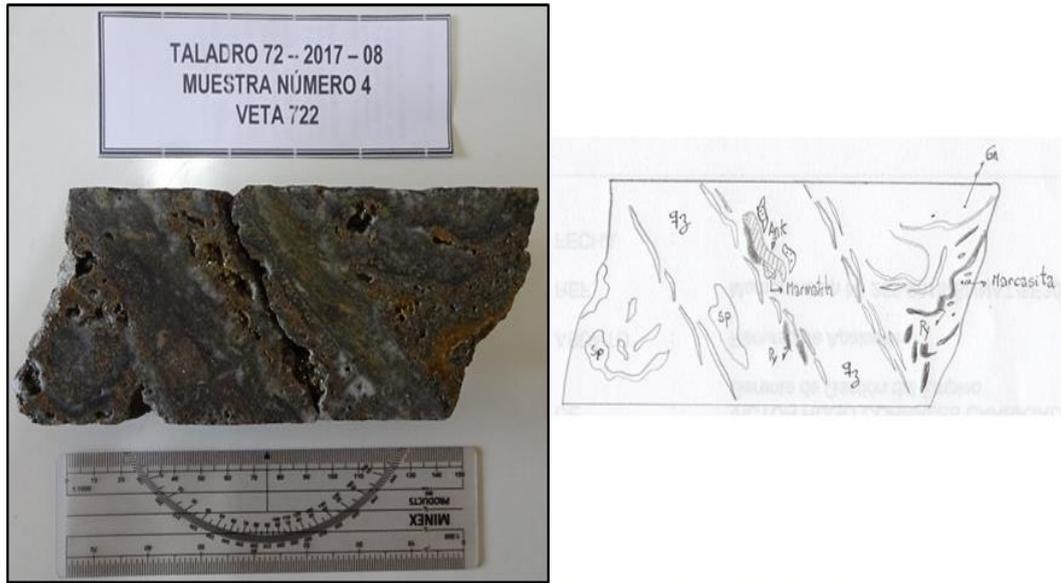
MUESTRA NRO. 4 (Muestra TL 72-2017-08).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona de profundización ubicado a 161.30m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 10), consta de ef>ank>py>mrc>gn, presencia de cuarzo (dientes de cristales de cuarzo), textura bandeada de sulfuros. Siendo la caja roca filita gris claro con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver Fotografía 8A – 8B).

BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-17-072	MSCR_IN_17	317.7	384906.95	8703008.33	3850.92	384914.02	8702841.24	3769.03

Tabla 10: coordenadas de la veta- Muestra 4



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-17-072	SI	161.3	162.4	1.1	0.0565	0.1711	14.8273	1.0206	V.722	1220

Fotografía 8A: muestra 4 y representación



Fotografía 8B: muestra 4 y representación

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (7%) que han sido parcialmente reemplazados por esfalerita (18%) y débilmente por calcopirita I (Traza), cobres grises (Traza) y galena (Traza), todo a partir de sus bordes, microfracturas y oquedades. Por sectores la esfalerita presenta finas diseminaciones de calcopirita II (Traza). Además, cristales de hematita (Traza) en oquedades de pirita y esfalerita. Los cobres grises también han reemplazado débilmente a calcopirita I y esfalerita desde sus bordes y oquedades.

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares y en ocasiones de hábito cúbico, que han ingresado a través de los intersticios de las gangas. Han sido parcialmente reemplazados por esfalerita y débilmente por calcopirita I, cobres grises y galena, todo a partir de sus bordes, microfracturas y oquedades. Además, se aprecian cristales de hematita en sus oquedades.

Calcopirita I: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado a partir de sus bordes, fracturas y oquedades a los cristales de pirita. Además han sido reemplazadas parcialmente desde sus bordes por esfalerita y cobres grises. También aparecen incluidas en gangas.

Esfalerita: Agregados de cristales con formas irregulares que han ingresado a través de los intersticios de las gangas reemplazando parcialmente a los cristales de pirita a partir de sus bordes y fracturas. En ocasiones con relictos de pirita y calcopirita I reemplazándolas desde sus bordes. Además se aprecian con galena, cobres grises y hematita en sus oquedades. En algunos sectores aparecen con finas diseminaciones de calcopirita II.

Calcopirita II: Diminutos cristales con formas redondeadas que se encuentran diseminados en algunos sectores de la esfalerita.

Hematita: Cristales de hábito prismático que se encuentran en oquedades de algunos cristales de pirita y esfalerita.

Cobres grises: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a la calcopirita I a partir de sus bordes y, a la pirita y esfalerita desde sus oquedades.

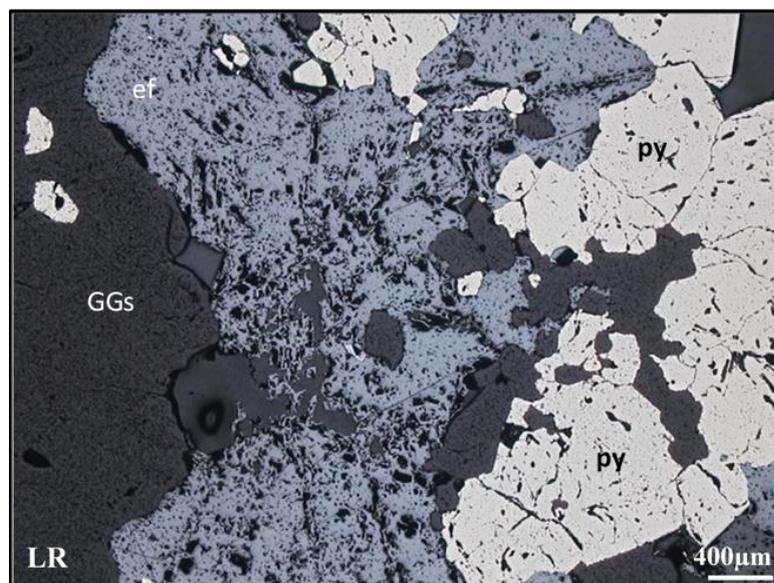
Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado a cristales de calcopirita I desde sus bordes y, a la pirita y esfalerita desde sus oquedades y microfracturas.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 11).

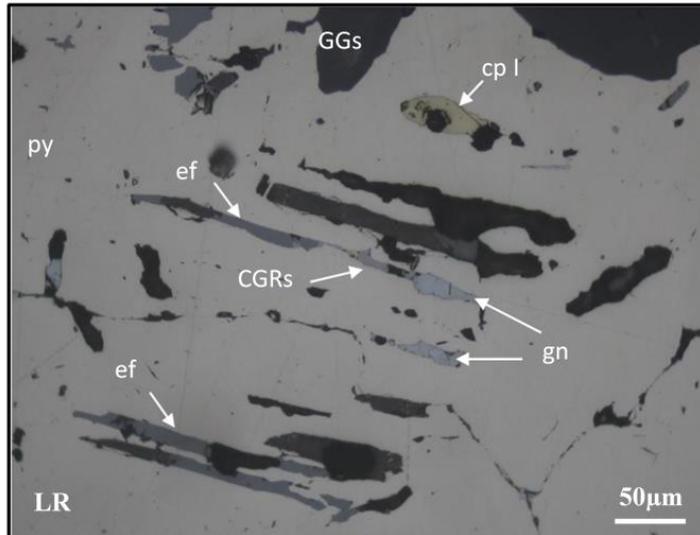
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	μm
Pirita	7	≤ 3600
Calcopirita I	Trazas	≤ 150
Esfalerita	18	≤ 6000
Calcopirita II	Trazas	≤ 2
Hematita	Trazas	≤ 150
Cobres Grises	Trazas	≤ 50
Galena	Trazas	≤ 400

Tabla 11

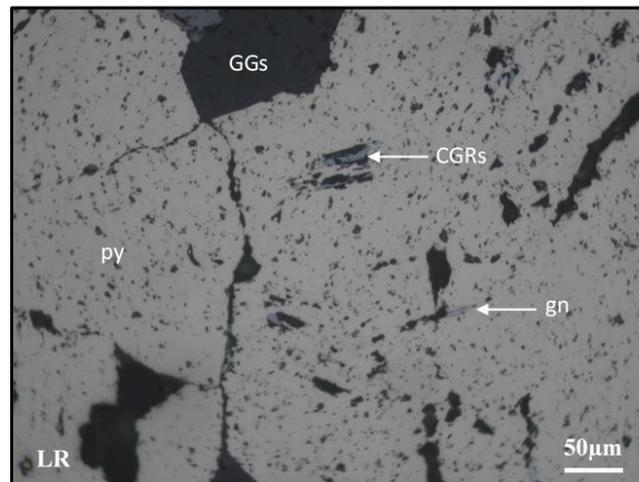
D.4) Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrografía 9).



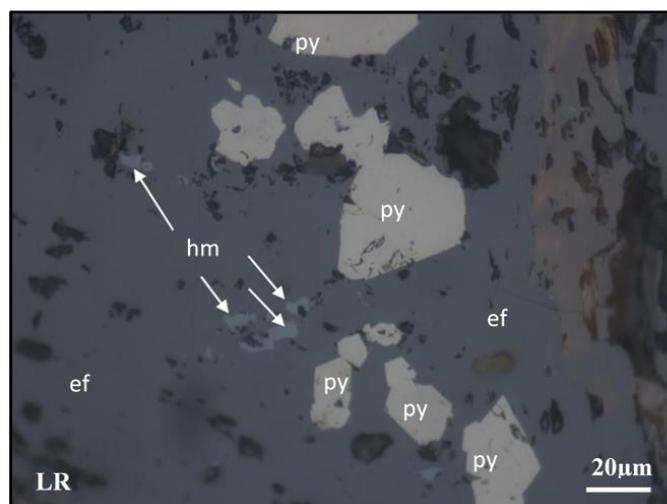
Fotomicrografía 9a: Agregados de cristales de esfalerita (ef) que han ingresado a través de los intersticios de las gangas (GGs) y reemplazado a los cristales de pirita (py) desde sus bordes.



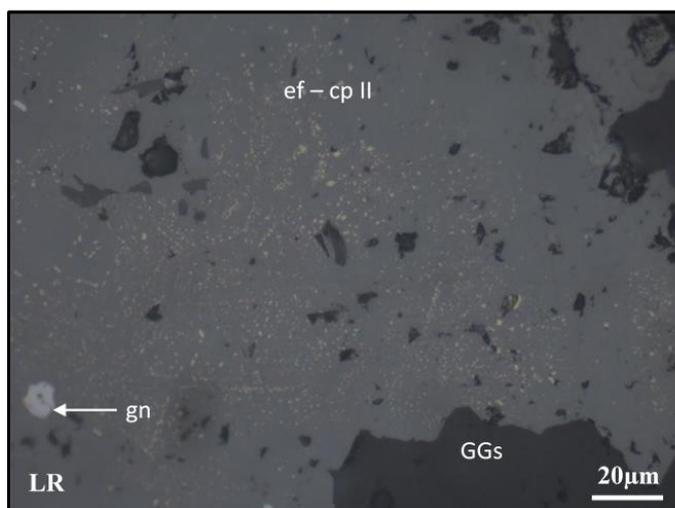
Fotomicrografía 9b: Pequeños cristales de calcopirita I (cp I), esfalerita (ef), cobres grises (CGRs) y galena (gn) en oquedades de pirita (py).



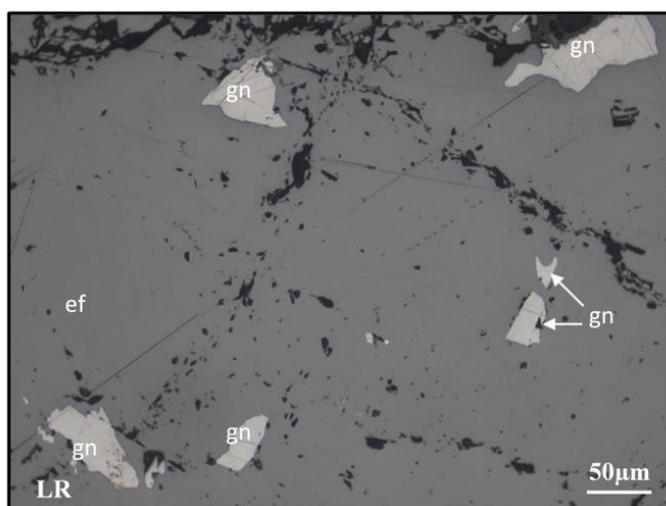
Fotomicrografía 9c: Pequeños cristales de galena (gn) y cobres grises (CGRs) en oquedades de pirita (py).



Fotomicrografía 9d: Agregados de esfalerita (ef) con relictos de pirita (py) y pequeños cristales de hematita (hm) en sus oquedades.



Fotomicrografía 9e: Agregados de esfalerita (ef) con finas diseminaciones de calcopirita II (cp II) y con galena (gn) en oquedades.



Fotomicrografía 9f: Pequeños cristales de galena (gn) que han reemplazado débilmente a la esfalerita (ef) desde sus oquedades.

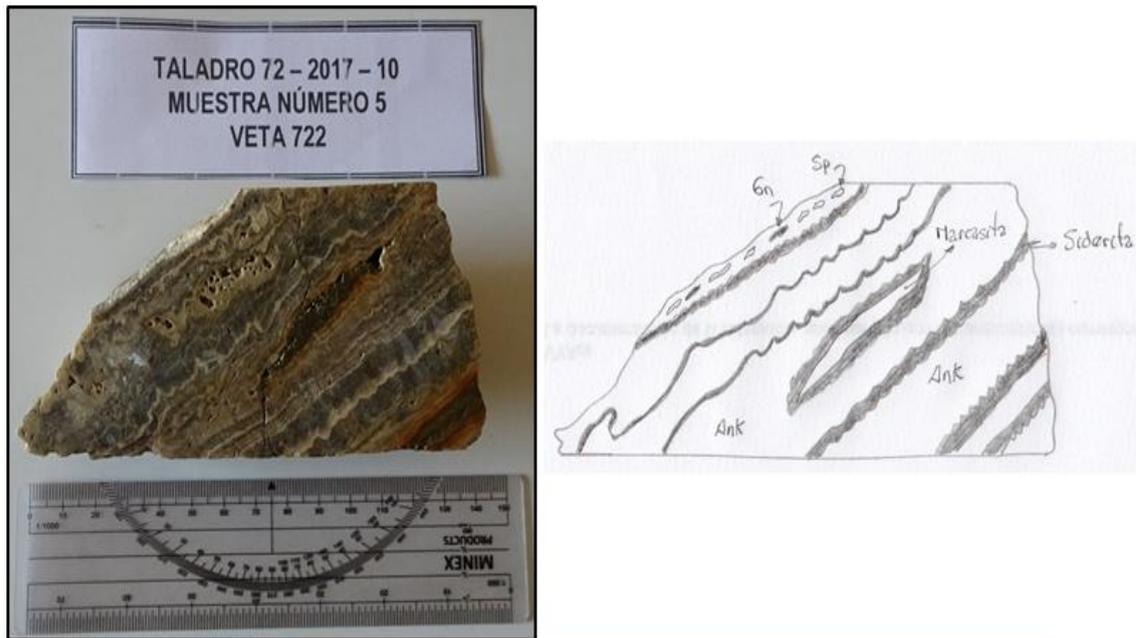
MUESTRA NRO. 5 (Muestra TL 72-2017-10).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona de profundización ubicado a 165.3m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver Tabla 12), consta de $ank > sd > mrc > py > gn > ef$, textura bandeada con centro de mrc. Siendo la caja roca filita gris claro con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver fotografía 10A – 10B).

BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-17-072	MSCR_IN_17	317.7	384906.95	8703008.33	3850.92	384914.02	8702841.24	3769.03

Tabla 12: coordenadas de la veta- Muestra 5



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-17-072	SI	165.3	166	0.7	0.0293	0.119	3.2367	0.5179	V.722	1220

Fotografía 10A: muestra 5 y representación



Fotografía 10B: muestra 5 y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (1%) que ocurren como relleno de venas que cortan a las gangas, con pequeños cristales de calcopirita (Traza) en sus oquedades, y fuertemente reemplazadas por marcasita (14%). Además, pequeños cristales de esfalerita (Traza) incluidos en gangas, en ocasiones reemplazados por galena (Traza) desde sus bordes y centros.

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares que ocurren como relleno de venas que cortan a las gangas. Han sido fuertemente reemplazados por marcasita desde sus centros y bordes. Por sectores aparecen incluidas en gangas. Además, se aprecian con esfalerita, calcopirita y gangas en sus oquedades.

Calcopirita: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran en oquedades de pirita.

Esfalerita: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran incluidos en gangas. Han sido débilmente reemplazadas por galena desde sus bordes y centros. Por sectores aparecen en oquedades de pirita.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que se observan incluidas en ganga y reemplazando débilmente a los cristales de esfalerita desde sus bordes y centros.

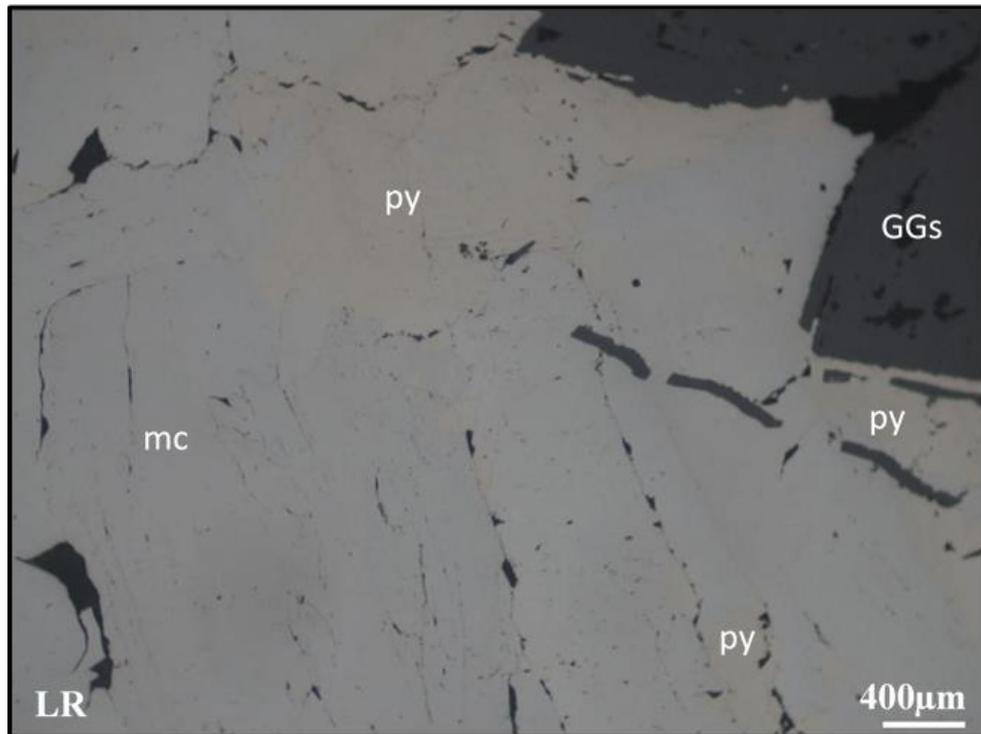
Marcasita: Agregados irregulares que han reemplazado fuertemente a los cristales de pirita que rellenan venas a partir de sus centros y bordes.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 13).

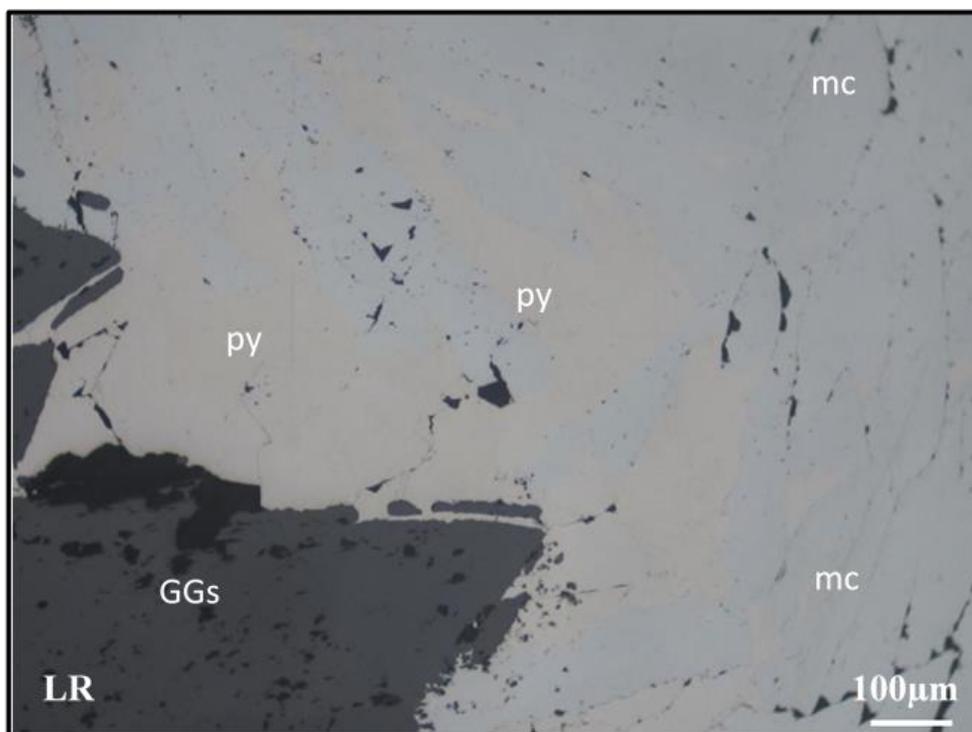
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	µm
Pirita	1	≤ 500
Calcopirita	Trazas	≤ 40
Esfalerita	Trazas	≤ 550
Galena	Trazas	≤ 150
Marcasita	14	≤ 4000

Tabla 13

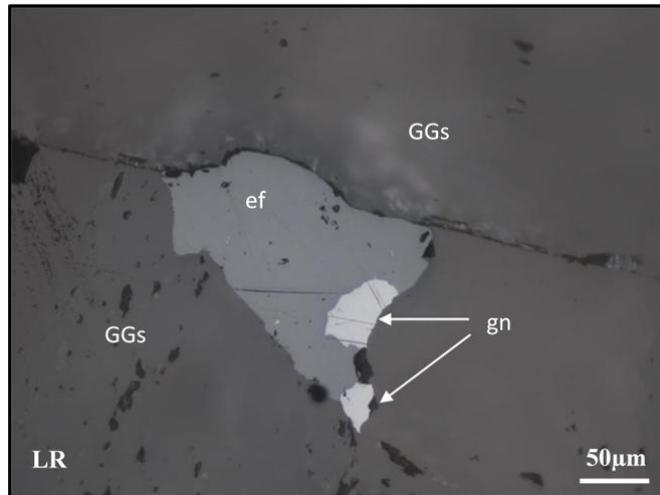
E.4) Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrografía 11).



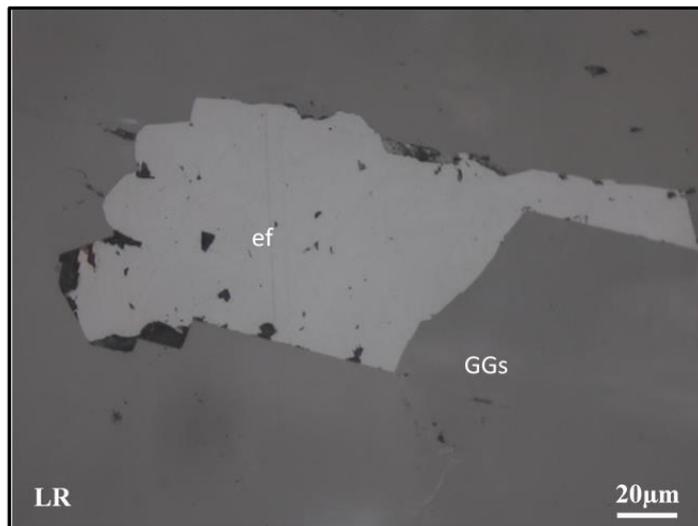
Fotomicrografía 11a: Agregados de cristales de pirita (py) que rellenan venas que cortan a las gangas (GGs), han sido intensamente reemplazados por marcasita (mc).



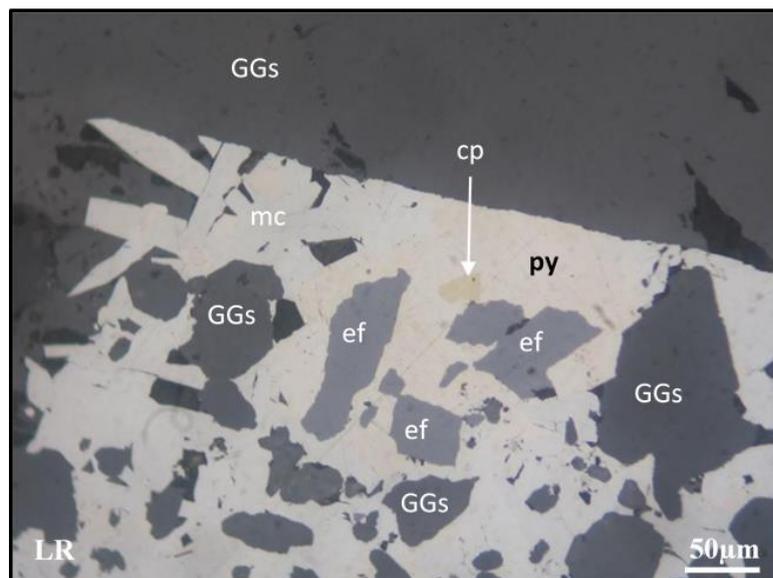
Fotomicrografía 11b: Agregados de cristales de pirita (py) que rellenan venas que cortan a las gangas (GGs), han sido intensamente reemplazados por marcasita (mc).



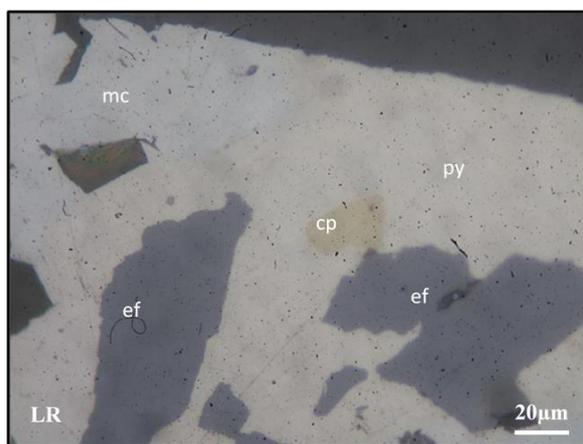
Fotomicrografía 11c: Esfalerita (ef) incluida en gangas (GGs), débilmente reemplazada por galena (gn) desde sus bordes.



Fotomicrografía 11d: Cristales de esfalerita (ef) incluida en ganga (GGs).



Fotomicrografía 11e: Pirita (py) como relleno de venas que han cortado a las gangas (GGs), fuertemente reemplazada por marcasita (mc), con calcopirita (cp) y esfalerita (ef) en oquedades.



Fotomicrografía 11f: Misma vista que la foto anterior con mayor aumento.

MUESTRA NRO. 6 (Muestra TL51-2017-02).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona media ubicado a 195.05m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 14), consta de ef>apy>cpy>py>mrn>ank, puntos y/o patinas de sulfuro color rojizo pardusco, textura bandeada. Siendo la caja roca filita gris claro con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver fotografía 12A – 12B).

BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-U-SC-17-051	MSCR_IN_17	278.9	385265.96	8702982.54	3902.92	385439.85	8702904.50	3933.57

Tabla 14: coordenadas de la veta- Muestra 6



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-U-SC-17-051	SI	195.05	195.45	0.4	0.554	0.1288	3.9027	2.1223	V.722	1170

Fotografía 12A: muestra 6 y representación



Fotografía 12B: muestra 6 y representación

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de arsenopirita (8%) que han sido parcialmente reemplazados por agregados masivos de calcopirita (22%), ambos a su vez reemplazados por agregados masivos de esfalerita (40%). Con pequeños cristales de cobres grises (Traza) presentes en oquedades de calcopirita y esfalerita. Galena (Traza) que ha reemplazado a la arsenopirita, calcopirita y esfalerita desde sus bordes, fracturas y oquedades. Sulfosales de plomo (Traza) que han reemplazado a los cristales de galena y cobres grises desde sus centros. Con finas venillas rellenas por pirita (Traza)

reemplazadas por marcasita (Traza) que han cortado a los agregados masivos de calcopirita y esfalerita.

Arsenopirita: Agregados de cristales subhedrales y anhedrales, rómbicos a irregulares. Se encuentran ingresando a través de los intersticios de gangas. Posteriormente han sido invadidos, cortados y reemplazados desde sus bordes por agregados masivos de calcopirita y esfalerita. Por sectores aparecen débilmente reemplazados desde sus bordes y facturas por cristales de galena. Además, se observan pequeños cristales de calcopirita, esfalerita y galena en sus oquedades.

Calcopirita: Agregados masivos que han ingresado a través de los intersticios de gangas y reemplazando a los agregados de calcopirita a partir de sus bordes, fracturas y oquedades. Así mismo han sido parcialmente reemplazadas por agregados masivos de esfalerita y por pequeños cristales de galena desde sus bordes y microfracturas. También se observan con pequeños cristales de esfalerita, cobre gris y galena en sus oquedades. Además, han sido cortados por finas venillas rellenas por pirita parcialmente reemplazada por marcasita.

Esfalerita: Agregados masivos que han ingresado a través de los intersticios de las gangas y reemplazando parcialmente a los agregados de cristales de arsenopirita y a los agregados masivos de calcopirita (en ocasiones con relictos de estos). Además, han sido débilmente reemplazados por pequeños cristales de galena y cobres grises desde sus bordes y oquedades respectivamente. También han sido cortados por finas venillas rellenas por pirita parcialmente reemplazada por marcasita.

Cobres grises: Pequeños cristales con formas irregulares y subredondeadas que se aprecian en oquedades de los agregados masivos de calcopirita y esfalerita, en ocasiones aparecen parcialmente reemplazados desde sus bordes por galena.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a los cristales de arsenopirita y a los agregados masivos de calcopirita y esfalerita a partir de sus bordes, fracturas y oquedades. También se encuentran en bordes de cobres grises presentes en oquedades de la calcopirita. Por sectores se aprecian ingresando por los intersticios de las gangas. Así mismo han sido parcialmente reemplazadas por sulfosales de plomo a partir de sus centros.

Sulfosales de plomo: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a los cristales de galena y cobres grises a partir de sus centros.

Pirita: Pequeños cristales irregulares que ocurren como rellenos de finas venillas (con espesores menores a 50 micras) que han cortado a los agregados masivos de calcopirita y esfalerita. Se aprecian parcialmente reemplazados por marcasita.

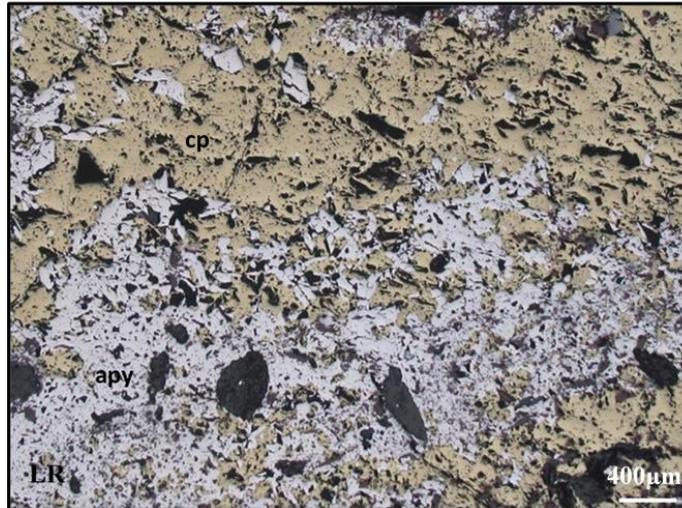
Marcasita: Pequeños cristales irregulares que se encuentran reemplazando parcialmente a la pirita que ha rellenado finas venillas.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 15).

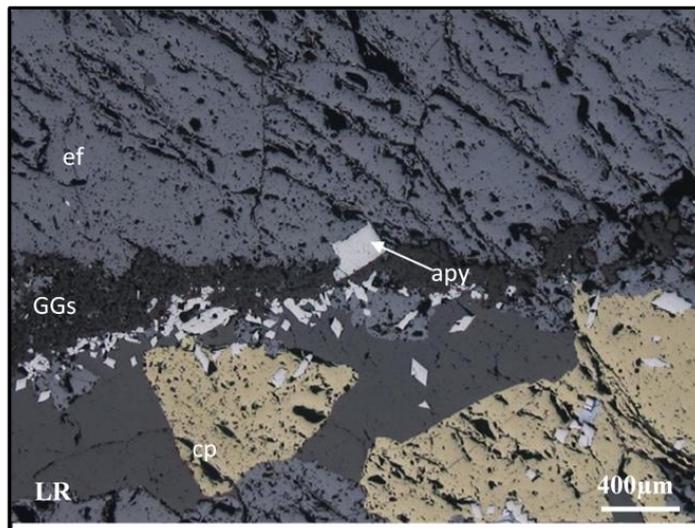
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	µm
Arsenopirita	8	≤ 3200
Calcopirita	22	≤ 4000
Esfalerita	40	≤ 4000
Cobres Grises	Trazas	≤ 100
Galena	Trazas	≤ 800
Sulfosales de Plomo	Trazas	≤ 100
Pirita	Trazas	≤ 70
Marcasita	Trazas	≤ 50

Tabla 15

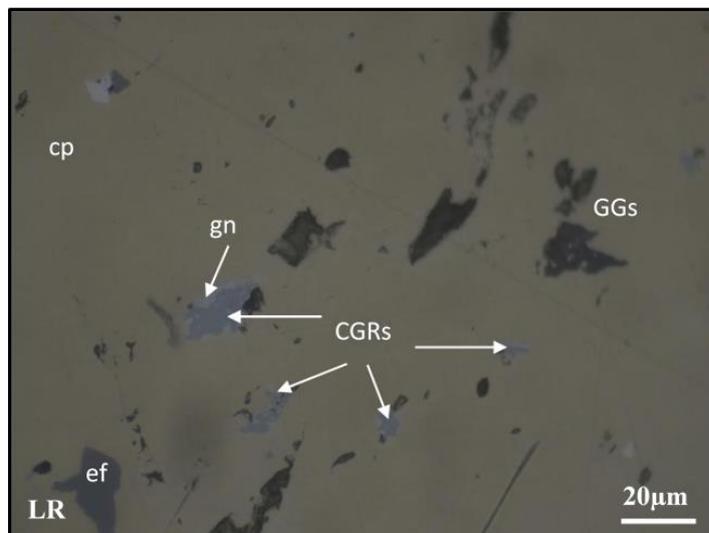
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio, (ver fotomicrografía 13)



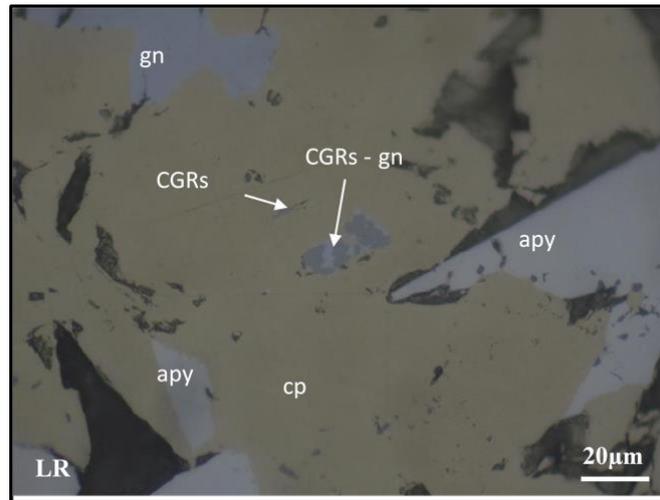
Fotomicrografía 13a: Agregados masivos de calcopirita (cp) que han reemplazado parcialmente a los agregados de cristales de arsenopirita (apy).



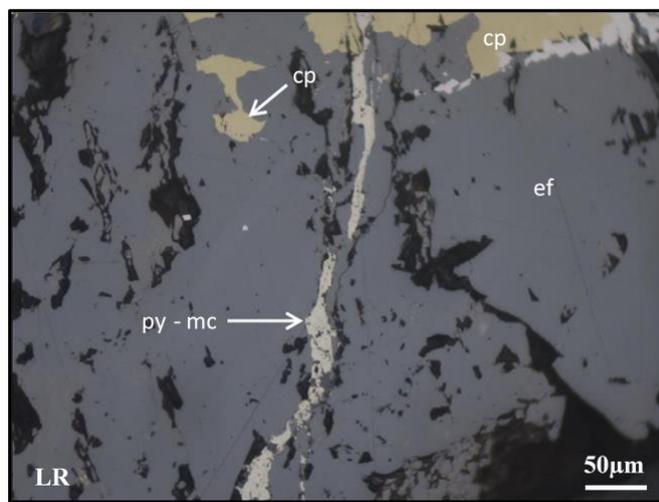
Fotomicrografía 13b: Agregados masivos de esfalerita (ef) y calcopirita (cp) que han ingresado a través de los intersticios de gangas (GGs); ambas presentan relictos de arsenopirita (apy).



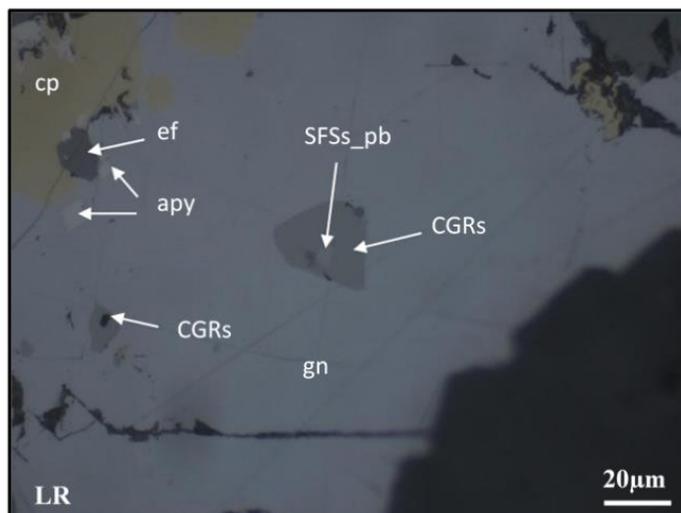
Fotomicrografía 13c: Galena (gn) en bordes de pequeños cristales de cobres grises (CGRs) presentes en oquedades de calcopirita (cp), también cristales de esfalerita (ef) y gangas (GGs) de la misma manera.



Fotomicrografía 13d: Calcopirita (cp) con relictos de arsenopirita (apy), y reemplaza desde sus bordes y oquedades por galena (gn) y cobres grises (CGRs).



Fotomicrografía 13e: Agregados masivos de esfalerita (ef) que han reemplazada la calcopirita (cp) desde sus bordes; así mismo, han sido cortados por una fina venilla rellena por pirita (py) parcialmente reemplazada por marcasita (mc).



Fotomicrografía 13f: Galena (gn) que ha reemplazado a calcopirita (cp) desde sus bordes, con relictos de arsenopirita (apy) y esfalerita (ef). Además, cobres grises (CGRs) como relictos en galena y reemplazados por sulfosales de plomo (SFSs_Pb) desde sus centros.

MUESTRA NRO. 7 (Muestra TL 93-2018-21).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona alta, ubicado a 258.50m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 16), consta de $py>ef>mrn>cpy>ank>mrc>gn$, textura bandeada con presencia de cristales y cavidades. Siendo la caja roca filita gris oscuro a tonos verdosos con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver fotografía 14A – 14B).

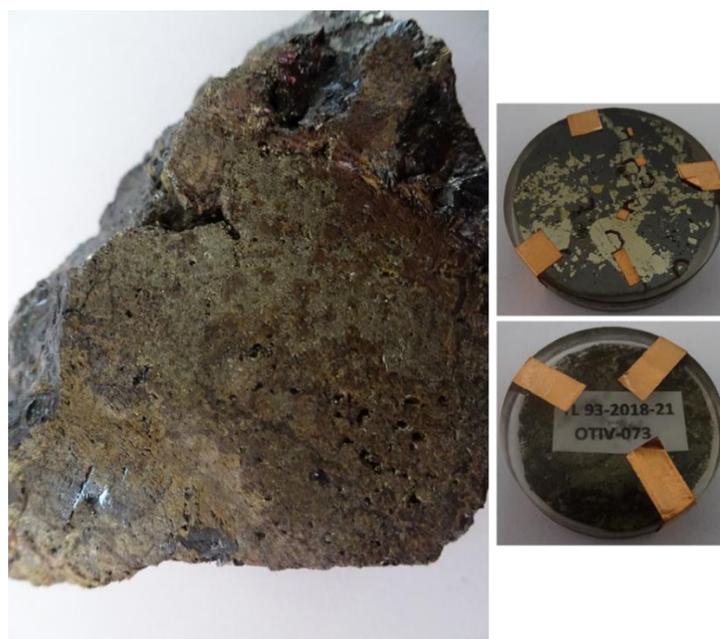
BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-S-SC-18-093	MSCR_RC_18	281	385858.37	8703460.18	4876.58	385566.90	8706036.96	4612.18

Tabla 16: coordenadas de la veta 722 - Muestra 7



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-S-SC-18-093	SI	258.5	259.4	0.9	7.8426	0.5809	26.5761	55.3121	V.722	SUPF.

Fotografía 14A: muestra 7 y representación



Fotografía 14B: muestra 7 y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (37%) que han sido débilmente reemplazados por calcopirita I (3%); posteriormente ambas han sido englobadas y reemplazadas por agregados masivos de esfalerita (55%). Por sectores la esfalerita presenta finas diseminaciones de calcopirita II (Traza). Los cobres grises (Traza) han reemplazado débilmente a pirita, calcopirita I y esfalerita, y han sido reemplazados por sulfosales de plomo (Traza). La galena (Traza) ha reemplazado a los cristales de pirita, calcopirita I y esfalerita. Las sulfosales de plomo (Trazas) han reemplazado a pirita, calcopirita I y cobres grises; en ocasiones aparecen con relictos de galena.

La microscopía electrónica de barrido concluye que los cobres grises identificados presentan proporciones en peso y atómicas acorde a la tetraedrita, presentando una composición en plata y antimonio promedio de 9.14% y 27.26%, respectivamente. El arsénico presenta composición casi nula en los cobres grises evaluados. Para el caso de las sulfosales de plomo, se identificó como bournonita, presentando también composiciones de arsénico y antimonio promedio de 1.27% y 24.32%, respectivamente (ver tabla 17).

Pirita: Agregado de cristales con formas irregulares y en ocasiones de hábitos cúbicos. Han sido reemplazados por calcopirita I desde sus bordes, microfracturas y oquedades. Posteriormente han sido englobados y reemplazados parcialmente a partir de sus bordes y fracturas por agregados masivos de esfalerita. Por sectores se aprecian con cobres grises, galena y sulfosales de plomo en sus oquedades.

Calcopirita I: Cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a cristales de pirita a partir de sus bordes, fracturas y oquedades, en ocasiones se aprecian con relictos de pirita. Han sido englobadas y reemplazadas desde sus bordes, fracturas y

oquedades por agregados masivos de esfalerita. Además, han sido reemplazadas débilmente desde sus bordes y oquedades por cobres grises, galena y sulfosales de plomo.

Esfalerita: Agregados masivos que han englobado y reemplazado parcialmente a cristales de pirita y calcopirita I desde sus bordes, fracturas y oquedades. En ocasiones se aprecian con relictos de pirita y calcopirita I a manera de islas. También han sido reemplazados débilmente por cobres grises y galena desde sus bordes y oquedades. Por sectores se observan con finas diseminaciones de calcopirita II.

Calcopirita II: Diminutos cristales que aparecen como finas diseminaciones en algunos sectores de los agregados masivos de esfalerita.

Cobres Grises: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado parcialmente a pirita, calcopirita I y esfalerita desde sus bordes y oquedades. Así mismo, han sido reemplazados por sulfosales de plomo a partir de sus bordes.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado a pirita, calcopirita I y esfalerita a partir de sus oquedades y bordes. En ocasiones se aprecian como relictos en sulfosales de plomo.

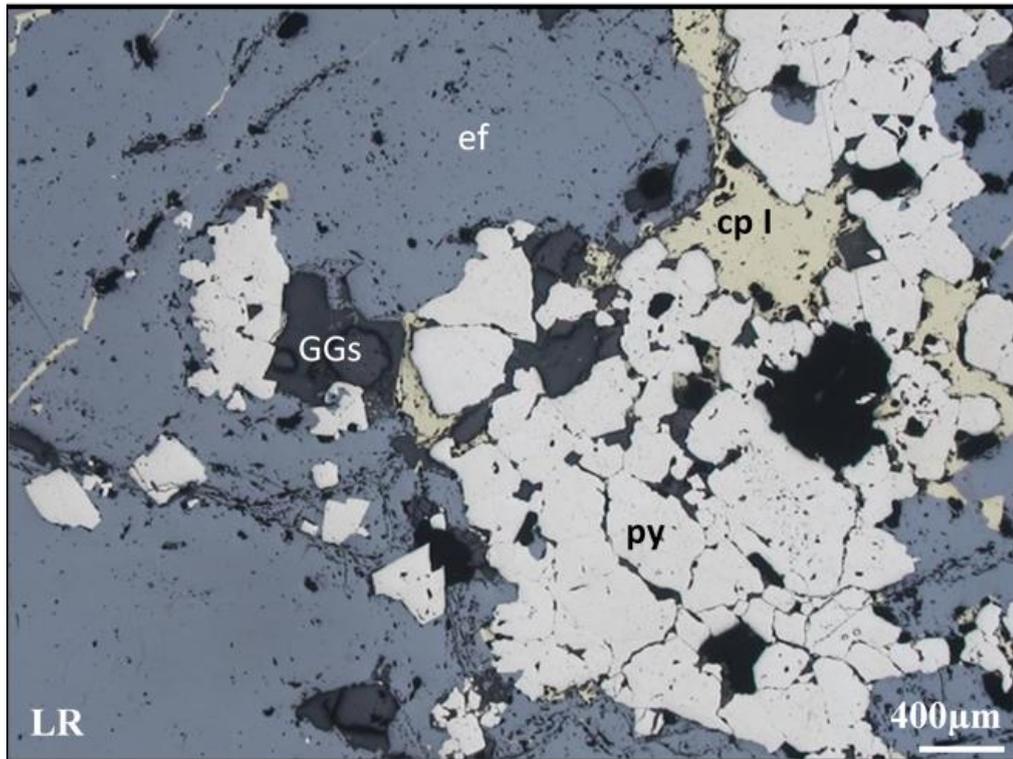
Sulfosales de plomo: Cristales con formas irregulares que han reemplazado a pirita, calcopirita I y cobres grises desde sus bordes y oquedades. En algunos casos se aprecian con relictos de galena y cobres grises.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 17).

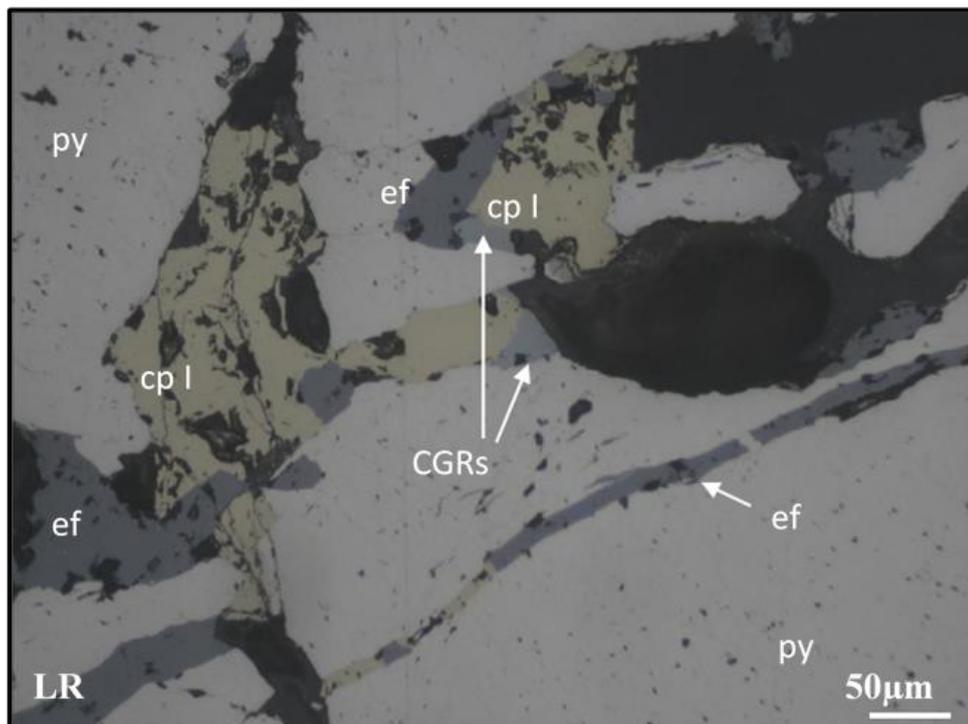
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	µm
Pirita	37	≤ 6000
Calcopirita I	3	≤ 3000
Esfalerita	55	> 4000
Calcopirita II	Trazas	≤ 2
Cobres Grises	Trazas	≤ 300
Galena	Trazas	≤ 800
Sulfosales de Plomo	Trazas	≤ 450

Tabla 17

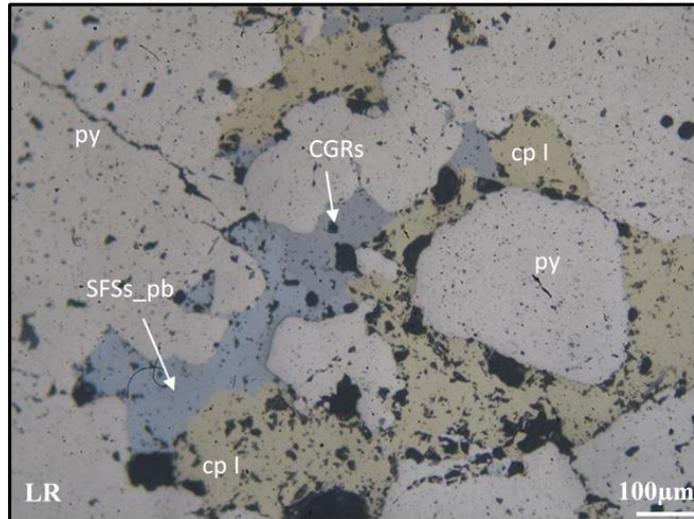
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio. (ver fotomicrografía 15).



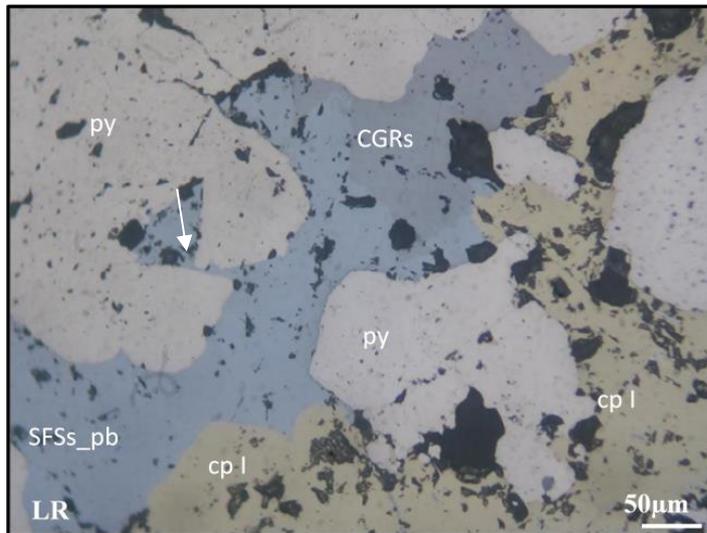
Fotomicrografía 15a: Agregados masivos de esfalerita (ef) que han englobado y reemplazado parcialmente a cristales de pirita (py), calcopirita I (cp I) y gangas (GGs).



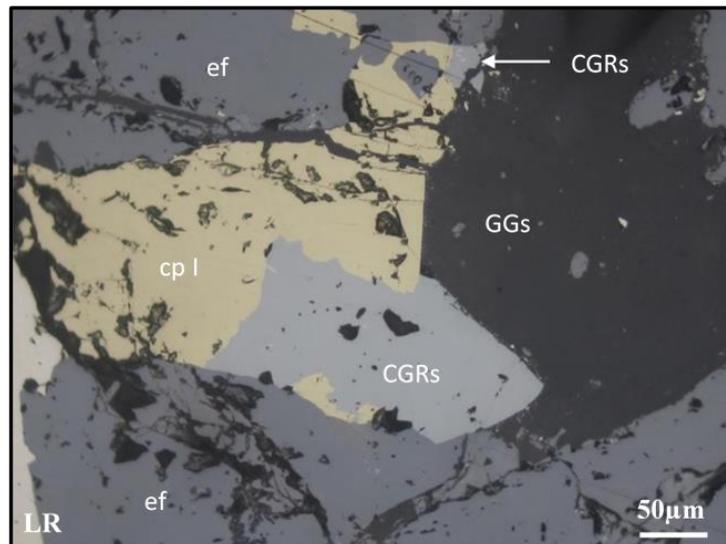
Fotomicrografía 15b: Pirita (py) parcialmente reemplazada desde sus fracturas por calcopirita I (cp I) y esfalerita (ef). La calcopirita I ha sido reemplazada por cobres grises (CGRs) desde sus bordes.



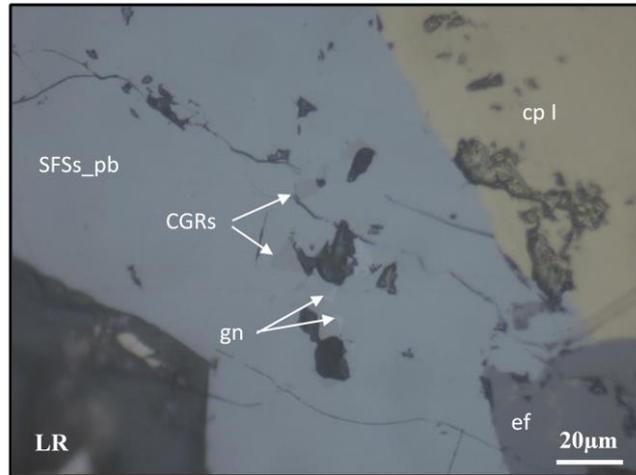
Fotomicrografía 15c: Pirita (py) reemplazada desde sus fracturas por calcopirita I (cp I); ésta última ha sido reemplazada desde sus bordes por cobres grises (CGRs) y sulfosales de plomo (SFSs_Pb).



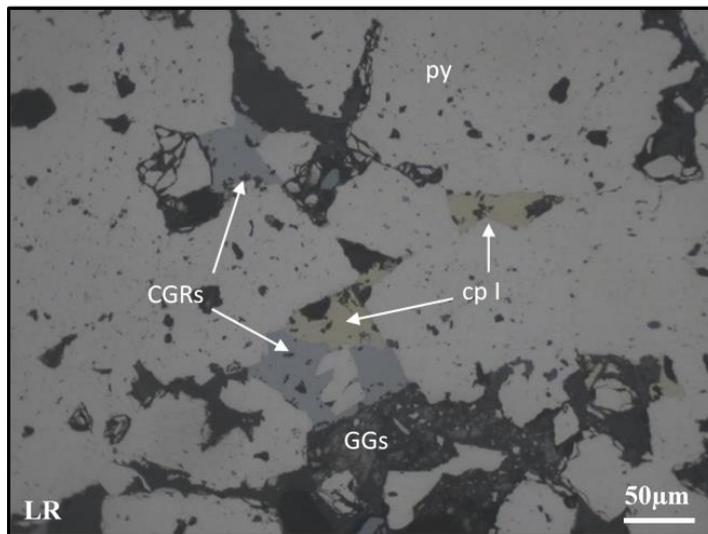
Fotomicrografía 15d: Lo mismo que la vista anterior, pero con mayor aumento.



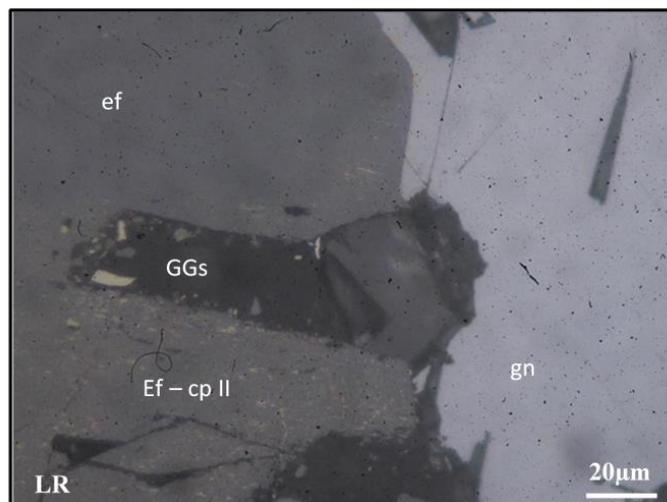
Fotomicrografía 15e: Calcopirita I (cp I) parcialmente reemplazada por esfalerita (ef) y cobres grises (CGRs) desde sus bordes. Con gangas (GGs) intersticiales.



Fotomicrografía 15f: Sulfosales de plomo (SFSs_Pb) que han reemplazado parcialmente desde sus bordes a calcopirita I (cp I) y esfalerita (ef); además presentan pequeños relictos de galena (gn) y cobres grises (CGRs).



Fotomicrografía 15g: Calcopirita I (cp I) y cobres grises que han reemplazado a cristales de pirita desde sus bordes y fracturas. Con gangas (GGs) intersticiales.



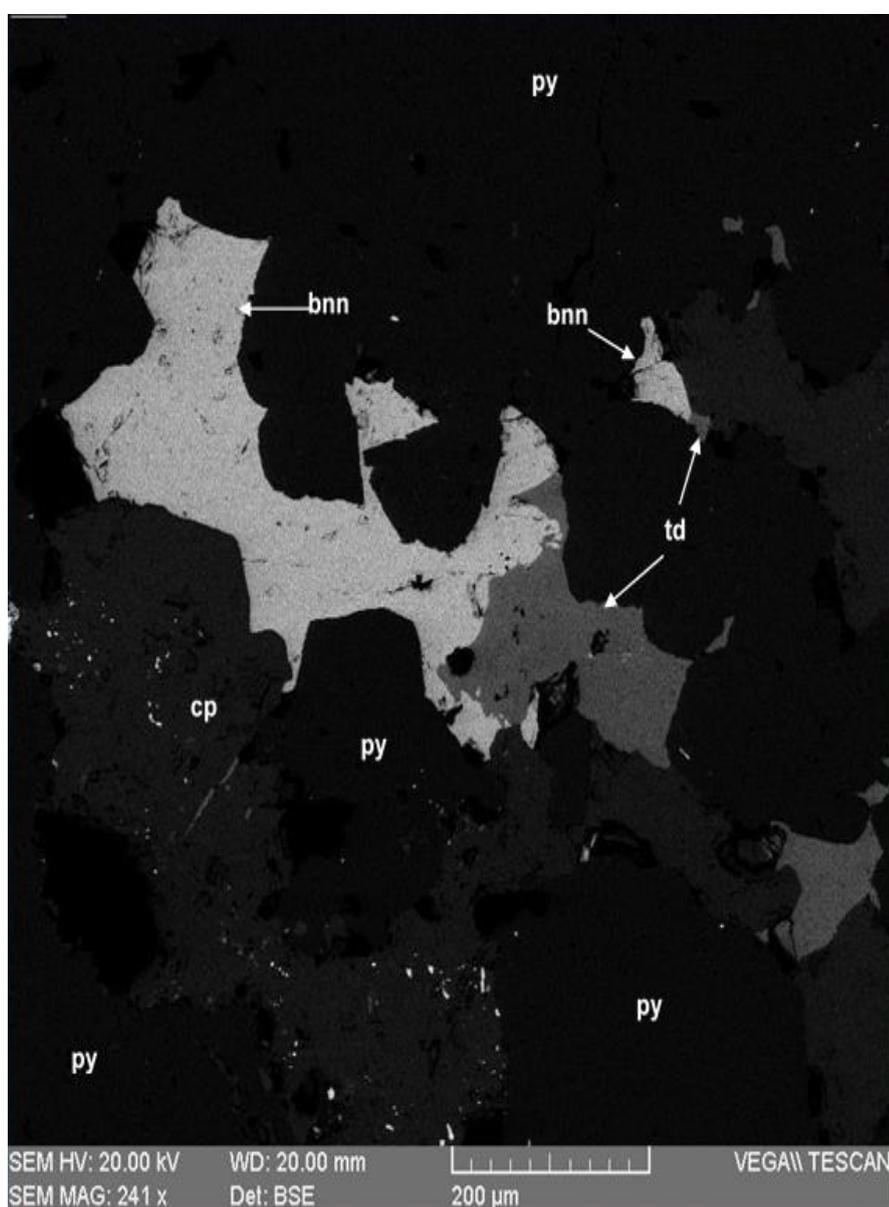
Fotomicrografía 15h: Esfalerita (ef) parcialmente reemplazada por galena (gn) desde sus bordes, con gangas (GGs) intersticiales. Por sectores la esfalerita presenta finas disseminaciones de calcopirita II (ef-cp II).

Estudio por microscopia electrónica de barrido. (ver tabla 18).

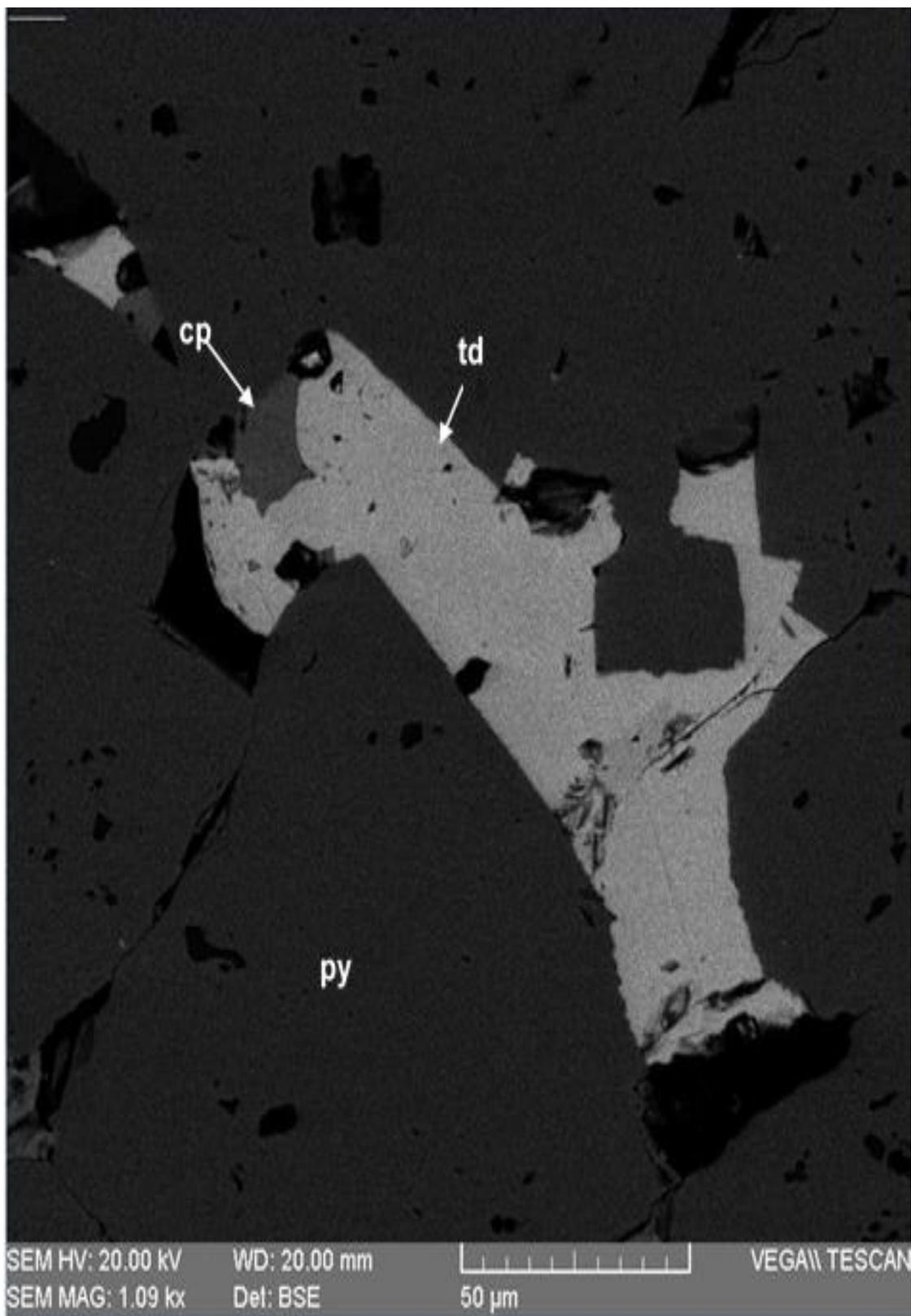
Minerales	Composición química (%)								TOTAL
	Fe	Sb	As	Pb	Zn	Ag	Cu	S	
Tetraedrita	3.58	27.3			4	9.14	31.78	24.1	100
Bournonita		24.3	1.25	41.2			14.45	18.8	100
Galena				83.6				16.5	100
Pirita	46							54	100
Calcopirita	30.4						34.63	34.9	100

Tabla 18. Distribución elemental de los minerales identificados en la muestra “TL93-2018-21”.

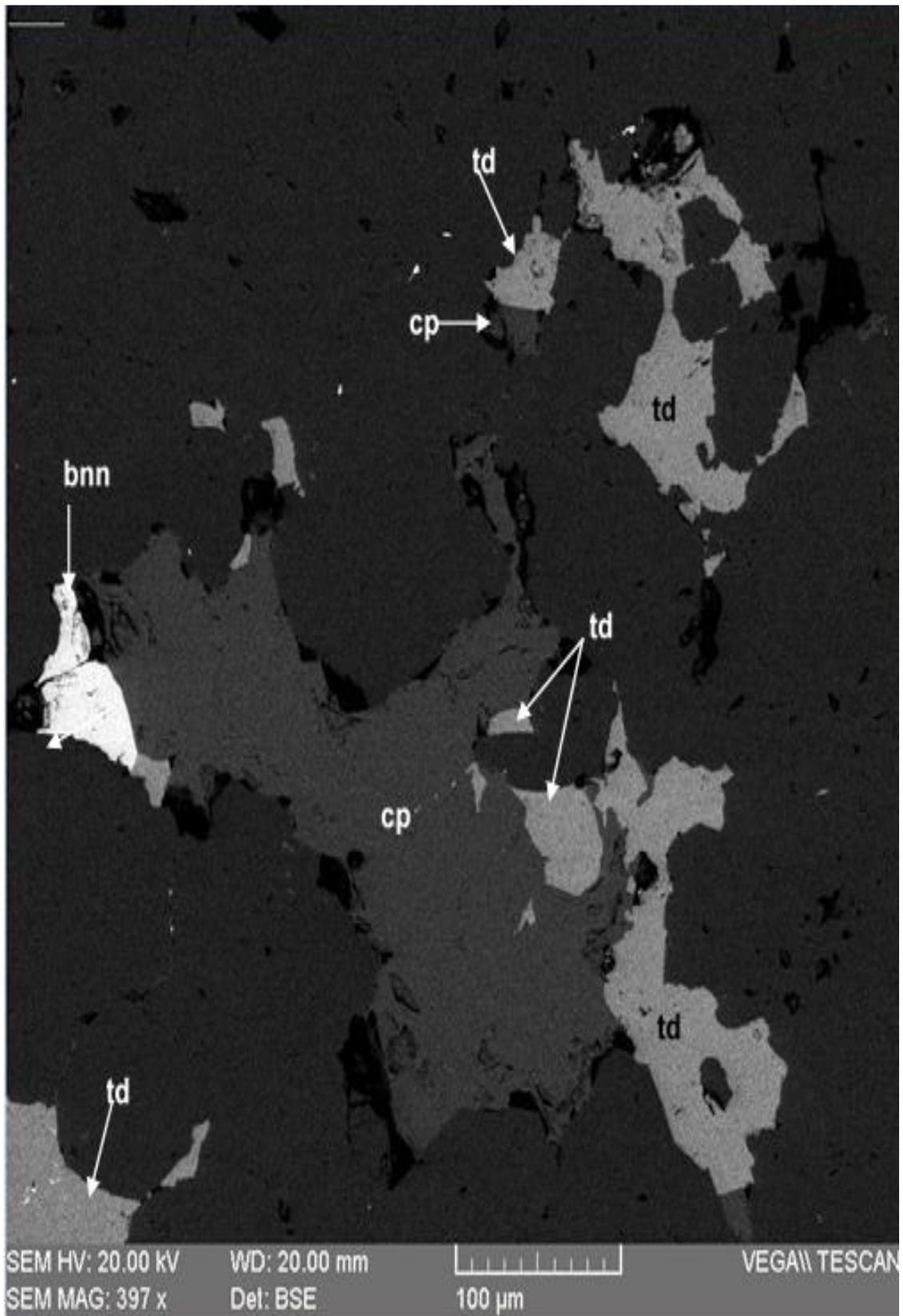
A continuación, se muestran algunas imágenes con las fases minerales analizadas, (ver fotomicrografía 16A – 16 - 16C – 17D).



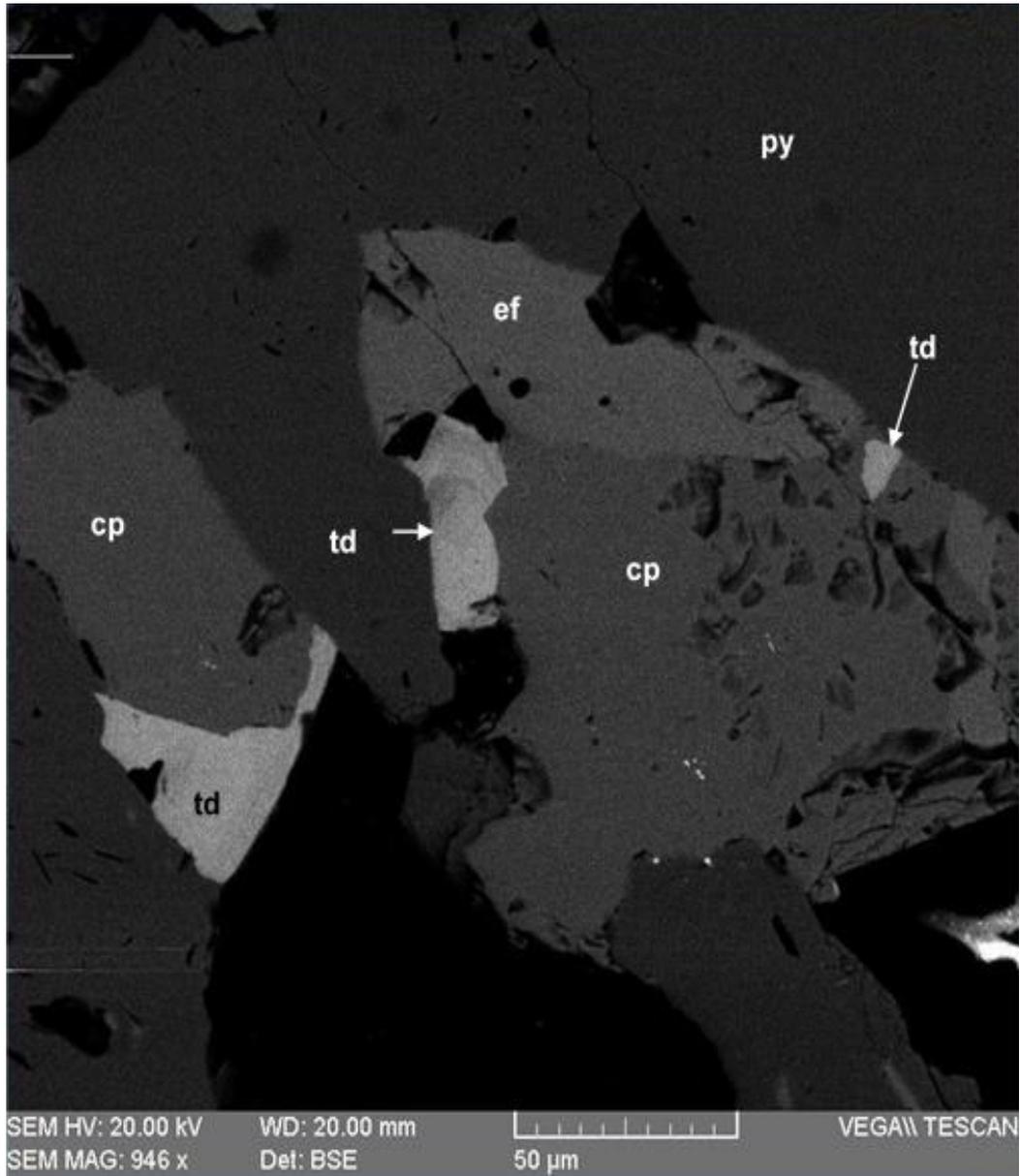
Fotomicrografía 16A: Aumento 241x. Pirita (py) reemplazada desde sus fracturas por calcopirita I (cp I); ésta última ha sido reemplazada desde sus bordes por cobres grises (CGRs) identificado como tetraedrita (td) y sulfosales de plomo (SFSs_Pb) identificado como bournonita (bnn).



Fotomicrografía 16B: Aumento 1090x. Galena (gn) presente en oquedades de pirita (py) y con relictos de cobres grises (CGRs) identificados como mineral de serie freibergita- tetraedrita (fbg-td) en sus bordes.



Fotomicrografía 16: Aumento 397x. Galena (gn) presente en oquedades de pirita (py) y con relictos de cobres grises (CGRs) identificados como mineral de serie freibergita- tetraedrita (fbg-td) en sus bordes.



Fotomicrografía 16: Aumento 1620x. Calcopirita (cp) relleno de microfracturas de pirita (py). La calcopirita (cp) presenta en sus bordes esfalerita (ef) y cobre gris (CGRs) identificado como tetraedrita (td).

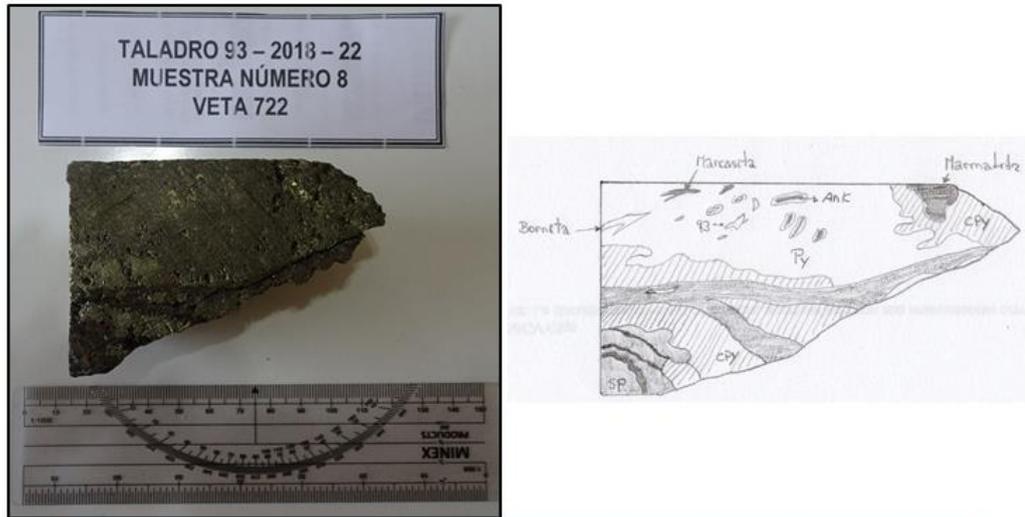
MUESTRA NRO. 8 (Muestra TL 93-2018-22).

Descripción Macroscópica.

Muestra tomada en la zona alta, ubicado a 258.50m del punto de perforación con coordenadas del impacto a la veta 722 (ver tabla 19), consta de py>cpy>ef>mrn>mrc>ank>bn, textura bandeado. Siendo la caja roca filita gris oscuro a tonos verdosos con alteración silicificación con presencia de venillas finas de cl. (ver fotografía 17A – 17B).

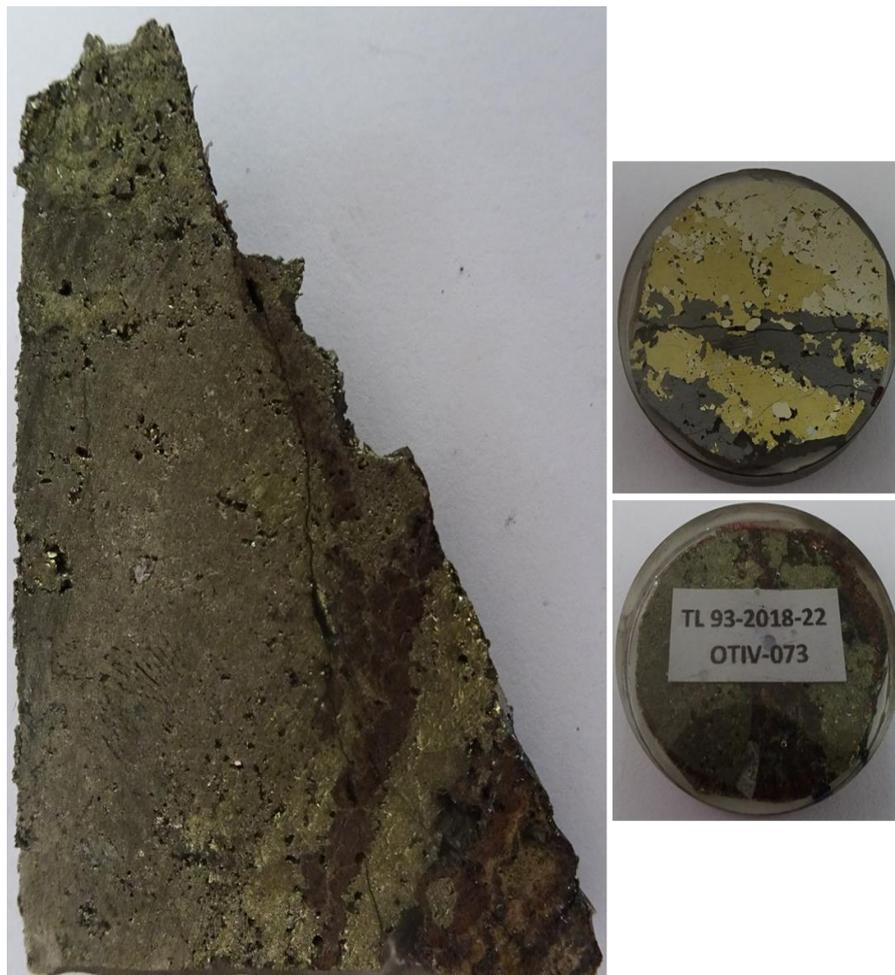
BHID	PROYECTO	DEPTH	COLLAR DEL PUNTO DE			COLLAR DE IMPACTO		
			XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR
DDH-S-SC-18-093	MSCR_RC_18	281	385858.37	8703460.18	4876.58	385566.90	8706036.96	4612.18

Tabla 19: coordenadas de la veta 722 - Muestra 8



BHID	QAQC	FROM	TO	A_M	CU%	PB%	ZN%	AG_OZ	ESTRUCTURA	NIVEL
DDH-S-SC-18-093	SI	259.95	260.75	0.8	0.1463	0.9266	54.5501	1.5115	V.722	SUPF.

Fotografía 17A: muestra 8 y representación



Fotografía 17B: muestra 8 y sección pulida

Descripción Microscópica.

La roca presenta agregados de cristales de pirita (33%) que han sido parcialmente reemplazados por agregados masivos de calcopirita (38%) y esfalerita (24%). Además, pequeños cristales de cobres grises (Traza) que han reemplazado débilmente a pirita y calcopirita desde sus bordes y oquedades. Galena (1%) que ha reemplazado a pirita, calcopirita, esfalerita y cobres grises desde sus bordes, fracturas y oquedades. Sulfosales de plomo (Traza) que han reemplazado a pirita y galena desde sus bordes y oquedades.

Pirita: Agregados de cristales con formas irregulares y en ocasiones de hábitos cúbicos. Han sido reemplazados parcialmente por calcopirita, esfalerita, galena, cobres grises y sulfosales de plomo a partir de sus bordes, fracturas y oquedades. En ocasiones aparecen como relictos en calcopirita y esfalerita a manera de islas.

Calcopirita: Agregados masivos que han englobado y reemplazado a partir de sus bordes, fracturas y oquedades a los cristales de pirita. Han sido parcialmente reemplazados por agregados masivos de esfalerita y cristales de galena y cobres grises a partir de sus bordes, oquedades y fracturas. En ocasiones se aprecian relictos de pirita como islas.

Esfalerita: Agregados masivos que han englobado y reemplazado parcialmente desde sus bordes a la pirita y calcopirita. Además han sido débilmente reemplazados por galena desde sus oquedades. Por sectores presentan relictos de pirita y calcopirita a manera de islas.

Cobres grises: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a cristales de pirita y calcopirita a partir de sus bordes y oquedades. Además, han sido reemplazados por galena desde sus bordes y centros (en ocasiones se observan como relictos en ésta).

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado a la pirita, calcopirita, esfalerita y cobres grises a partir de sus bordes, fracturas y oquedades. En ocasiones aparecen como relictos en cobres grises. Además, han sido reemplazadas débilmente por sulfosales de plomo desde sus centros.

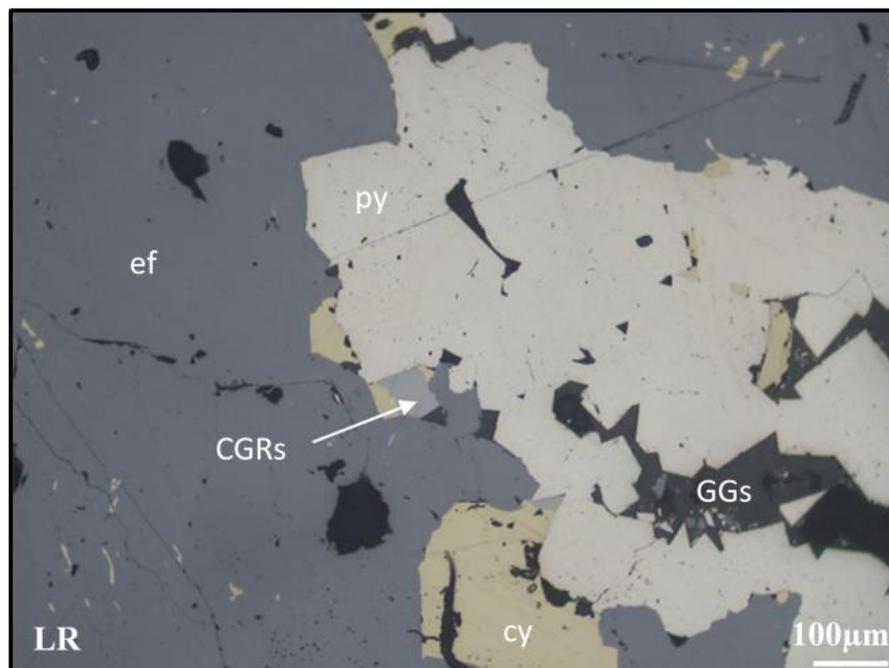
Sulfosales de Plomo: Pequeños cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a la pirita y galena desde sus bordes y oquedades.

Probable Secuencia Paragenética y Porcentaje aproximado: (ver tabla 20).

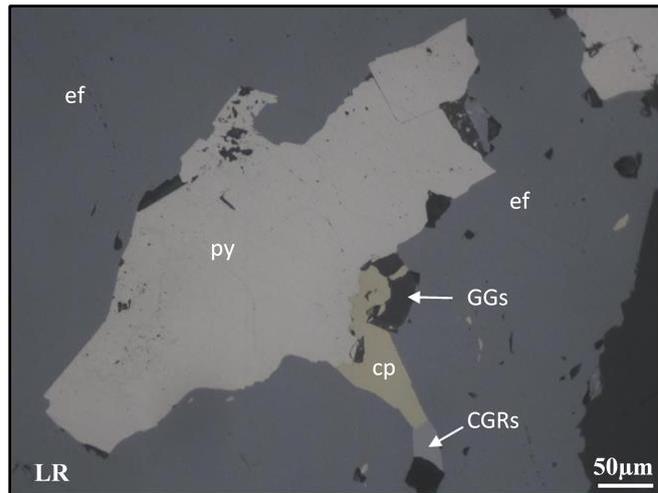
PROBABLE SECUENCIA PARAGENETICA		
MINERALOGIA	%	µm
Pirita	33	≤ 4000
Calcopirita	38	> 4000
Esfalerita	24	> 4000
Cobres Grises	Trazas	≤ 450
Galena	1	≤ 1400
Sulfosales de Plomo	Trazas	≤ 100

Tabla 20

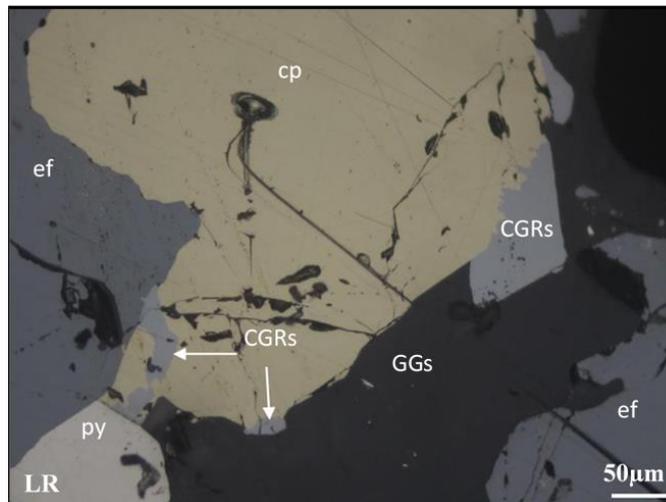
Fotomicrografía: A continuación, se presentan las fotomicrografías correspondientes a lo observado en la sección en estudio. (ver fotomicrografía 18)



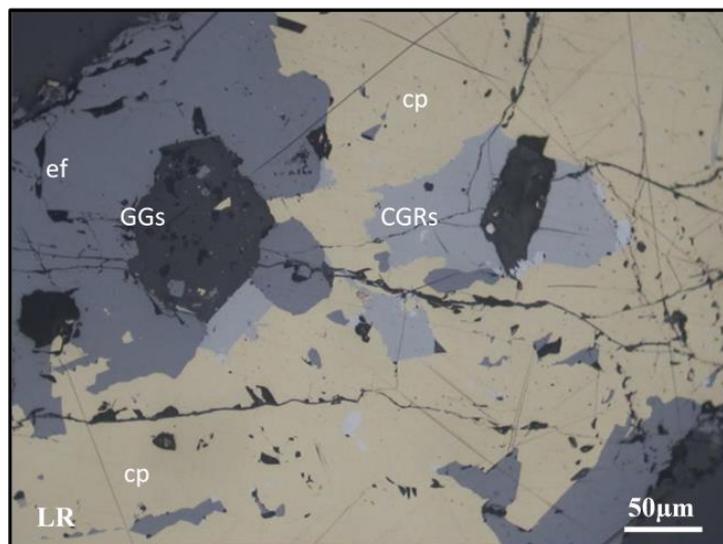
Fotomicrografía 18a: Pirita (py) reemplazada a partir de sus bordes por calcopirita (cp), esfalerita (ef) y cobres grises (CGRs), con gangas (GGs) intersticiales.



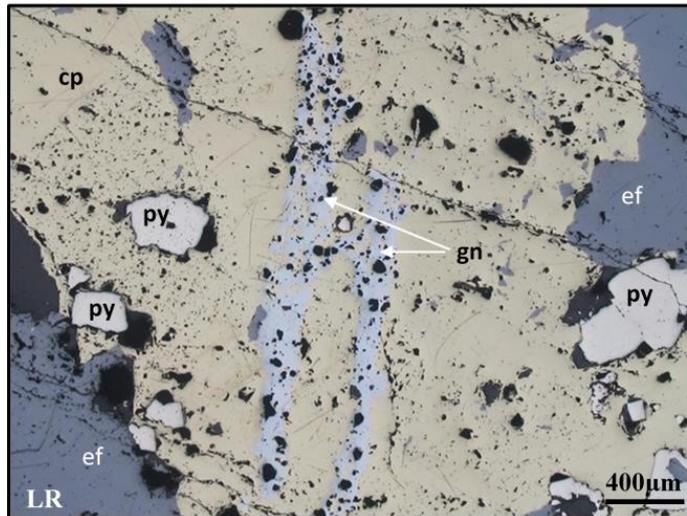
Fotomicrografía 18b: Pirita (py) reemplazada débilmente por calcopirita (cp) desde sus bordes; ambas reemplazadas y englobadas por esfalerita (ef).



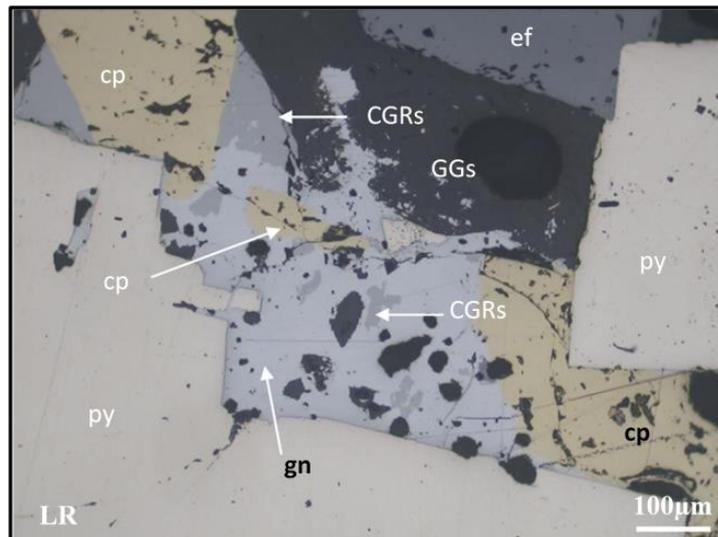
Fotomicrografía 18c: Esfalerita (ef) reemplazando a pirita (py) y calcopirita (cp) desde sus bordes; con gangas (GGs) intersticiales. Además, la calcopirita ha sido reemplazada débilmente por cobres grises (CGRs) desde sus bordes y fracturas.



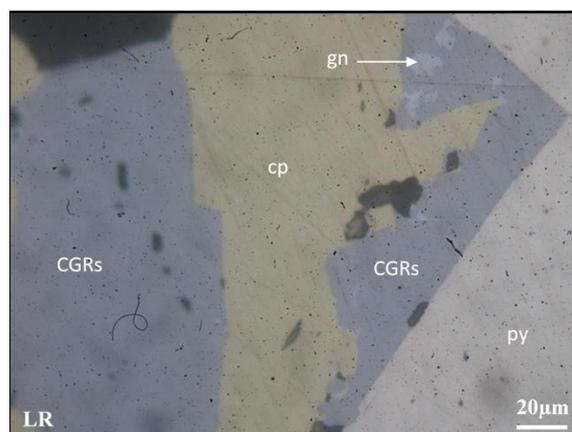
Fotomicrografía 18d: Calcopirita (cp) reemplazada por esfalerita (ef) y cobres grises (CGRs) desde sus bordes y centros; con gangas (GGs) intersticiales.



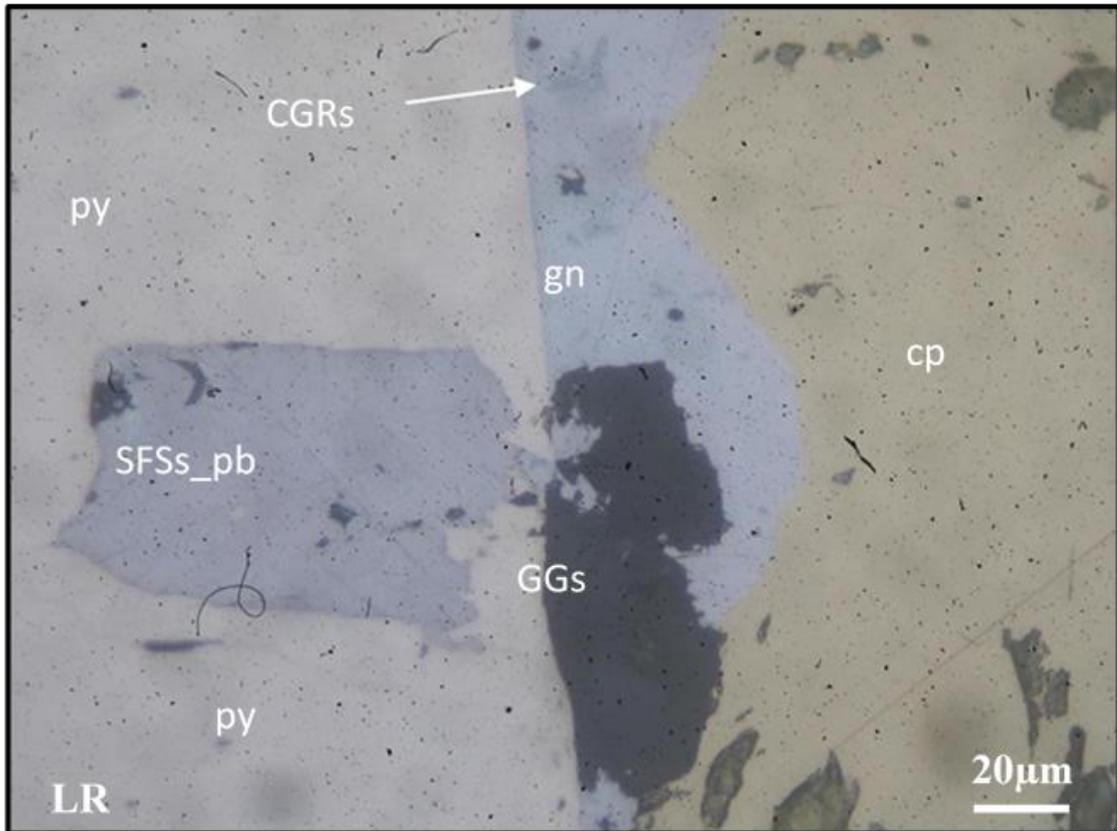
Fotomicrografía 18e: Calcopirita (cp) con relictos de pirita (py) y reemplazada por esfalerita (ef) desde sus bordes. Además, há sido reemplazada por galena (gn) a partir de sus fracturas.



Fotomicrografía 18f: Pirita (py) reemplazada parcialmente por calcopirita (cp), esfalerita (ef) y galena (gn) a partir de sus bordes. Además, se aprecian relictos de cobres grises (CGRs) en bordes y centros de la galena. Con gangas (GGs) intersticiales.



Fotomicrografía 18g: Cobres grises (CGRs) que han reemplazado desde los bordes la pirita (py) y calcopirita (cp). Además, han sido débilmente reemplazados por galena (gn) desde sus centros.



Fotomicrografía 18h: Pirita (py) reemplazada parcialmente por galena (gn), calcopirita (cp) y sulfosales de plomo (SFSs_Pb) desde sus bordes y oquedades. Además, la galena ha sido débilmente reemplazada por sulfosales de plomo desde sus centros. Con gangas (GGs) intersticiales.

4.3. Prueba de Hipótesis.

Por las características descriptivas de la investigación; la prueba de hipótesis está enfocado en alcanzar los objetivos, como es el caso de esta investigación, la cual ha sido importante conocer las características minerográficas de las muestras obtenidas de la veta 722 de la mina San Cristobal lo que permitio elaborar la posible secuencia paragenética de la veta 722 y describir el zoneamiento en base a la mineralización descrita.

4.4. Discusión de Resultados.

Teniendo como roca caja filita gris verdosa en profundidad y gris oscura a negra en las zonas altas con el fin de obtener una visión de la mineralización en el espacio. Además, discutiendo algunos aspectos relevantes de la mineralogía para poder entender en algo la génesis del depósito.

- a) **Caracterización Minerográfica de la veta 722:** a partir de los resultados obtenidos por microscopía óptica para los minerales metálicos presentes en las muestras y de manera adicional se extendió el análisis para microscopía electrónica de barrido para dos muestras seleccionadas a partir de su ubicación en la veta y por el número de minerales obtenidos se escogió la **muestra 7 (TL93-2018-21)** y **muestra 3 (TL119-2017-11)**; por los resultados del análisis de todas las muestras fue posible establecer que los minerales de mayor porcentaje en la mayoría de las muestras son la esfalerita, pirita, calcopirita, arcenopirita (solo en muestra 6), marcasita (solo en muestra 5); como agregados cristalinos y como reemplazamiento, seguido de menor porcentaje galena, calcopirita (I – II); como relictos, reemplazamiento (en los bordes, centro, fractura) y disseminación; por último los cobres grises, sulfosales como trazas y relictos. Minerales secundarios como la hematita, magnetita y covelita como agregados cristalinos y trazas. Los carbonatos observados macroscópicamente como la ankerita, siderita como agregados cristalinos puntuales y en bandas; adicionalmente mediante microscopía electrónica de barrido se obtuvo Freibergita – Tetraedrita, Tenantita, Bournonita como trazas (muestra 5 y 7). La mineralogía asociada a la anomalía de plata observados en los análisis químicos y al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se evidencia que el mayor contenido de plata está presente predominantemente en los sulfosales en una composición química; para la muestra 3 es de 1.54 % a 14.465 % de Ag, este se presenta a nivel trazas.
- b) **Cuadro paragenético Probable de la veta 722:** Estudio al microscopio óptico y microscopio de electrónico de barrido se ha determinado y clasificado en tres fases. (ver tabla 21). Estas fases de mineralización nos indican que la fractura estuvo en constante movimiento, de este modo, permitió el ascenso de las

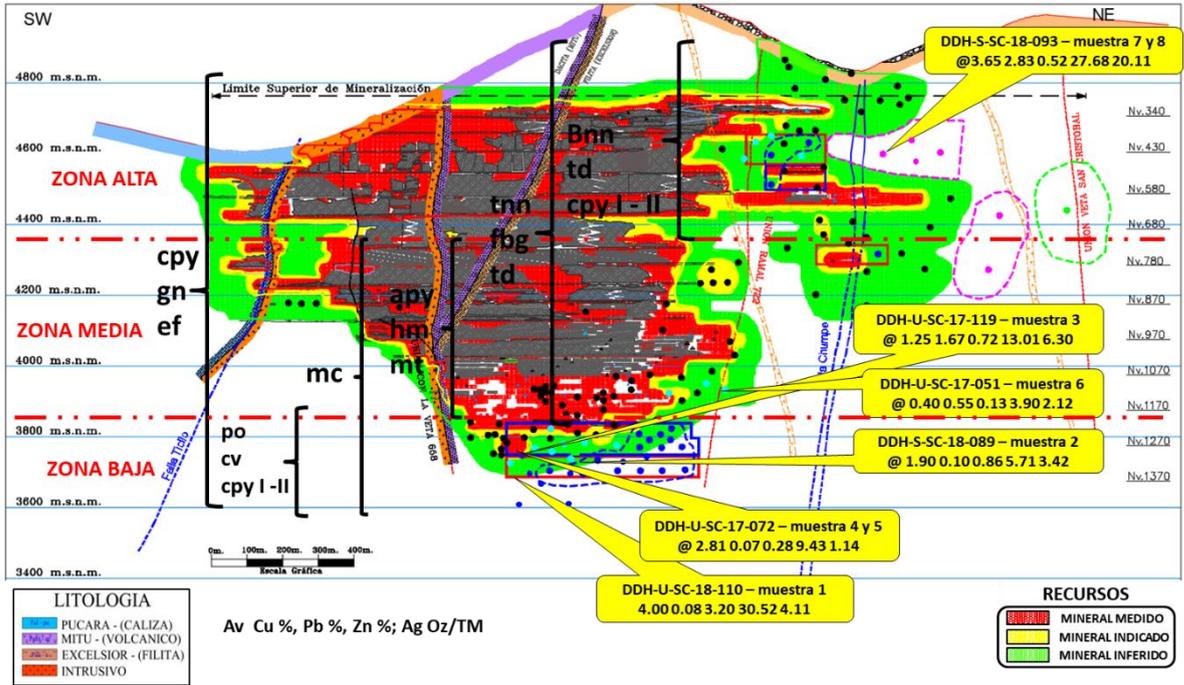
soluciones y la depositación de los minerales. Se ha observado en muestras de perforación diamantina y en laboreos mineros una textura de relleno (bandeamiento y brechamiento).

Textura	DE RELLENO		
	Fase A	Fase B	Fase C
Cuarzo	-----		
Pirita	-----		
Arsenopirita	-----		
Pirrotita	-----		
Marmatita	-----		
Calcopirita I	-----		
Tenantita - tetraedrita		-----	
Freibergita		-----	
Bournonita			-----
Esfalerita		-----	
Calcopirita II		-----	
Galena		-----	
Marcasita			-----
Ankerita - Siderita			-----
Minerales Secundarios			-----

Tabla.21: Fases de mineralización

- c) **Zoneamiento de la veta 722 en base a la mineralogía:** Los resultados de la caracterización mineralógica de las muestras obtenidas en las diferentes zonas de la veta 722; que la mineralogía observada calcopirita, esfalerita, galena son constante en las muestras y son observados también en las leyes (ver tabla 1) para las tres zonas; mientras que la pirrotita, covelita (mineral secundario) se observa en la zona baja, marcasita zona baja y media, arsenopirita y los minerales secundarios como la hematita, magnetita en la zona media; en tanto para los sulfosales que son los aportantes de plata como la tetraedrita, tennantita, freibergita en la zona media, tetraedrita – bournonita zona alta, estas muestras concuerdan con las leyes observadas en Ag. Cave mencionar que en el análisis al microscopio óptico en las muestras 1, 2 y 4 se reconocieron cobres grises y

muestras 6, 8 se reconocieron sulfosales de plomo y cobres grises; no descartando la presencia de otros sulfosales en las muestras (ver figura 27)



CONCLUSIONES

Algunos de los puntos que se desarrollan, pueden parecer más propios de un informe técnico; sin embargo, he considerado que era también importante, recoger y transmitir, al menos en parte la experiencia que he adquirido y que impone los problemas de una mina.

La veta presentaría características de fractura de relleno que es parte de un sistema propio de depósito tipo Cordillerano, de acuerdo a las muestras tomadas para sección delgada y los resultados obtenidos de las mismas se concluye que:

- La caracterización minerográfica consta de agregados cristalinos (masivos) que varía de porcentaje para cada muestra pero las más abundante son la Pirita, Esfalerita, Pirrotita, Arsenopirita, Calcopirita I, Hematita I (especularita), como reemplazamiento Magnetita, Hematita II, Marcasita, Calcopirita II y el resto de los minerales se observa como diseminación, trazas y relictos como la Tetraedrita, Bournonita, Covelita, Hematita II, Tenantita, Freibergita, cabe mencionar que los minerales de mayor porcentaje también son observables en las muestras como agregados cristalinos, reemplazamiento, diseminación, venillas finas, relictos y trazas.
- La secuencia paragenética de la veta presenta tres secuencias de formación, determinada en base a temperaturas, determinando tres zonas en base a lo observado en la caracterización minerográfica: primera fase A, conformada por: Cuarzo, Pirita, Arsenopirita, Pirrotita, Marmatita, Calcopirita caracterizada por una textura de relleno (forma de lentes y agregados cristalinos); fase B por: Tenantita – Tetraedrita, Freibergita, Bournonita, Esfalerita, Calcopirita (I – II), Galena caracterizada por una textura de relleno y reemplazamiento y finalmente fase C por: Marcasita, Ankerita – Siderita, Hematita II, Covelita, Magnetita, Hematita I como reemplazamiento en trazas.

- La veta tiene como base el centro de anticlinal Chumpe, por lo tanto, la zonificación de los fluidos mineralizantes es comparable con de la veta San Cristóbal, está en relación directa con la secuencia paragenética; es decir, las bandas y reemplazamientos de los diferentes minerales corresponden a diferentes fases de mineralización, llegando a deducir un aumento de Ag en la zona media y alta representados por los sulfosales mientras se queda constante en la zona media y baja por lo general la presencia de sulfuros de Pb, Zn, Cu (galena, esfalerita, calcopirita) respectivamente en un zonamiento vertical.

RECOMENDACIÓN

- Con las evidencias que se obtuvieron en la caracterización mineralógica, realizar un seguimiento a estas zonas y contrastar con la zonificación en base a isovalores de metales con mayor énfasis en Ag.
- Tener en consideración al momento de la interpretación la presencia de sulfosales (plomo y cobre) en la zona media y alta de la estructura.
- Realizar el análisis para la identificación de minerales no metálicos para obtener un mayor conocimiento mineralógico.
- Obtener muestras en la parte de la zona de volcánicos para conocer el comportamiento mineralógico en esas rocas y realizar la comparación con las muestras obtenidas en la zona filita. También recolectar más muestras y sobre todo de muestras de mano de interior mina para proporcionar más exactitud de la mineralogía de la veta con una malla más extensa.

BIBLIOGRAFIA

- LLUIS FONTBOTÉ – (1996) – Cordilleran (= well zoned) base metal veins and replacement bodies as "normal" constituents of porphyry systems.
- P. JURADO NOLASCO - (2014) – Libro de Estimación de Recursos y Reservas Minerales 2014 (Área de Geología).
- SILVIA ROSAS, KATHLEEN RITTERBUSH, DAVID BOTTIER, CARLOS ASTORGA – (2004) – Origen de los Estratos Silíceos de la Formación Aramachay (Jurásico Inferior) en el Domo de Yauli y su Relación con los Cuerpos Minerales Polimetálicos.
- ULRICH PETERSEN, ANDREW CAMPBELL – (1983) - Distribución de Mineral en el Distrito Minero de San Cristóbal – Boletín Sociedad Geológica del Perú Nro. 71 set. 1983 Pág. 53 al 62.
- FIDEL VERA ROSAS – (1983) - Reinterpretación Genética de la Mineralización del Domo de Yauli – Boletín Sociedad Geológica del Perú Nro. 71 set. 1983 Pág. 41 al 52.
- ANDRESS R. CAMPBELL, ULRICH PETERSEN – (1989) – Estudio de Inclusiones Fluidas en el Distrito Tungstifero y de Metales Básicos de San Cristóbal, Perú Central - Boletín Sociedad Geológica del Perú 1989 Pág. 35 al 49.
- C. M. WRIGHT – (1963) Paragenesis y Distribución de Minerales y Metales en la Veta Principal de San Cristóbal.
- EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERU – (1995) - Reservas de Mineral 1995 Geología – Unidad de Producción de San Cristóbal.
- ALDO BENDEZÚ JUÁREZ – (2007) - Mineralización Tipo Pórfido De Cu-Mo Asociadas a venas Cordilleranas de Metales Base – Toromocho - Morococha, Distrito de Morococha, Perú - Tesis para optar por el Título de Ingeniero Geólogo.

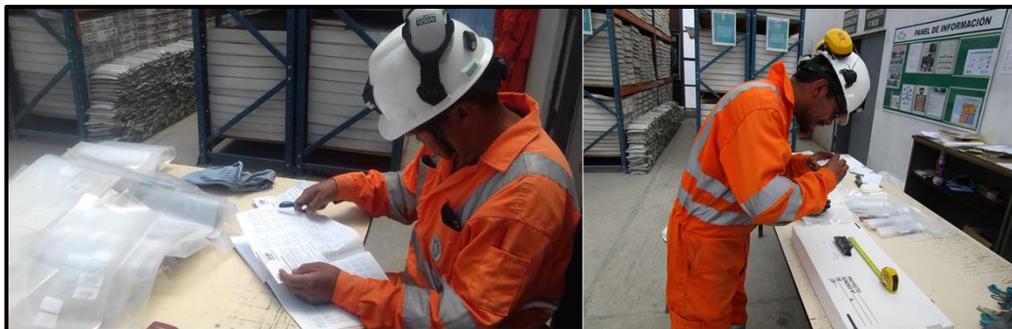
- RONNER BENDEZÚ, & LLUÍS FONTBOTÉ – (1999) - Cordilleran Epithermal Cu-Zn-Pb-(Au-Ag) Mineralization in the Colquijirca District, Central Peru: Deposit-Scale Mineralogical Patterns.
- RONNER BENDEZÚ – (2002) - Mineralización Cordillerana como parte de un sistema relacionado a pórfidos de Cu.
- CESAR VELAZCO C. – (2004) – Geólogo Consultor – Clasificación de Yacimientos Minerales.
- NESTOR ARIAS ESPINOZA – (2006) - Folleto de Mineralogía Óptica.
- N. ARRAIZA, P.M., VIGURIA, J. NAVARRO, & A. AINCIBURU – (2016) – Manual de Microscopia.
- BERNIS MATEU J. – (1978) - Atlas de microscopia – Ediciones Jover S.A. Barcelona.
- DIAZ MAURÍÑO C. – (1976) – Iniciación practica a la mineralogía, Editorial Alhambra S. A. – Madrid.
- C. TORRES BARDALES – (2005) - Orientaciones Básicas de Metodología de la Investigación Científica – Lima –Perú.

ANEXO

Instrumentos de Recolección de Datos.



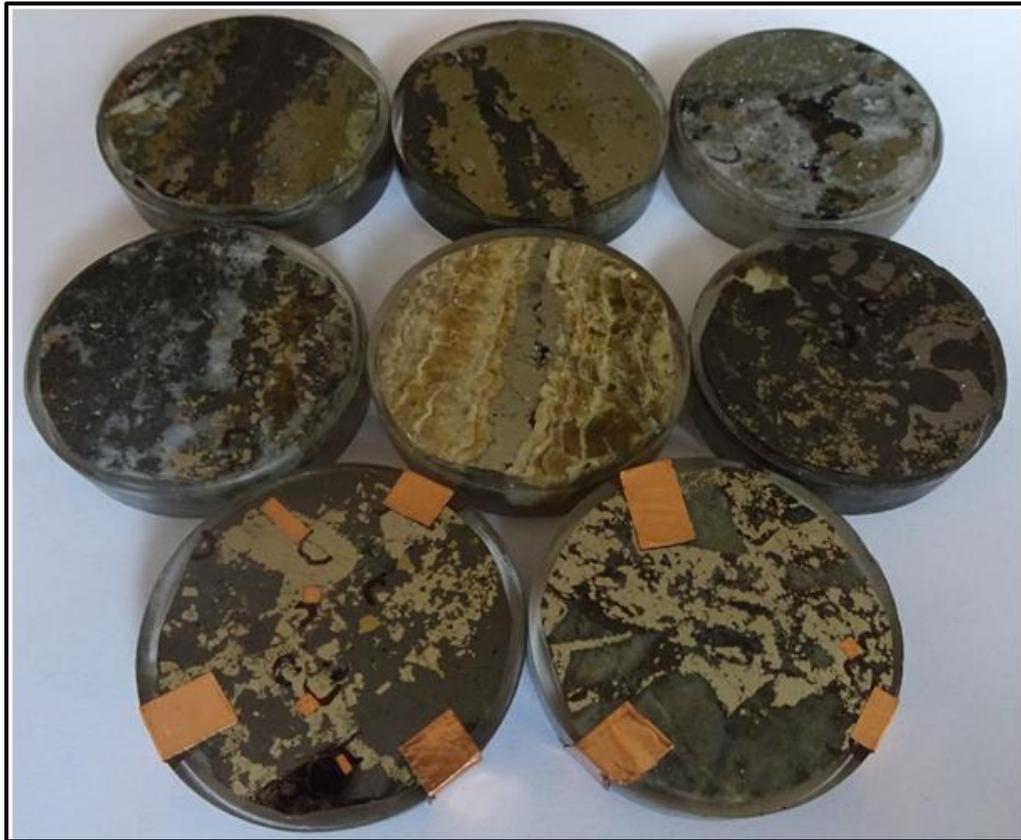
Fotografía 19: Ubicación y muestreo de la muestra a analizar.



Fotografía 20: Rellenado de coordenadas y fotografiado de la muestra.



Fotografías 21: las 8 muestras analizadas que presenta características de textura de relleno con presencia de sulfuros tales como gn, ef, cpy, ank, sid con presencia de oquedades.



Fotografía 22: muestras trabajadas en secciones pulidas de 3x3x2cm para el respectivo análisis por microscopía óptica, se observa dos secciones con marcas doradas que son las que se van a analizar por electrónico de barrido.

Espectros de rayos x para la muestra “TL93-2018-21” – MUESTRA 7

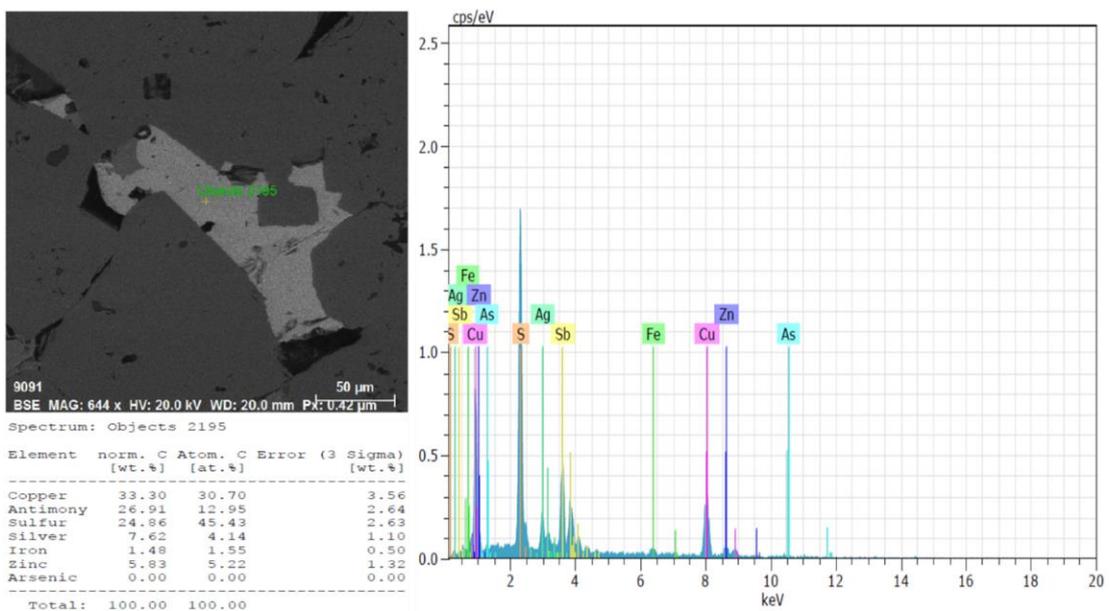


Figura 9: Imagen, composición y espectro de tetradrita.

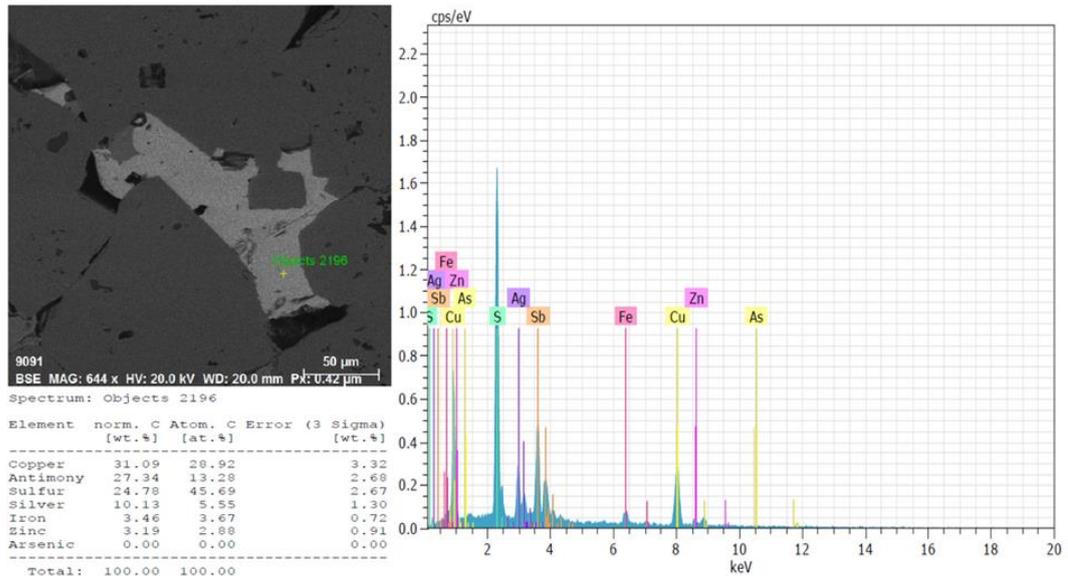


Figura 10. Imagen, composición y espectro de tetraedrita.

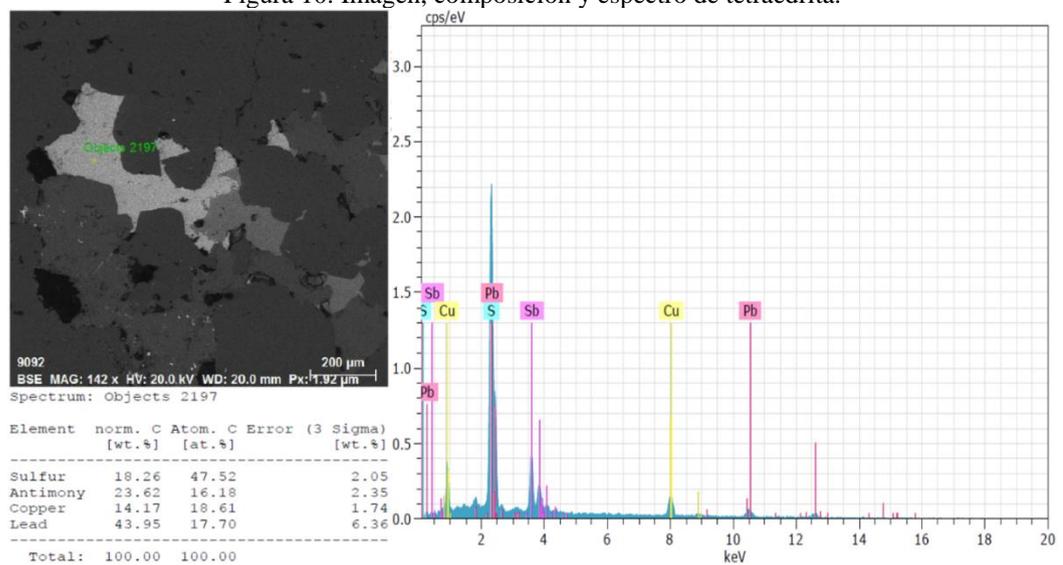


Figura 11. Imagen, composición y espectro de bourbonita.

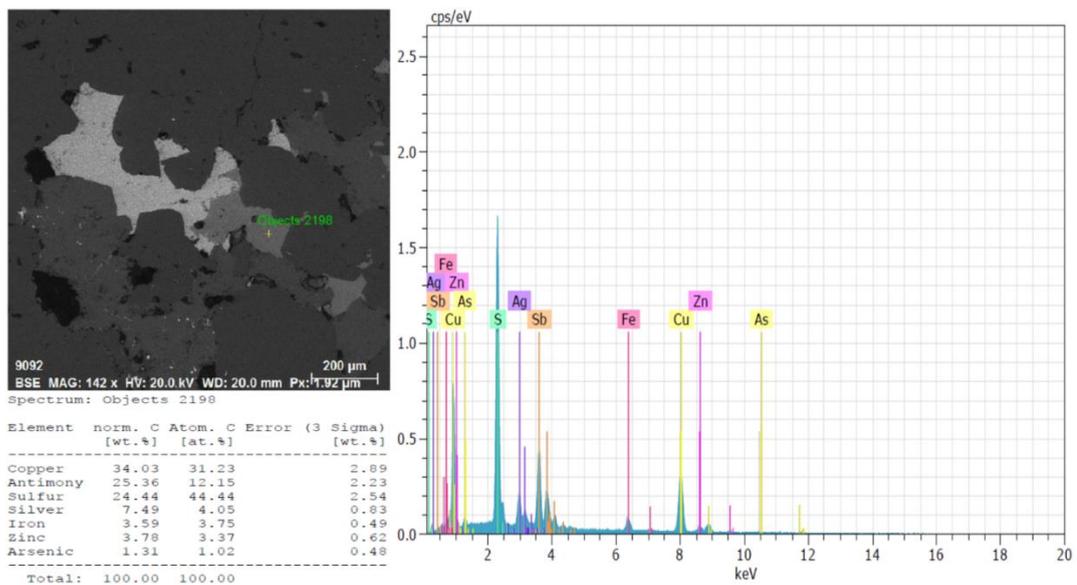


Figura 12. Imagen, composición y espectro de tetraedrita.

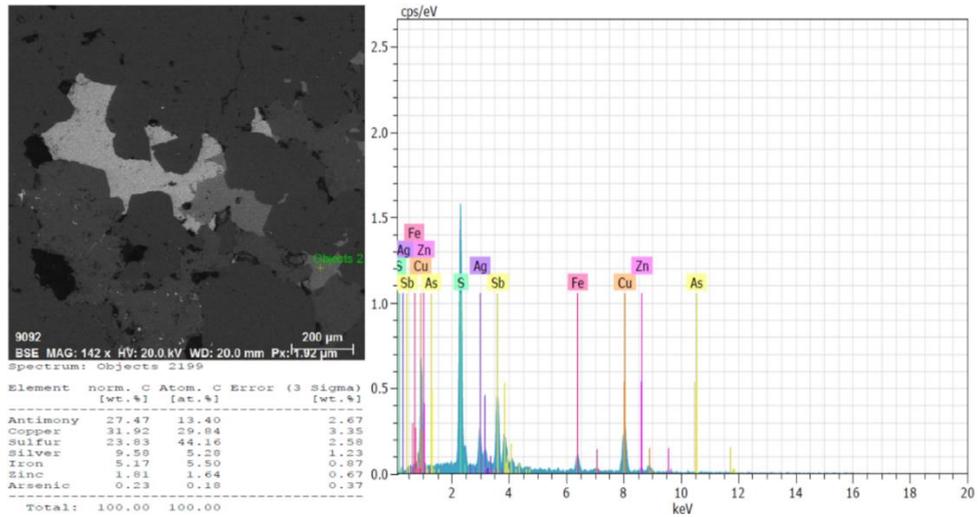


Figura 13. Imagen, composición y espectro de tetradrita.

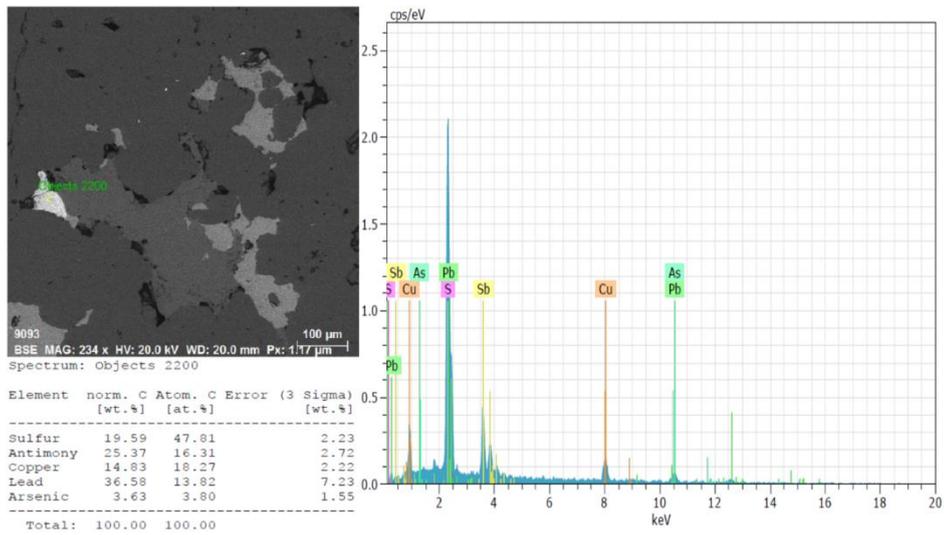


Figura 14. Imagen, composición y espectro de bourbonita.

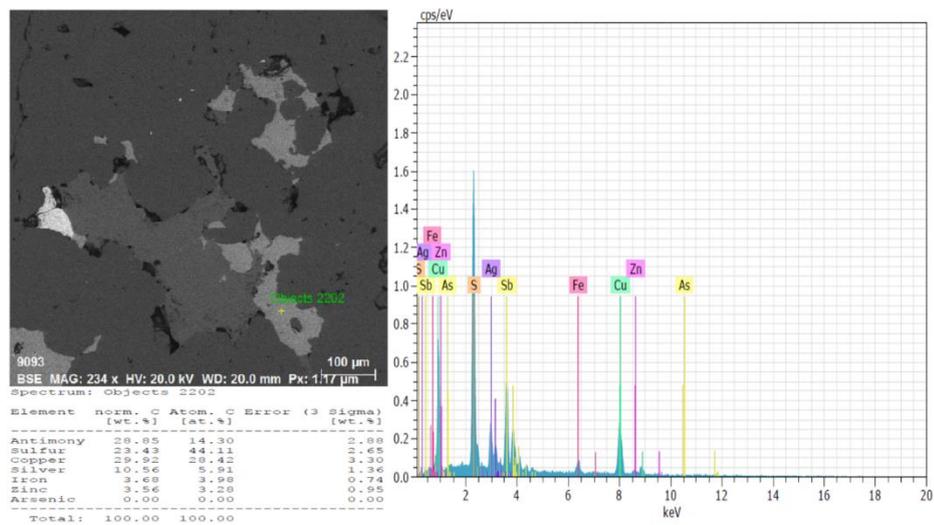


Figura 15. Imagen, composición y espectro de tetradrita.

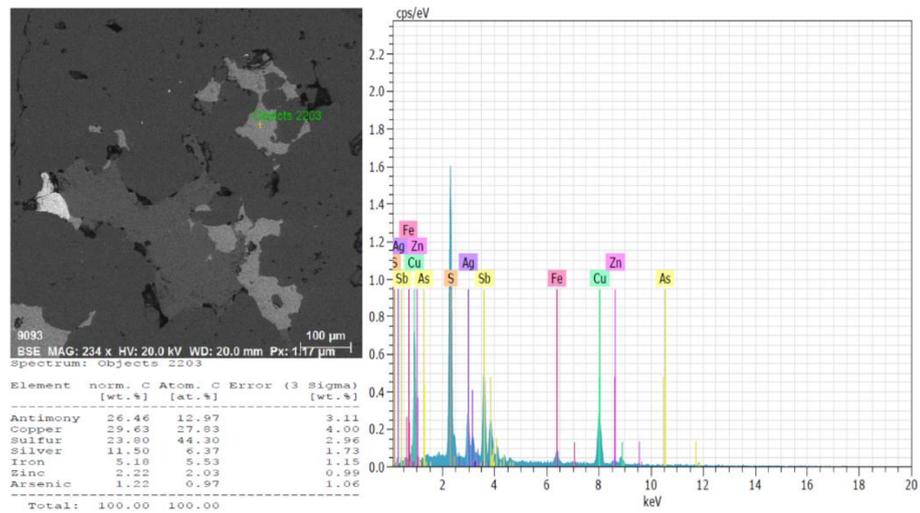


Figura 16. Imagen, composición y espectro de tetradrita.

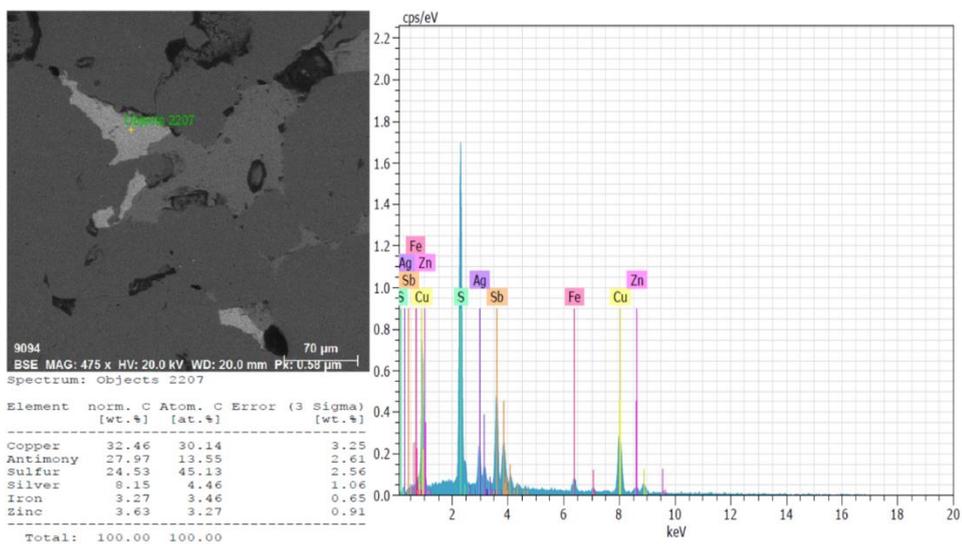


Figura 17. Imagen, composición y espectro de tetradrita.

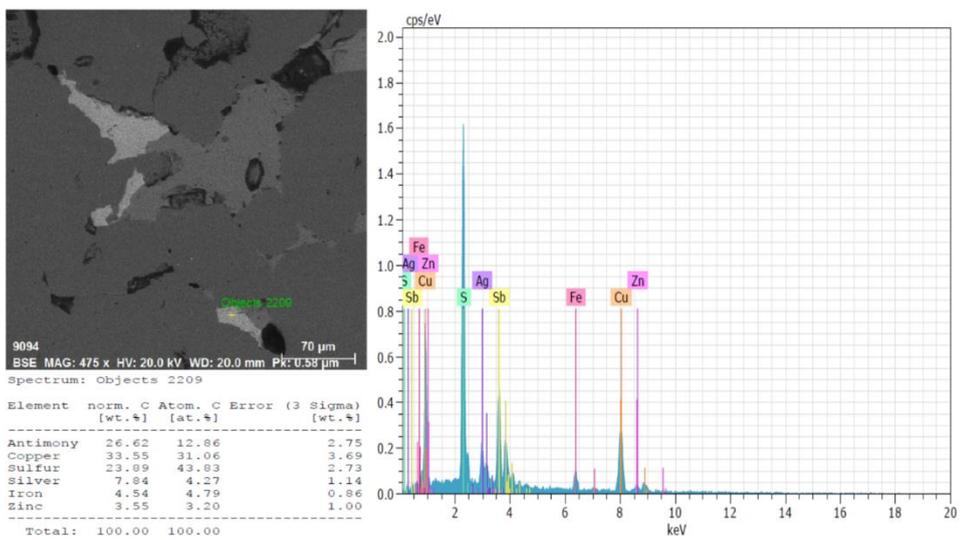


Figura 18. Imagen, composición y espectro de tetradrita.

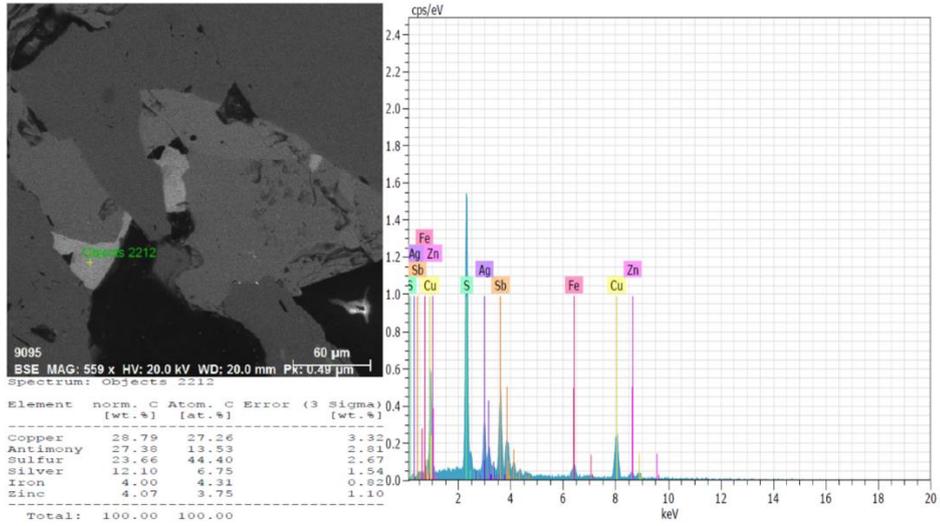


Figura 19. Imagen, composición y espectro de tetradritas.

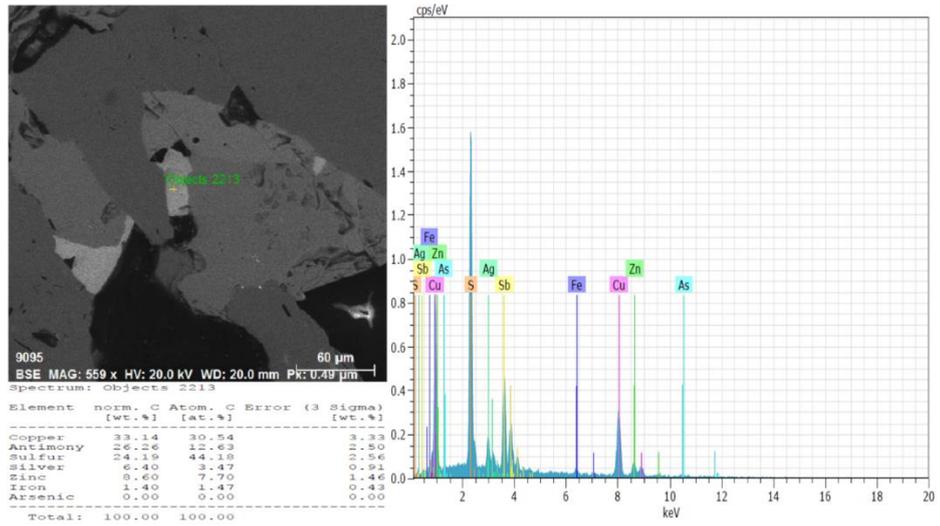


Figura 20. Imagen, composición y espectro de tetradritas.

Espectros de rayos x para la muestra “TL119-2017-11” – MUESTRA 3

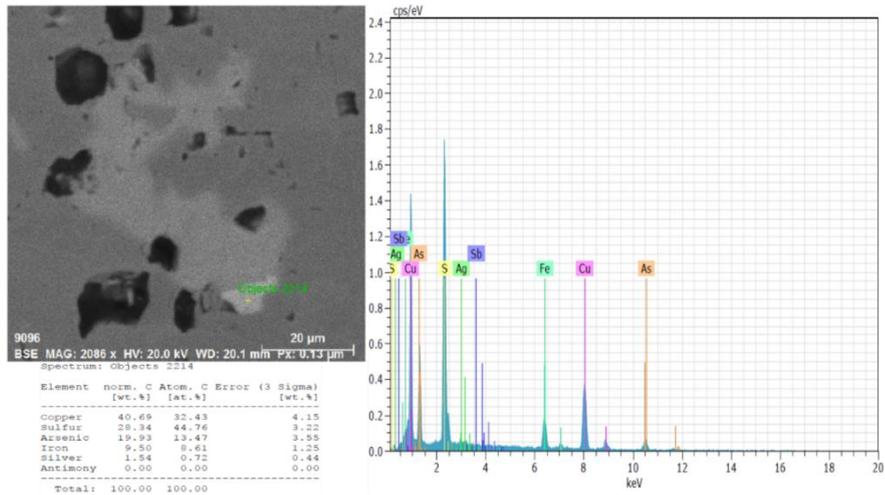


Figura 21. Imagen, composición y espectro de tetradritas.

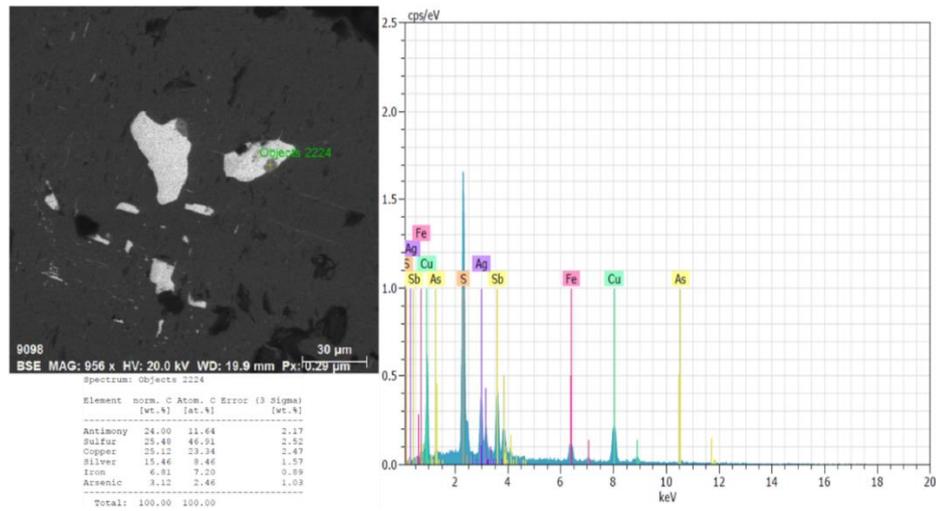


Figura 22. Imagen, composición y espectro de mineral de serie freibergita-tetraedrita.

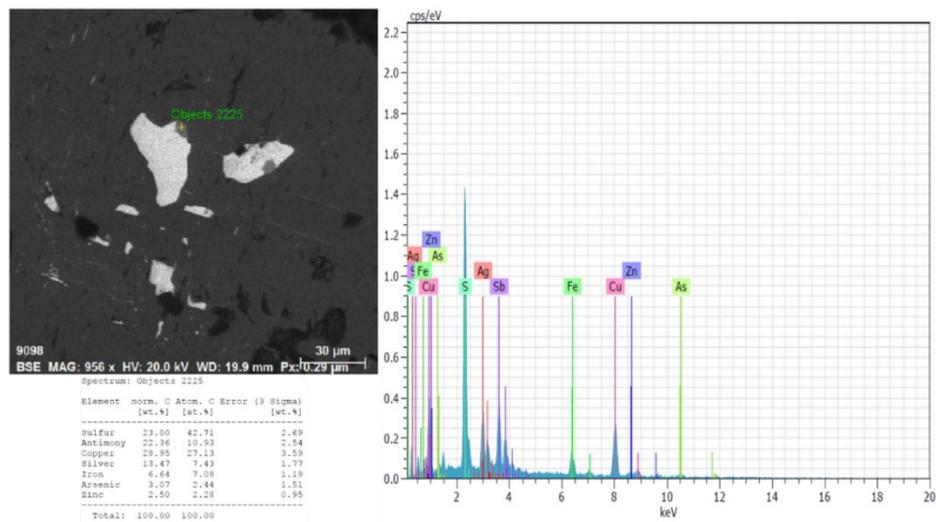


Figura 23. Imagen, composición y espectro de mineral de serie freibergita-tetraedrita.

NOMBRE	ABREVIATURA	FÓRMULA
Arsenopirita	apy	FeAsS
Calcopirita	cp	CuFeS ₂
Cobres grises	CGRs	Composición variada
Covelita	cv	CuS
Esfalerita	ef	ZnS
Gangas	GGs	Composición variada
Galena	gn	PbS
Hematita	hm	Fe ₂ O ₃
Magnetita	mt	Fe ₂ O ₃ .FeO
Marcasita	mc	FeS ₂ (aprox.)
Pirita	py	FeS ₂
Pirrotita	po	Fe _{1-x} S
Sulfosales de plomo	SFSS_Pb	Composición variada

LR	Luz reflejada
----	---------------

Tabla 21: Simbología



Fotografía 23: Taladro DDH-U-SC-18-110



Fotografía 24: Taladro DDH-U-SC-18-089



Fotografía 25: Taladro DDH-U-SC-17-119



Fotografía 26: Taladro DDH-U-SC-17-072



Fotografía 27: Taladro DDH-U-SC-17-072



Fotografía 28: Taladro DDH-U-SC-17-051



Fotografía 29: Taladro DDH-S-SC-18-093

MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA							
TITULO	CARACTERIZACIÓN MINERAGRAFICA DE LA VETA 722 - U.E.A. SAN CRISTOBAL – YAULI LA OROYA 2018						
AUTOR:	Bachiller en Ciencias Ingeniería Geológica - Jaime Wiber Quispe Saez						
IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACION DEL PROBLEMA	DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	TIPO DE INVESTIGACIÓN	CONCLUSIONES
En la mina San Cristóbal no se cuenta con un conocimiento detallado de la mineralogía de la veta 722, sin embargo desde hace mucho tiempo se conoce la importancia que se da al conocimiento de la mineralogía presente en las estructuras (veta y/o roca) como un guía de exploración y en estos últimos años como una herramienta fundamental en los procesos metalúrgicos; por consiguiente en la veta 722, macroscópicamente se pueden reconocer minerales de mena tal como calcopirita, galena, esfalerita y ganga como pirita, marcasita, cuarzo, sin embargo, existen otros que no se pueden determinar con certeza, por ejemplo, se observa sulfuros de tonos grises y rojizos en venillas muy finas y diseminados que no se sabe con certeza que minerales son, además la geoquímica evidencian contenido de plata donde macroscópicamente no se observa, de ahí que con este trabajo se busca caracterizar los minerales presentes en las muestras recolectadas de la veta 722 para luego realizar la paragénesis y la descripción del zoneamiento en base a la mineralización.	Para la presente investigación sobre la caracterización mineragráfica de la veta 722 es importante para conocer los minerales presentes en ésta estructura; ya que solo se conoce minerales observados macroscópicamente. Otra de las razones por la cuales se considera importante es porque me permitió identificar las características de los minerales y la presencia de otros minerales que no son observados macroscópicamente y porque a partir de ello se ha construido la probable secuencia paragenética y describir el zoneamiento en base a la distribución mineralógica que son básicos para una adecuada interpretación.	El tema de Investigación se realiza porque aún no se cuenta con información mineralógica detallada de la veta 722, por lo tanto, la presente investigación se justifica que a través del estudio mineragráfica se logrará identificar los minerales presentes en cada muestra obtenida y con ello nos permitirá realizar una adecuada asociación, análisis e interpretación (identificando los estadios y/o la superposición de estas), para luego realizar la paragénesis y describir el zoneamiento en base a la mineralogía.	OBJETIVO GENERAL: Describir las características mineragráfica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya.	HIPOTESIS GENERAL Mediante la caracterización mineragráfica de las muestras obtenidas en las diferentes zonas se determinará los minerales metálicos presentes en la veta 722.	VARIABLE DEPENDIENTE: Caracterización Mineragráfica de la veta 722	Para esta investigación la secuencia es de tres tipos: observación, descripción y analítico, a) Observativo: se examinarán las perforaciones diamantinas que van dirigidas hacia la veta 722, obteniéndose información acerca de la roca caja, estructuras y minerales característico de la veta, anotando los diferentes factores y circunstancias que parecen influenciarlos. Para el desarrollo de la presente tesis nos enfocaremos a identificar los minerales macroscópicamente de las muestras obtenidas de cada zona. b) Descriptivo: se enfoca en la descripción e identificación de las asociaciones minerales microscópicamente de cada muestra obtenida. c) Explicativo: definiremos las causas y efectos que implican estas asociaciones para determinar la paragénesis y zoneamiento.	La caracterización mineragráfica consta de agregados cristalinos (masivos) que varía de porcentaje para cada muestra pero las más abundante son la Pirita, Esfalerita, Pirrotita, Arsenopirita, Calcopirita I, Hematita I (especularita), como reemplazamiento Magnetita, Hematita II, Marcasita, Calcopirita II y el resto de los minerales se observa como diseminación, trazas y relictos como la Tetraedrita, Bournonita, Covellita, Hematita II, Tenanita, Freibergita, cabe mencionar que los minerales de mayor porcentaje también son observables en las muestras como agregados cristalinos, reemplazamiento, diseminación, venillas finas, relictos y trazas. • La secuencia paragenética de la veta presenta tres secuencias de formación, determinada en base a lo observado en la caracterización mineragráfica: primera fase A, conformada por: Cuarzo, Pirita, Arsenopirita, Pirrotita, Marmatita, Calcopirita caracterizada por una textura de relleno (forma de lentes y agregados cristalinos); fase B por: Tenanita – Tetraedrita, Freibergita, Bournonita, Esfalerita, Calcopirita (I – II), Galena caracterizada por una textura de relleno y reemplazamiento y finalmente fase C por: Marcasita, Ankerita – Siderita, Hematita II, Covellita, Magnetita, Hematita I como reemplazamiento en trazas. • La veta tiene como base el centro de anticlinal Chumpe, por lo tanto, la zonificación de los fluidos mineralizantes es comparable con de la veta San Cristóbal, está en relación directa con la secuencia paragenética; es decir, las bandas y reemplazamientos de los diferentes minerales corresponden a diferentes fases de mineralización, llegando a deducir un aumento de Ag en la zona media y alta representados por los sulfosales mientras se queda constante en la zona media y baja por lo general la presencia de sulfuros de Pb, Zn, Cu (galena, esfalerita, calcopirita) respectivamente en un zonamiento vertical.
FORMULACION DEL PROBLEMA	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN		OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	METODO DE LA INVESTIGACION	
PROBLEMA GENERAL							
¿Cuál es la Caracterización Mineragráfica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?	En el desarrollo de la investigación se escogieron 8 muestras para el análisis respectivo por microscopía óptica y microscopía electrónico de barrido para la identificación de sulfuros y sulfosales, pero no se mandó para la identificaron de minerales no metálicos; sin embargo, se obtuvieron los datos de interés necesarios para la investigación. La investigación se desarrolló tomando en cuenta solo muestras obtenidas de la zona de roca filita ya que esta zona se encuentra en explotación y la mayoría de los proyectos de perforación diamantina para el aumento de recursos están direccionadas hacia la zona de roca filita y no hacia la zona de roca volcánica, por lo tanto, no se obtuvieron muestras de esa zona y la falta de reportes internos y descripción más detallada de la mineralogía de la veta 722.		Caracterizar la paragénesis de la veta 722 a través de la caracterización mineragráfica, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya.	Mediante la caracterización mineragráfica de la veta 722 influyen significativamente en el conocimiento paragenético.	Paragénesis	El método aplicado para desarrollar la presente investigación, es el método científico desde un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), se utilizará un conjunto de procedimientos lógicos, que sigue la investigación para descubrir las relaciones internas y externas de los procesos naturales. Se realizará un enfoque cualitativo; describiendo y explicando la mineralización de la veta 722 (macro y microscópicamente) mediante la toma de muestras in-situ de las perforaciones y cuantitativa mediante la utilización de porcentajes (tanto macro y microscópicamente) para la interpretación de la probable secuencia paragenética y zoneamiento.	• La veta tiene como base el centro de anticlinal Chumpe, por lo tanto, la zonificación de los fluidos mineralizantes es comparable con de la veta San Cristóbal, está en relación directa con la secuencia paragenética; es decir, las bandas y reemplazamientos de los diferentes minerales corresponden a diferentes fases de mineralización, llegando a deducir un aumento de Ag en la zona media y alta representados por los sulfosales mientras se queda constante en la zona media y baja por lo general la presencia de sulfuros de Pb, Zn, Cu (galena, esfalerita, calcopirita) respectivamente en un zonamiento vertical.
¿Cuál es la paragénesis de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?			Describir la zonificación en base a la caracterización mineralógica de la veta 722, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya .	Mediante la caracterización mineragráfica se conocerá con más detalle la zonificación en base a la mineralogía en la veta 722.	Zoneamiento.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	
¿Cómo es la zonificación de la veta 722 en base a la mineralización, U.E.A. San Cristóbal – Yauli la Oroya?						Cuando se analiza un determinado fenómeno como los minerales presentes en la veta 722, el diseño de investigación es netamente descriptiva que implica observar y describir el fenómeno sin influir sobre él de ninguna manera.	