

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA



“LA CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA DE
MINERALES EN LA PARAGÉNESIS DEL
YACIMIENTO SHALIPAYCO”

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de Ingeniero
Geólogo**

Presentado Por:

Bach. ESPINOZA BRUNO Miguel Angel

CERRO DE PASCO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA**



**“LA CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA DE
MINERALES EN LA PARAGÉNESIS DEL
YACIMIENTO SHALIPAYCO”**

TESIS

**Para Optar el Título Profesional de Ingeniero
Geólogo**

Presentado Por:

**Bach. ESPINOZA BRUNO Miguel Angel
SUSTENTADO Y APROBADO ANTE LOS JURADOS**

**Dr. Magno LEDESMA VELITA
PRESIDENTE**

**Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO**

**Mg. Luis Arturo LAZO PAGAN
MIEMBRO**

**Dr. Vidal CALSINA COLQUI
ASESOR**

DEDICATORIA:

A mi Madre SIMONA, por su ejemplo de constancia, humildad y sacrificio, mostrándome el camino, cuyo resultado es lo que soy ahora.

A toda mi querida familia por su apoyo incondicional.

Resumen

La empresa Votorantim S.A. realiza la entrega de 51 muestras de testigos de perforación diamantina al laboratorio de la PUCP, para que se realice los procesos de análisis químico y un estudio mineralógico bajo el microscopio óptico, con el fin de identificar las principales fases portadores de metales de interés (Zn, Pb, Ag) y metales contaminantes (As en particular), con los resultados reportados se ha determinado la paragénesis del yacimiento.

Por cada muestra se ha preparado una lámina delgada cubierta para estudio de minerales transparentes (ganga) y una sección pulida para estudio de minerales de mena u otros minerales opacos.

Se realiza las descripciones mineralógicas de lámina delgada y de las secciones pulidas, para luego determinar las relaciones con las alteraciones y la mineralización económica.

En los trabajos realizados en las zonas mineralizadas del proyecto Shalipayco, se han reconocido en la roca huésped variaciones en la textura, permeabilidad y composición, alteraciones diagenéticas y epigenéticas que contribuyeron a la mineralización de Zn, Pb, y Ag en los mantos.

La presente tesis describe las características microscópicas de rocas y minerales relacionándolas a la paragénesis y alteraciones del yacimiento de Shalipayco.

Abstract

The company Votorantim S.A. performs the delivery of 51 diamond drill core samples to the PUCP laboratory, to carry out the chemical analysis processes and a mineralogical study under the optical microscope, in order to identify the main stages carriers of metals of interest (Zn, Pb, Ag) and metal contaminants (As in particular), With the results reported has been determined the paragenesis of the deposit.

For each sample a thin covered sheet was prepared for the study of transparent minerals (gangue) and a polished section for the study of ore minerals or other opaque minerals.

The mineralogical descriptions of thin sheet and polished sections are made, to then determine the relationships with the alterations and the economic mineralization.

In the works carried out in the mineralized zones of the Shalipayco project, variations in the host rock have been recognized in the texture, permeability and composition, diagenetic and epigenetic alterations that contributed to the mineralization of Zn, Pb, and Ag in the mantles.

This thesis describes the microscopic characteristics of rocks and minerals relating them to the paragenesis and alterations of the Shalipayco deposit.

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
RESUMEN	ii
INTRODUCCIÓN	vi
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3. OBJETIVOS	1
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	1
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES EN LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.6. LIMITACIONES	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	4
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. SECCIONES PULIDAS	6
2.2.2. MICROSCOPIO PETROGRÁFICO	7
2.2.3. PARTES DEL MICROSCOPIO.....	8
2.2.4. ACCESORIOS PARA MEDICIÓN CUANTITATIVA.....	18
2.2.5. CUIDADO E INSTALACIÓN DE SECCIONES PULIDAS	19
2.2.6. REFLECTANCIA	22
2.2.7. BIRREFLECTANCIA Y PLEOCROÍSMO.....	23
2.2.8. REFLEXIONES INTERNAS	26
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	27
2.4. HIPÓTESIS GENÉRICOS Y ESPECÍFICOS	33
2.5. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	34
2.5.1. VARIABLES INDEPENDIENTES	34
2.5.2. VARIABLES DEPENDIENTES.....	34
CAPITULO III: METODOLOGÍA	35
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2. POBLACIÓN MUESTRA	35
3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	36

3.5. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	37
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	38
4.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	38
4.2. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA	39
4.3. GEOMORFOLOGÍA Y RASGOS FISIOGRÁFICO.....	39
4.4. GEOLOGÍA REGIONAL	41
4.5. GEOLOGÍA LOCAL.....	53
4.5.1. ESTRATIGRAFÍA.....	55
4.5.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	61
4.5.3. MINERALIZACIÓN	64
4.5.4. CONTROLES DE MINERALIZACIÓN	70
4.5.5. CONTROL ESTRATIGRÁFICO.....	71
4.5.6. CONTROL LITOLÓGICO	74
4.5.7. CONTROL ESTRUCTURAL.....	74
4.6. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA DE LA MINERALIZACIÓN	75
4.6.1. ROCAS ORIGINALES.....	75
4.6.2. SECUENCIA PARAGENÉTICA.....	76
4.6.3. MINERALES PORTADORES DE PLATA.....	79
4.6.4. MINERALES PORTADORES DE ARSÉNICO.....	80
4.6.5. MINERALES PORTADORES DE MANGANESO	81
4.7. TEXTURAS	83
4.8. MODELO GEOLÓGICO	91
CONCLUSIONES:	93
RECOMENDACIONES:	94
BILIOGRAFÍA	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

El yacimiento Shalipayco se localiza en la zona central andina del Perú que comprende partes de la región Junin y Pasco entre los distritos de Carhuamayo y Paucartambo respectivamente, siendo la parte de mayor extensión los terrenos que comprende el distrito de Carhuamayo, el proyecto se encuentra a una altitud variable entre los 4200 y 4800 m.s.n.m. La geología del proyecto se caracteriza por afloramientos de rocas carbonatadas del Grupo Pucará que suprayacen a las rocas volcanoclásticas del Grupo Mitu (Pérmico).

El yacimiento Shalipayco se encuentra en una etapa de exploración e investigación geológica de este modo, una de las herramientas necesarias que es muy común para la recolección de información a partir de testigos diamantinos, es la microscopia de minerales, con ella es posible observar y describir las características físicas de un cuerpo mineral a una escala microscópica, como la textura, estructura, color, modo de agregación, exfoliación, etc.; tanto para secciones delgadas y pulidas; para con ello llegar a obtener resultados que nos ayudan a comprender mejor este yacimiento mineral.

Con la interpretación de los resultados de microscopia de secciones delgadas y pulidas, es posible darle un enfoque sistemático y comprensivo de la génesis y evolución de los diferentes procesos involucrados en la formación de depósitos de minerales, metalotectos, depósitos no metálicos, facies sedimentarias, facies ígneas, y facies sedimentarias.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Es necesario conocer las fases del proceso de mineralización de los mantos del Yacimiento Shalipayco que contribuyeron en su posible génesis.

Conocer las características mineralógicas utilizando el microscopio óptico, contribuiría a determinar las fases del proceso de génesis del yacimiento, para luego procurar delimitar la paragénesis del mismo.

La paragénesis de un yacimiento nos ayuda a determinar la posible génesis de un yacimiento, por lo que es necesario realizar esta caracterización para conocer la mineralización del yacimiento.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema principal

¿La caracterización microscópica de minerales determina la paragénesis del yacimiento Shalipayco?.

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características geológicas del yacimiento?.
- ¿Cuáles son las características microscópicas de los minerales económicos en el yacimiento?.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente tema de investigación hemos trazado el siguiente objetivo:

1.3.1. Objetivo General

Conocer las características microscópicas de los minerales para determinar la paragénesis del yacimiento Shalipayco.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la geología del yacimiento.
- Conocer las características microscópicas de la mineralización.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación se justifica, porque se tiene las muestras de rocas y minerales de testigos que se requieren ser descritos y caracterizados para poder determinar la paragénesis del yacimiento y con ello ver las posibilidades de mineralización del yacimiento y la posible profundización de la misma.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

La importancia y los alcances de realizar esta tesis es mejorar las relaciones implícitas en cuanto a la ciencia, tecnología y la sociedad; por lo que se tiene en cuenta la importancia por los siguientes aspectos:

- **En cuanto a la ciencia**

Los depósitos de tipo Mississippi Valley se emplazan en rocas carbonatadas bituminosas en un ambiente rédox por lo que es necesario conocer la paragénesis del mismo, para entender los procesos de formación del yacimiento.

- **En cuanto a la técnica**

La microscopía de minerales se han utilizado para determinar la secuencia de fases de mineralización en este caso para los depósitos de Mississippi Valley Type.

- **En cuanto a la Sociedad**

El Yacimiento Shalipayco se encuentra ubicado en el distrito de Carhuamayo, provincia de Junín, la influencia del proyecto ayudara en forma directa al crecimiento y desarrollo de los pueblos y comunidades que se encuentran en el ámbito del yacimiento.

1.6 LIMITACIONES

La escasa información sobre los yacimientos MVT.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El área de estudio se localiza en la zona central andina del Perú a una altitud variable entre los 4200 y 4800 m.s.n.m. La geología del proyecto se caracteriza por afloramientos de rocas carbonatadas del Grupo Pucará (Fm. Chambará, Fm. Aramachay y Fm. Condorsinga) que suprayacen a las rocas volcanoclásticas del Grupo Mitu (Pérmico).

El área de Shalipayco y sus inmediaciones fue inicialmente trabajada en la época de los españoles según informes de CEDIMIN S.A., 1985.

Entre los años 1924 y 1955 Laughlin y geólogos de la “Cerro de Pasco Corporation” visitaron la zona, resaltando sus posibilidades económicas. En 1959 B. Macbire consideró al Manto Principal (Manto Resurgidora) como un yacimiento de gran tonelaje pero con contenidos metálicos bajos.

En 1965 los geólogos de la “Cerro de Pasco Corporation”, por encargo del Sr. Alessio Sibille y la Cía. Concentradora Quiulacocha, realizaron una evaluación del área de Shalipayco con el siguiente resultado: 144,050TC de mineral probado.

Por recomendaciones de B. Macbire (1971) y M. Schmitt (1974), J.G. Michaud (1974) se realizaron las investigaciones en Shalipayco y se definió tres niveles portadores de mineralización de Pb-Zn-Ag dentro de los primeros 500 metros de la Formación Chambará. Este mismo autor recomendó un programa de investigaciones el que terminó en 1984 (CEDIMIN S.A., 1985).

Entre los años 1975 y 1979 la Cía. Minera Huarón realizó 12 sondajes diamantinos; se desconoce los resultados de este programa.

En 1989 L. Fontboté y J. Merino realizaron un estudio sedimentológico y litoestratigráfico, que fue complementado con las investigaciones de S. Rosas (1994). Determinaron que la formación Chambará tiene 622 m. de potencia y se compone casi exclusivamente de dolomías intercaladas con pocas dolomías calcáreas, calizas dolomíticas, y calizas. Dentro de la Formación Chambará se presenta mineralización en mantos tipo Mississippi Valley en tres posiciones estratigráficas distintas; La primera directamente sobre el Grupo Mitú, la segunda aproximadamente entre los 140 y 200 m. de la columna, y la tercera entre 460 y 480 m. de la columna en bancos oolíticos y “algal mats” Dolomita de tamaño de cristal muy grueso, asociada a esos mantos, se considera parte de los procesos que dieron lugar a la mineralización.

Muñoz (1996) en colaboración con K. Meder, por encargo de la Cía. Australiana Minera North, elaboró el documento de trabajo “Proyecto para la evaluación de las mineralizaciones relacionadas al Grupo Pucará en el Área de Shalipayco-Ullupán- Ullumayo (Junín-Pasco)”, en donde propuso la necesidad de llevar adelante un programa de exploraciones por yacimientos del tipo Mississippi Valley en el área citada.

En el año 2008, “Votorantim Metais” y “Panamerican Silver” generan un Join Venture y así Votorantim Metais comenzó los trabajos de exploración (geoquímica, mapeo geológico, perforación diamantina e interpretaciones). La mineralización de Zn-Pb-Ag ocurre principalmente en mantos. Los mantos están asociados a niveles de dolomitas de tamaño de cristal medio a grueso y en algunos a fallas de rumbo N-S y N-E. La mena principal es la esfalerita y galena.

A la fecha se realiza una exploración con pozos de sondeo por encargo de Votorantim Metais para obtener información sobre los controles de mineralización y las importantes texturas que directamente se relacionan a la mineralización, y así obtener una mejor comprensión de los controles que

ayudara a los criterios de identificación para la exploración de los depósitos Mississippi Valley Type.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SECCIONES PULIDAS



Figura 1: Sección pulida

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE SECCIONES PULIDAS

1. Se obtiene la muestra del afloramiento que se desea realizar el estudio minerográfico, luego se marca con un círculo el área de interés de la muestra.
2. Luego se realiza el corte de la muestra, con una cortadora de disco adiamantado.
3. Posteriormente se desbasta una de las caras, utilizando polvo de carburo de silicio.
4. Sobre la cara pulida se pega la porta, utilizando epoxi y haciendo presión para que no queden burbujas.
5. Luego se los coloca sobre una plancha caliente unos minutos, una vez pegados los tacos ya están preparados para cortar.

6. Antes de cortar el taco marcaremos con un lápiz de diamante, el área de interés de la muestra.
7. Finalmente se realiza el corte del taco con la cortadora, sacando una lámina de 7mm de espesor.

2.2.2. MICROSCOPIO PETROGRÁFICO

El microscopio petrográfico es una herramienta de gran utilidad para la identificación de minerales a través de sus propiedades ópticas y sus relaciones texturales con otros minerales (SGM, 2013). Esta herramienta suministra una imagen aumentada de un objeto colocado en la platina; este aumento se produce debido a la combinación de dos grupos de lentes: (a) el objetivo, produce una imagen nítida y clara, y (b) el ocular, amplifica la imagen (Klein, 2006).

Para definir, el microscopio petrográfico es necesario entender el mecanismo del microscopio de polarización. El microscopio de polarización es un tipo de microscopio compuesto el cual está formado por una combinación de lentes, y a través de ellos se logra obtener una imagen virtual, invertida y más grande, y si a éste se le añade dos polarizadores y una platina giratoria, entonces se estaría definiendo un microscopio petrográfico.

En el microscopio petrográfico, el primer polarizador se ubica antes de la muestra, para de esta forma estudiar los objetos con luz linealmente polarizada. La platina giratoria permite girar a la muestra y de esta forma la dirección de vibración de la luz linealmente polarizada incide en la muestra con diferentes orientaciones.

El polarizador superior (analizador) se ubica entre la muestra y el ocular permitiendo analizar si el mineral estudiado es capaz de hacer variar la dirección de la luz linealmente polarizada incidente.

El microscopio petrográfico utiliza luz polarizada (producida por un polarizador), a este tipo de luz se le denomina luz polarizada plana (PPL). Para determinadas propiedades se emplea un segundo polarizador llamado analizador, se representa como luz polarizada cruzada (XPL). y que se puede interponer a voluntad (“nícoles cruzados”), permitiendo analizar otro tipo de características y propiedades en la misma muestra (SGM, 2013).

Por ello, el microscopio petrográfico representa el método más usual para el estudio de los minerales constituyentes de las rocas.

Esta técnica consiste en analizar los fenómenos que ocurren cuando la luz polarizada pasa a través de los minerales.

Para el análisis de minerales translúcidos la fuente de luz proviene de la parte inferior de la platina, atravesando la muestra hasta llegar al objetivo; a esta configuración se le denomina luz transmitida. Para poder estudiar una muestra en el microscopio petrográfico es necesario preparar una lámina delgada del material a analizar, ya sea una roca, suelo, sedimento, etc.

No obstante, los minerales opacos también presentan propiedades ópticas características, pero en este caso su análisis se hace bajo condiciones de luz reflejada; es decir, se requiere de una fuente de luz en la parte superior de la platina, para provocar que el haz de luz se refleje en la superficie pulida (Klein, 2006). Para la observación de dichos minerales se usan superficies pulidas de la roca o material a analizar.

2.2.3. PARTES DEL MICROSCOPIO

Para un mejor reconocimiento de las partes del microscopio, se les divide en dos grupos. El primer grupo compuesto por el Sistema Mecánico, que se encuentra en contacto directo con el especialista y de fácil manipulación.

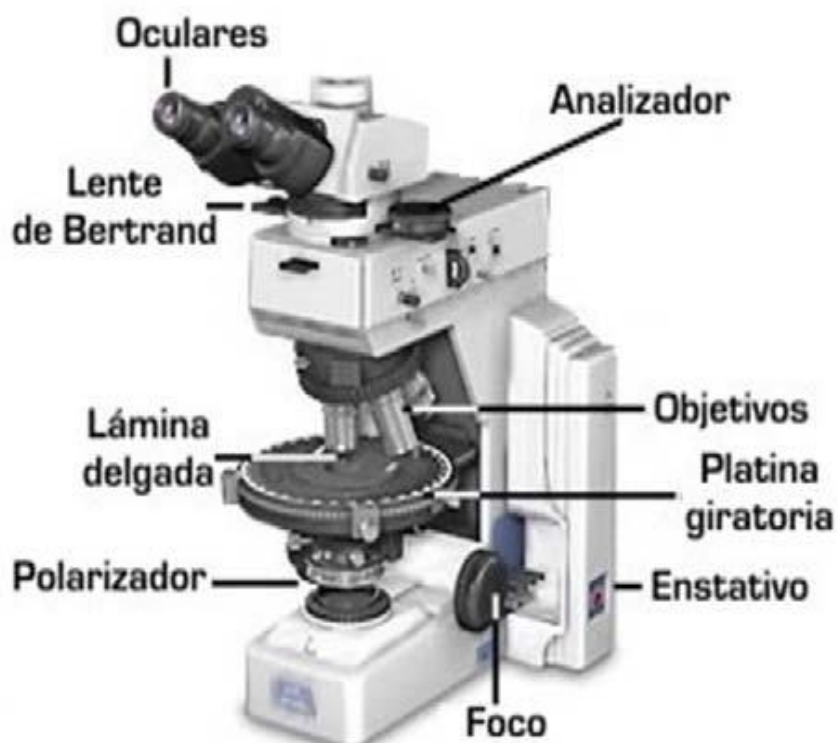


Figura 2: Microscopio de luz transmitida.

El segundo grupo es el Sistema Óptico, que es la parte más frágil del microscopio, por lo que el especialista debe tener cuidado al momento de su manipulación.

Microscopia con luz reflejada

Se emplea para el estudio de minerales opacos, es decir, cuerpos que no dejan pasar luz. Estos minerales presentan:

- Absorción alta.
- Índice de refracción mayor a 2,4.
- Reflectancia alta.

Salvo algunas excepciones, la mayoría de ellos ocurre en yacimientos metálicos.

En microscopia de luz reflejada nos referimos con el término mena a los minerales opacos, y con el término ganga, a los transparentes o translúcidos que acompañan a los primeros.

En cambio, en contextos de mineralogía o de yacimientos, usamos el término mena para referirnos al mineral del cual se pueda extraer metal en forma económicamente rentable, y usamos el término ganga para los minerales acompañantes sin importancia económica. En muchos casos, ambos pares de significados se corresponden.

IMPORTANCIA

Es una técnica muy importante, sobre todo para investigación de yacimientos metálicos. Permite:

- Determinar a los minerales de mena.
- Relaciones geométricas (texturas y estructuras).
- Secuencia paragenética o el orden de aparición y las alteraciones, entre otras características.

De esta manera, se obtiene información base para el planteamiento de modelos genéticos de yacimientos o para guiar adecuadamente el tratamiento metalúrgico.

DISPOSITIVOS DE UN MICROSCOPIO PETROGRÁFICO

El microscopio de polarización de luz reflejada requiere de un dispositivo que ilumine la sección pulida verticalmente hacia abajo.

Dicho dispositivo, conocido como tubo iluminador de luz reflejada, consta de una fuente luminosa, un vidrio mate, un filtro azul, un condensador, un diafragma de apertura, un diafragma de campo luminoso, un polarizador y un sistema que desvía los rayos hacia la muestra.

Finalmente, se requiere de objetivos diferentes a los usados con luz transmitida.

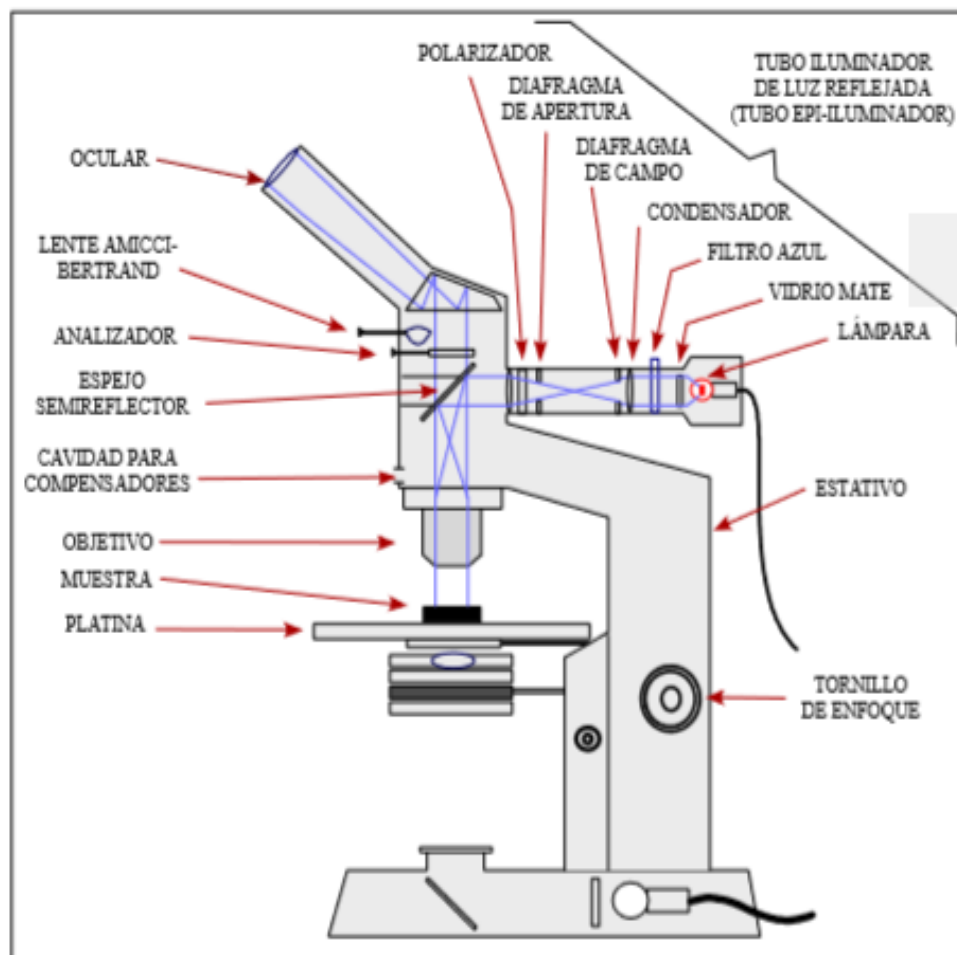


Figura 3. Partes del microscopio petrográfico.

Fuente luminosa

La fuente luminosa es normalmente una lámpara incandescente de bajo voltaje (6V) y potencia variable, entre 5 W (lo suficiente para trabajar en nícoles paralelos) y 15 W (lo necesario para trabajar con nícoles cruzados). Para trabajar con luz blanca, especialmente para fotomicrografía, se utilizan lámparas de xenón de alta presión y para trabajar con luz monocromática se emplean filtros o monocromadores.

Diafragmas

El diafragma de apertura permite regular el ángulo del haz de rayos hasta que alcance los límites impuestos por el ángulo de apertura del objetivo.

El diafragma de campo obstaculiza el paso de los rayos externos del haz y permite así reducir o ampliar el área de observación.

Existe, además, un diafragma opcional (el diafragma de guillotina), que sirve para eliminar la mitad del cono de luz que no interviene en la formación de la imagen.

Sistemas de iluminación vertical

Existen dos formas de iluminar verticalmente la muestra: con campo claro y con campo oscuro.

Iluminación con campo claro

Es la que se utiliza normalmente. En esta modalidad, la luz incidente pasa por el objetivo hacia la muestra, se refleja en ella verticalmente y pasa nuevamente por el objetivo hacia el ocular. Para ello, se utiliza alguno de los siguientes accesorios:

Los fabricantes de microscopios emplean actualmente el espejo semirreflector y el prisma de Berek, con un sistema que permite intercambiarlos fácilmente.

El espejo semirreflector

Es una lámina que ocupa toda la sección transversal del microscopio. Los rayos inciden perpendicularmente sobre la muestra, obteniéndose de esta manera una imagen plana.

El espejo semirreflector resulta especialmente apropiado para estudiar minerales isótricos de alta reflectancia y para observación con luz conoscópica y fotomicrografía.

Ventaja

Es que aprovecha totalmente la apertura del objetivo, por lo que es preferible su utilización en caso de observación con grandes aumentos.

Desventaja

- Su principal desventaja es que aprovecha sólo 10% de la intensidad de la luz, el resto se pierde en la refracción y la reflexión indeseadas al pasar los rayos luminosos del iluminador a la muestra y de la muestra al ocular, respectivamente.
- La luz incidente linealmente polarizada se transforma en elípticamente polarizada.

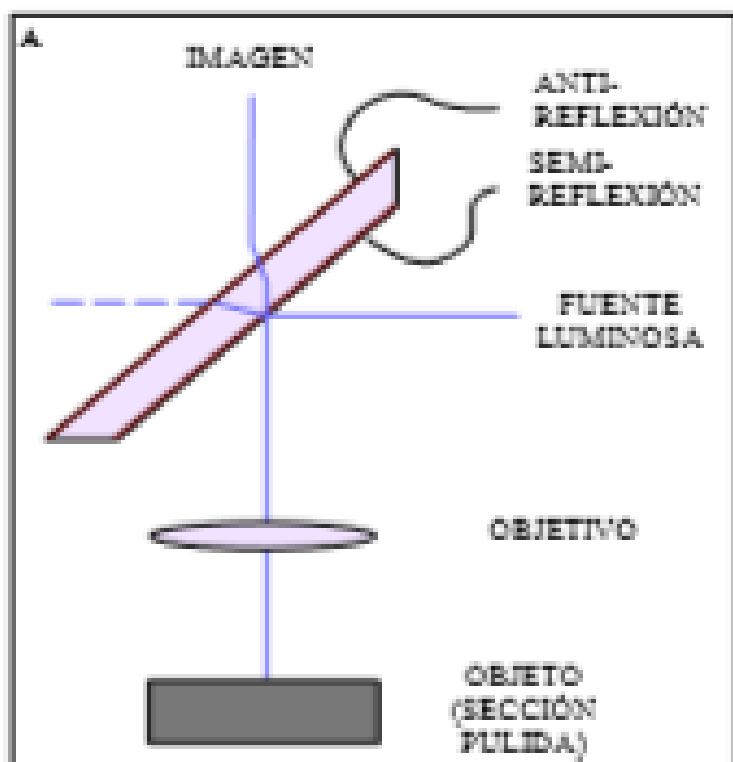


Figura 4. Espejo semirreflector.

El prisma de reflexión total.

Es un prisma de vidrio de sección triangular que ocupa la mitad de la sección transversal del tubo.

Ventaja

Es que la pérdida de la intensidad de la luz es mínima, ya que los rayos inciden perpendicularmente a las caras del prisma.

Desventajas

- Son la pérdida de resolución en la parte central del campo.
- Marcada despolarización de la luz.
- El prisma de reflexión total se utiliza para el estudio de minerales opacos de reflectancia alta o baja y para determinaciones cualitativas.

El prisma triple reflector o prisma de Berek.

Es un prisma de vidrio de sección trapezoidal y de índice de refracción igual a 1,737, que ocupa la mitad de la sección transversal del tubo. Los rayos que inciden en la muestra son ligeramente oblicuos, lo cual permite obtener una imagen con relieve.

Ventajas

- Pérdida mínima de la intensidad de la luz.
- conservación del estado de polarización.

Desventaja

- Es la pérdida de resolución en la parte central del campo.
- El prisma de Berek se utiliza para estudio de minerales opacos de reflectancia alta o baja y para observaciones de minerales anisótropos, especialmente cuando se trata de determinaciones cuantitativas.

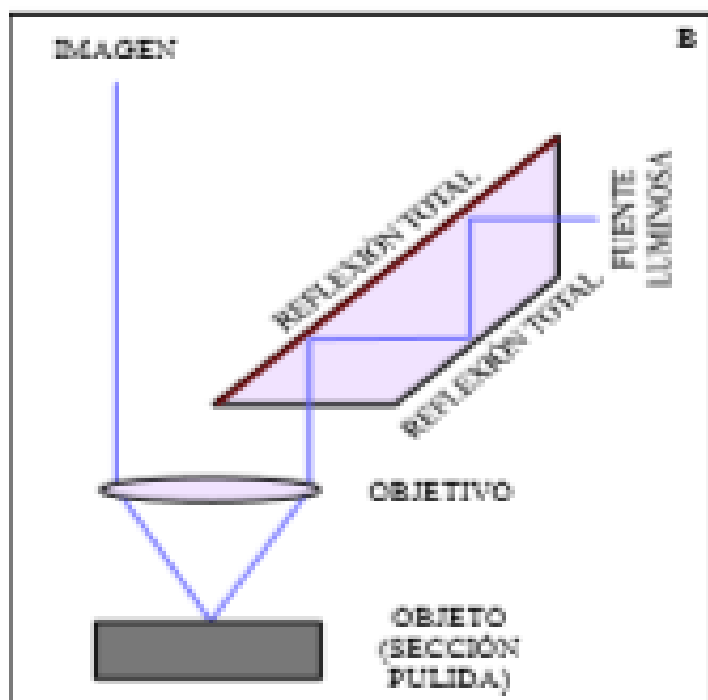


Figura 5. Prisma triple reflector o prisma de bereck.

El reflector de Smith.

Es un dispositivo algo complicado. Los rayos provenientes del iluminador se reflejan en un espejo e inciden en un espejo semirreflector con una inclinación adecuada para desviarlos verticalmente hacia la muestra. La iluminación es perpendicular, de esa manera, se obtiene una imagen plana.

Ventajas

- Pérdida mínima de intensidad de la luz.
- Conservación del estado de polarización.
- Aprovechamiento total de la apertura del objetivo.

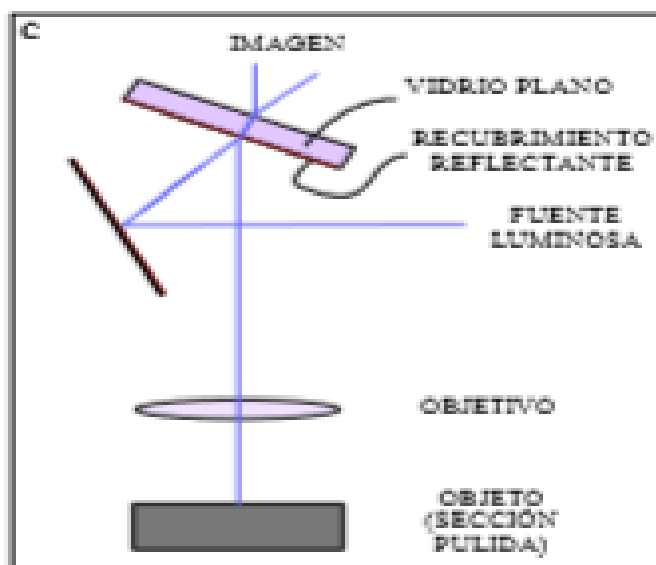


Figura 6 Reflector de smith

Iluminación de campo oscuro

La luz no atraviesa el objetivo en su camino hacia la muestra, sino que gracias a un condensador de forma de corona dispuesto concéntrica y externamente al objetivo, los rayos inciden en forma oblicua sobre la muestra y se reflejan en forma difusa magnificando los contactos, los clivajes, las inclusiones y las estructuras en general.

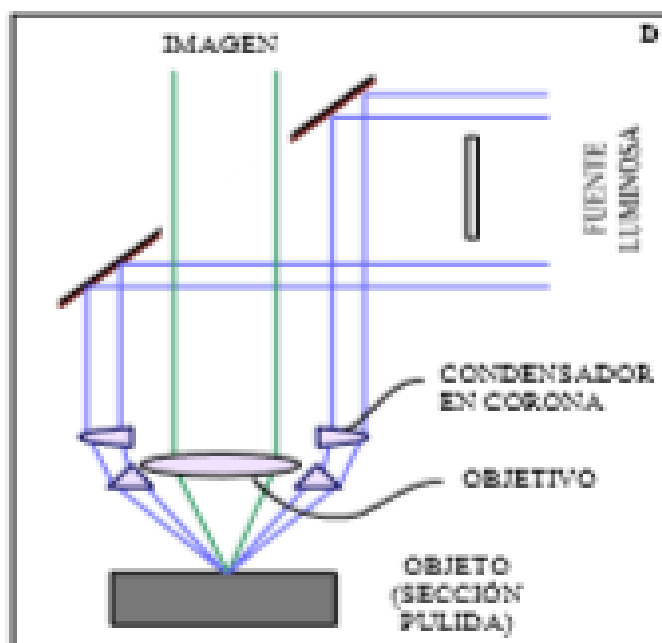


Figura 7. Iluminación en campo oscuro.

Objetivos para observación con luz reflejada

Los objetivos para observación con luz reflejada presentan corrección por longitud del tubo vertical diferente a la de los objetivos para luz transmitida (el tubo vertical del microscopio de luz transmitida mide 160 mm, mientras que el correspondiente de luz reflejada mide 210 mm). Además, los objetivos para luz reflejada, a diferencia de los empleados para luz transmitida, carecen de corrección por cubre objeto, ya que las secciones pulidas son preparados descubiertos.

Otra característica importante de los objetivos para luz reflejada es que, a efecto de asegurar una correcta determinación cuantitativa, deben estar totalmente libres de polarización (la polarización de los lentes puede originarse por birrefringencia anómala, como en el caso de los lentes de fluorita, o por tensiones del vidrio o presión durante el montaje de los lentes).

Los objetivos para observaciones con luz reflejada y campo claro más usados son los acromáticos, los de fluorita y los apocromáticos. Todos ellos presentan variedades especiales para trabajar con líquidos de inmersión.

Los objetivos acromáticos presentan una corrección por aberración cromática y esférica; son adecuados para aumentos de bajos a medianos, y para mediciones cualitativas y cuantitativas.

Los objetivos de fluorita presentan una corrección por aberración esférica mejor que la de los objetivos acromáticos, pero no están libres de tensiones que causan polarización. Son muy usados para fotomicrografías, pero no son adecuados para mediciones ópticas.

Los objetivos apocromáticos presentan varios lentes de fluorita y están ampliamente corregidos por aberración esférica, curvatura de imagen y distorsión. Son los objetivos de más alta calidad óptica. Se usan para grandes aumentos y para observación con inmersión; sin embargo, las

inevitables tensiones de los lentes de fluorita, los hacen inadecuados para mediciones ópticas.

Para observación con luz reflejada y campo oscuro, se utiliza el sistema iluminador vertical (objetivo ultrapok de Leitz), representado en última figura.

Limpieza de los objetivos

Los objetivos en general son accesorios muy delicados y deben ser tratados con mucho cuidado. Para su limpieza debe emplearse suavemente un pincel seco de pelo de camello y, luego de haber sido usados con aceite de inmersión, deben limpiarse con papel especial para lentes (o papel kleenex) humedecido en tolueno o en xileno (de ninguna manera, debe emplearse alcohol).

2.2.4. ACCESORIOS PARA MEDICIÓN CUANTITATIVA

El color y la reflectancia de un mineral son características ópticas susceptibles de ser medidas cuantitativamente. Para este fin se requiere estabilizadores de corriente de alta sensibilidad, monocromadores e instrumentos especiales de detección, como microfotómetros, células fotoeléctricas o fotomultiplicadores electrónicos. También son necesarias muestras patrón que permitan calibrar el equipo.

Entre las propiedades físicas que pueden ser medidos cuantitativamente tenemos la microdureza Vickers. Esta propiedad se refiere a la resistencia que ofrece un cuerpo a ser penetrado por otro. Para su medición existen microdurímetros insertables en la posición del objetivo; el más usado es el MHP-100 de Carl Zeiss Jena. Estos accesorios consisten en un objetivo con alta corrección por distorsión de imagen y una pequeña barra de metal con punta de diamante piramidal, engastada en la parte inferior y central del microdurómetro (debajo del último lente). Mediante un sistema hidráulico, la punta de diamante incide en la muestra dejando una huella, cuya forma y dimensión permite calcular la microdureza Vickers del mineral.

2.2.5. CUIDADO E INSTALACIÓN DE SECCIONES PULIDAS

Las secciones pulidas, por tratarse de preparados descubiertos, sufren con relativa facilidad cambios químicos (oxidación) o físicos (rayado), por este motivo se debe tener un especial cuidado en el mantenimiento. Para su limpieza debe utilizarse papel kleenex seco o humedecido en tolueno, en xileno o en alcohol. Una muestra oxidada o muy rayada debe ser nuevamente pulida, para lo cual se emplearán suspensiones de alúmina de granulometría adecuada al rayado o al grado de oxidación.

Previamente a la instalación de la muestra sobre la platina, debe colocarse ésta sobre un porta muestra con plastilina y presionar el conjunto con una prensa bien centrada, de esta manera, la superficie pulida quedará dispuesta paralelamente a la superficie de la platina.

Observación con líquidos de inmersión

Las observaciones con líquidos de inmersión permiten obtener imágenes más nítidas y mejores contrastes entre minerales, pero notaremos también ciertos cambios en las propiedades de éstos.

- Veremos el color diferente al observado en seco.
- La reflectancia será menor.
- La birreflectancia, pleocroísmo y anisotropía mayores.
- Las reflexiones internas se verán más intensas.

En las tablas determinativas se consideran estos cambios y se tienen consignadas las propiedades vistas en seco y vistas con líquidos de inmersión.

Después de haber elegido el grano a estudiar, se debe bajar la platina y, sin mover la muestra, se debe colocar el objetivo de inmersión y una gota de aceite de inmersión sobre el grano; luego, se sube la platina hasta que la gota entre en contacto con el objetivo, y finalmente se enfoca observando a través del ocular. Los objetivos de inmersión se reconocen porque tienen una línea negra y la palabra aceite (Oil, Öl) impresa en el tambor.

Al terminar se debe limpiar cuidadosamente el objetivo y la muestra con papel kleenex humedecido en tolueno o xileno. Para la muestra, más no para el objetivo, se puede emplear también alcohol.

Las propiedades ópticas de minerales opacos

Las propiedades ópticas de minerales opacos que se estudian bajo el microscopio son:

a) Con nicoles paralelos

Color, reflectancia, birreflectancia y pleocroísmo.

b) Con nicoles cruzados

Anisotropía y reflexiones internas.

Propiedades medidas cuantitativamente

El color y la reflectancia.

Las tablas del Institute Mineralogical Association-Commission on Ore Mineralogy (IMA-COM) constituyen la mejor referencia de las propiedades cuantitativas de los minerales opacos.

Propiedades ópticas medidas cualitativamente

Son difíciles de determinar con precisión por estar condicionadas por factores tales como las propiedades de los granos vecinos, la intensidad y clase de iluminación, la calidad de las partes ópticas del microscopio, la calidad del pulido, la homogeneidad o heterogeneidad en la composición del grano observado, la orientación cristalográfica, la posición sobre la platina, el grado de alteración de la muestra y el grado de adiestramiento del observador. Por ello, la microscopía de luz reflejada exige un trabajo muy cuidadoso y mucha práctica.

Color y reflectancia

Estas propiedades se refieren, respectivamente, al color de la superficie pulida de un mineral observado con luz reflejada, y a la capacidad

del mineral para reflejar la luz (relación entre la intensidad de la luz reflejada y la de la luz incidente, expresada en porcentaje). Ambas propiedades son fuertemente condicionadas por la iluminación, el color y la reflectancia de los granos vecinos, la calidad del pulido y la composición química del mineral.

En la figura 8 se muestra la curva espectral de reflectancia, es decir, la variación de la reflectancia en función a la longitud de onda del rayo incidente.

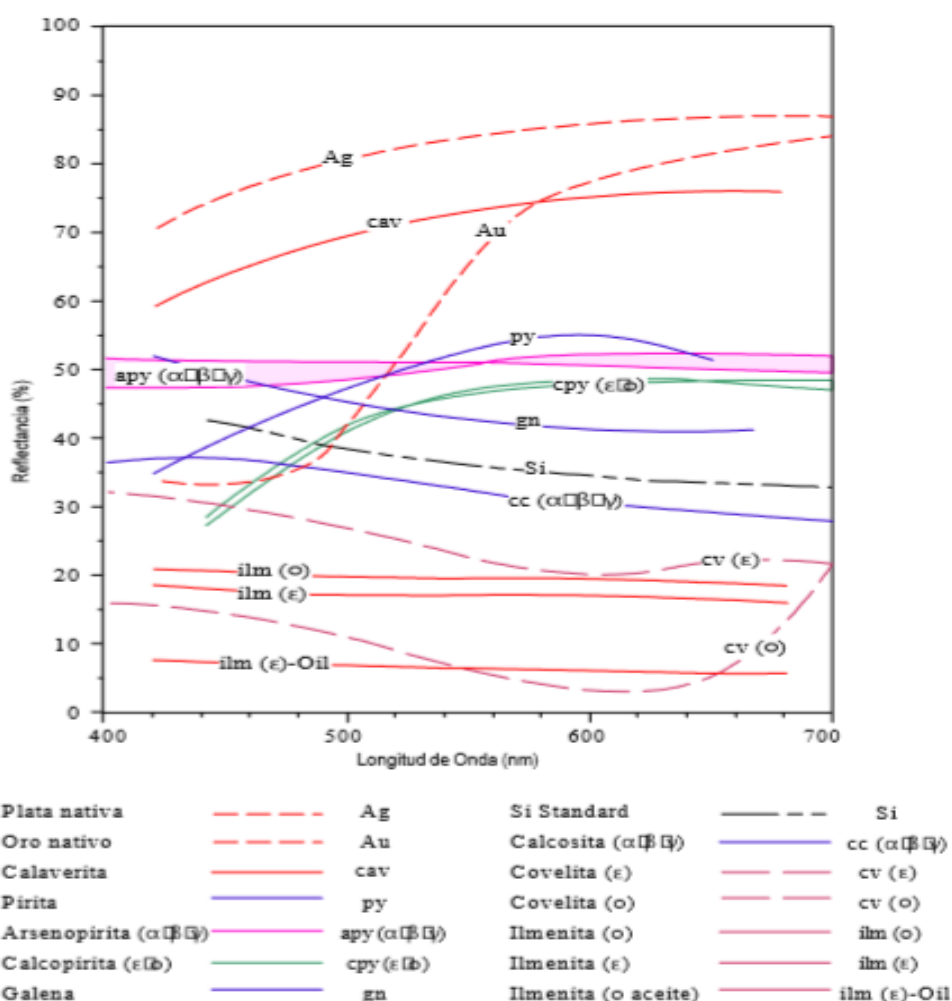


Figura 8. Curvas de dispersión de longitud de onda del rayo incidente de diversos minerales (tomado de Baumann & Leeder, 1991).

En la observación cualitativa es recomendable trabajar con una intensidad de iluminación constante, utilizando además un filtro azul claro; el diafragma debe estar cerrado a tal punto que permita ver sólo el grano que queremos describir y se debe trabajar con secciones bien pulidas. Las

condiciones de observación las podemos calibrar con ayuda de minerales de colores característicos como galena (blanco), pirita (amarillo pálido) o calcopirita (amarillo brillante).

La descripción del color se realiza tomando en cuenta el color principal, la intensidad y la tonalidad (por ejemplo, verde claro amarillento), evitando las comparaciones. La mayoría de minerales de mena son blancos, gris claro o coloreados, pero con tonalidades siempre pálidas.

2.2.6. REFLECTANCIA

Podemos expresar la reflectancia en forma relativa a determinados minerales:

- Reflectancia alta es si ésta es mayor que la de la galena (42.9%), $R > gn$.
- Reflectancia media si es menor que la de la galena y mayor que la de la esfalerita (18.4%), $ef < R < gn$.
- Reflectancia baja si es menor que la de esfalerita. $R < ef$.
- Los minerales de ganga presentan reflectancia muy baja ($< 9\%$) y se ven de color gris.

En la tabla 1 se presentan algunos minerales de colores característicos agrupados por su color.

Tabla 1. Algunos minerales por su color en luz reflejada.

Color	Mineral	Color	Mineral
Blanco a gris blanquecino	Galena Tennantita Arsenopirita	Blanco amarillento	Pirita Marcasita Rutilo
Gris	Esfalerita Cuarzo Ilmenita Magnetita	Amarillo	Oro Nativo Calcopirita
Azul a gris azulado	Covelita Calcosita Digenita	Crema rosáceo	Pirrotita
		Rosáceo, Rojo a marrón	Bornita Cobre nativo Enargita

En la figura 9. Se presenta una lista de minerales ordenados por su reflectancia.

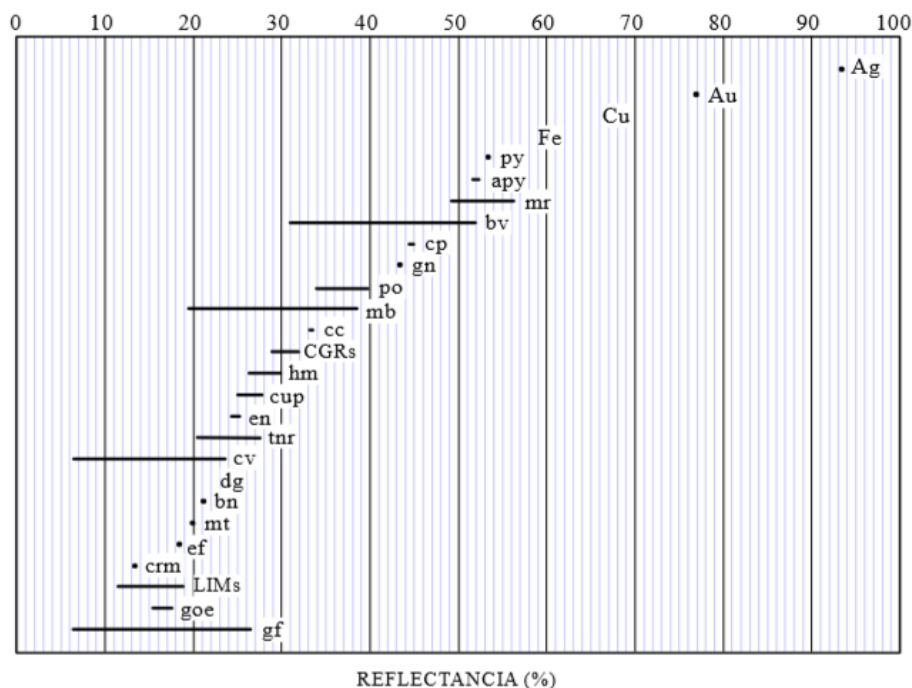


Figura 9. Reflectancia con luz blanca en aire de los principales minerales de mena.

2.2.7. BIRREFLECTANCIA Y PLEOCROISMO

Similar con el índice de refracción de los minerales transparentes, los minerales opacos isótropos presentan un único valor de reflectancia, mientras que en los anisótropos la reflectancia varía según el corte del mineral y su posición sobre la platina. La máxima diferencia de reflectancia de un mineral se conoce como birreflectancia.

En los minerales isótropos, en los anisótropos con corte perpendicular a algún eje óptico y en los anisótropos con birreflectancia inferior a la detectable por el ojo humano, no observaremos cambios en la intensidad de reflexión al girar la platina. En los minerales anisótropos con birreflectancia detectable, observaremos que al girar la platina la intensidad de la luz reflejada varía, y en algunos casos también varía el color o la tonalidad (pleocroísmo).

La birreflectancia y el pleocroísmo son observados en nicoles paralelos, con objetivos de poco aumento y el diafragma de apertura cerrado tanto como sea necesario. El fenómeno es más perceptible en el límite de granos o en los bordes de planos de macla, debido al contraste con individuos del mismo mineral, pero con diferente orientación óptica.

Ambas propiedades se observan mejor con aceites de inmersión; cuanto mayor sea el índice de refracción del líquido, más marcadas se verán estas propiedades.

Podemos calificar a la birreflectancia y al pleocroísmo como muy fuerte, fuerte, medio, débil, muy débil e irreconocible. En la tabla 2 se presentan algunos ejemplos de minerales birreflectantes y pleocroico.

Tabla 2. Birreflectancia y pleocroísmo de algunos minerales observados en aire y con aceite de inmersión.

		En Aire		En Aceite	
		R _{máx} R _{min}	Colores de Pleocroísmo	R _{máx} R _{min}	Colores de Pleocroísmo
Fuerte a muy Fuerte	Grafito	26,4	Blanco gris anaranjado	14,9	Blanco grisáceo marrón
		6,2	Gris azulado oscuro	0,5	Negro aterciopelado
	Covelita	23,7	Azul oscuro	9,9	Púrpura
		7,2	Blanco azulado	1,1	Blanco verdoso
	Molibdenita	38,6	Blanco	24,1	Blanco
		19,5	Blanco grisáceo	7,9	Verde oscuro
Pirrotita	39,9	Marrón grisáceo	26,8	Marrón	
	34,8	Crema amarillento	22,2		
Media	Marcasita	56,2	Amarillo claro	42,3	Amarillo claro
		49,1	Amarillo verdoso	34,3	Amarillo verdoso
	Niquelita	51,4	Amarillo claro rosáceo	38,3	Amarillo claro rosáceo
		46,1		33,2	
	Enargita	25,2	Rosado claro	11,7	Gris con tinte marrón
24,2		con tinte marrón	10,9		
Débil a muy Débil	Arsenopirita	52,3	Blanco amarillento	37,6	Blanco
		51,9		37,2	Crema rosáceo
	Calcopirita	45,0	Amarillo		Amarillo
		44,6			Amarillo tinte marrón
	Calcosita	33,5	Blanco	18,3	Blanco azulado
		33,2	Blanco azulado	17,9	

ANISOTROPÍA

Análogamente a lo visto con la refracción en minerales transparentes, los rayos de luz linealmente polarizados de incidencia normal se reflejan en

superficies pulidas de minerales opacos isótopos sin que varíe la dirección de vibración, en consecuencia, no pasará luz entre nícoles cruzados; mientras que, en minerales anisótopos, los rayos plano-polarizados se reflejan variando la dirección de vibración, por este motivo, pasará luz entre nícoles cruzados (ver figura 10).

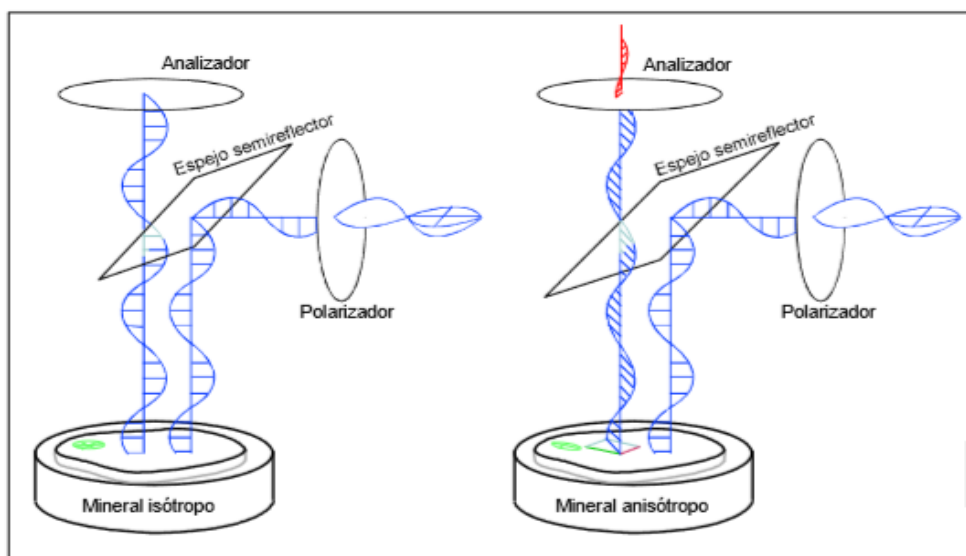


Figura 10. Comportamiento de la luz linealmente polarizada sobre una sección de mineral opaco isótropo y anisótropo.

Definimos la propiedad anisotropía como la luminosidad que presentan los minerales anisótopos entre nícoles cruzados y sus cambios al girar la platina. Dicha luminosidad es generalmente baja, por ello, se debe trabajar con la máxima intensidad de luz y, de ser necesario, se debe retirar el filtro azul. El ambiente de trabajo debe ser oscuro para que la vista se adapte a la baja luminosidad del campo.

En algunos minerales se observará un cambio brusco de luminosidad y hasta de color, aun cuando el campo esté débilmente iluminado. En otros minerales, la anisotropía será reconocida con dificultad.

Los minerales que no muestren luminosidad entre nícoles cruzados pueden ser isótopos, anisótopos con corte especial o minerales con anisotropía por debajo del límite de detección del ojo humano. Hay que

señalar que la incidencia oblicua de luz linealmente polarizada sobre minerales isótropos puede producir anisotropía anómala.

Por deformaciones en la red cristalina, algunos minerales isótropos pueden mostrar anisotropía anómala (como pirita, cobre nativo, cuprita, cobaltina, entre otros). Por ello, la anisotropía debe verificarse en varios granos.

Podemos calificar a la anisotropía como muy fuerte, fuerte, media, débil, muy débil e irreconocible. En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de minerales anisótropos.

Tabla 3. Algunos ejemplos de minerales anisótropos.

Mineral	Anisotropía
Covelita, marcasita, molibdenita	Muy Fuerte
Jamesonita, enargita, pirrotita	Fuerte
Arsenopirita, hematina, ilmenita	Media
Bornita, calcopirita, bournonita	Débil
Calcosita, wurtzita, wolframita	Muy Débil

2.2.8. REFLEXIONES INTERNAS

Cuando la luz penetra en el interior de minerales translúcidos y se refleja en contactos, planos de clivaje, microfracturas o inclusiones, la superficie del grano se verá iluminada con un color relativamente característico para cada mineral. Dicha iluminación se conoce como reflexiones internas.

Los minerales con reflectancia alta, por lo general, no presentan reflexiones internas, mientras que algunos minerales con reflectancia media y la mayoría de minerales con reflectancia baja si los presentan. Cuanto mayor sea la transparencia y menor la reflectancia, más marcadas serán las reflexiones internas.

Las reflexiones internas se observan con nícoles cruzados. Se diferencia de la anisotropía en que no varía cada 90° (extinción) y en que su intensidad es menor.

El color de las reflexiones internas es relativamente característico para cada mineral; sin embargo, existen algunos minerales cuyo color o tonalidad de reflexiones internas varían con su composición, y otros presentan reflexiones internas muy similares entre sí. En la tabla 4 se presentan algunos ejemplos de minerales con reflexiones internas.

Tabla 4. Algunos ejemplos de minerales con reflexiones internas.

Mineral	Reflexiones Internas
Malaquita	Verde intenso
Azurita	Azul a azul oscuro
Oropimente	Amarillo
Escalerita	Amarillo claro hasta pardo rojo
Casiterita	Amarillo, ámbar, algunas veces pardusco
Limonita	Amarillo pardo hasta rojo pardo oscuro
Cinabrio	Rojo bermellón
Wolframita, hematina	Rojo oscuro

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **Roca Hospedante**

Los depósitos Tipo Mississippi Valley están hospedados en rocas calcáreas, usualmente dolomías y menos frecuentemente en calizas. La dolomía es de grano grueso, blanca, que ha reemplazado a una dolomía de grano fino, la cual a su vez ha reemplazado a una caliza. Los cuerpos mineralizados por ejemplo en el depósito de “Pine Point” están encapsulados en una zona discordante entre una dolomita de grano grueso con textura “vuggy” y una dolomita blanca con estructura “silla de montar” y ganga de calcita. El distrito tiene roca de caja mayormente de dolomía de grano fino cristalino y localmente en calizas. “Gays River” es un ejemplo donde se

desarrolla una dolomía temprana con dolomita tipo “sparry” o silla de montar. Al Este de Tennessee, Alpine, y Newfoundland Zinc districts, la dolomía secundaria es localmente desarrollada mientras que en Jubilee (Nova Scotia), el depósito está hospedado exclusivamente en calizas, (David L. Leach, Ryan D. Taylor, David L. Fey, Sharon F. Diehl, and Richard W. Saltus, 2010).

- **Texturas**

Las texturas están relacionadas al relleno de espacios vacíos en brechas, fracturas y poros (vugs). También se observan texturas de reemplazamiento, sedimentos internos y diseminación. Las brechas mineralizadas presentan diferentes texturas:

crackle, brechas y roca-matrix (“trash”), sulfuros y dolomita (sparry y saddle) constituyen el cemento entre los fragmentos. Los sulfuros pueden ser diseminados, masivos y bandeados. La diseminación ocurre en grano fino a grueso en cristales de esfalerita y galena sobrepuesta o con intercrecimiento de dolomita “sparry” cristalina, blanca y de grano grueso como cemento.

La esfalerita de grano grueso aparecen ocasionalmente con textura de tipo “snow on the roof” (Leach and Sangster, 1993; Sangster, 1995). La esfalerita también se presenta en forma de agregados coliformes masivos de grano grueso y cristales botroidales de grano fino laminados.

Las texturas de reemplazamiento en dolomitas, puede consistir de pirita, esfalerita y galena masiva que reemplaza a la dolomita a lo largo de planos de falla o formar mantos, también la mineralización masiva de sulfuros en cuerpos de brechas y vetillas de sulfuros, también se puede dar el reemplazamiento selectivo de mineral y relleno en estilolitos, así como también el reemplazamiento selectivo de calizas bioturbadas por una dolomita hidrotermal produciendo un pseudobrechamiento en la roca por dolomita hidrotermal forma textura tipo “cebra”.

- **Composición química de las zonas mineralizadas**

El Zn y Pb son los elementos primarios en un yacimiento Tipo Mississippi Valley.

- Subproductos: Plata, cadmio, germanio, cobre barita, y fluorita.
- Minerales traza: arsenopirita, bornita, calcopirita, celestina, calcosina, covelina, digenita, diurelta, molibdenita, pirrotina, renierita, siegenita, marcasita, millerita, entre otros.
- Elementos asociados: As, Cu, Co, Ni, Cd, Ag, In, Ge, Ga, Sb, Bi, As, Mo, Sn, and Au. Co, Ni, y Co son elemento accesorios que pueden diagnosticar la presencia de un yacimiento Tipo Mississippi Valley.

- **Procesos tectónicos**

Leach et al. (2001a) relaciona enlaces genéticos entre mineralización tipo Mississippi Valley y los procesos tectónicos a escala regional y global. Es ahora claro que los depósitos Tipo Mississippi Valley son el producto de enormes sistemas hidrotermales que mineralizan grandes áreas principalmente en los bordes de cuencas donde la migración de fluidos interactúa con rocas calcáreas.

En Norte América, los depósitos Tipo Mississippi Valley han sido atribuidos a una migración de fluidos de gran escala principalmente durante un proceso orogénico convergente. El modelo de flujo topográfico asociado con la migración de fluidos en un adecuado régimen tectónico puede describir mejor la mineralización de los depósitos tipo Mississippi Valley. Otros ejemplos en Australia, Europa y el norte de África atribuyen el mecanismo de migración de fluidos mineralizantes a ambientes compresivos.

- **Guía litológica**

Se debe entender un aspecto principal que existe una conexión entre el tipo de litología y el tipo de yacimiento que estamos buscando. Las rocas juegan un papel importante durante la exploración de yacimientos; ya que cada tipo de roca hospeda diferente tipo de yacimiento; en el caso del Manto Intermedio se reconocen rocas carbonatadas que hospedan la mineralización de Zn-Pb.

- **Clasificación de rocas calcáreas.-** Existen dos tipos de rocas calcáreas:

- Calizas CaCO_3 .
- Dolomías $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$.





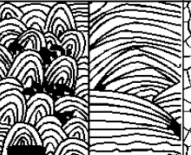
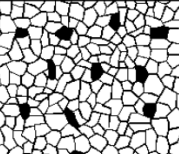
LA TEXTURA ORIGINAL DEL DEPOSITO ES RECONOCIBLE					TEXTURA ORIGINAL NO RECONOCIBLE
COMPONENTES ORIGINALES NO UNIDOS ORGANICAMENTE DURANTE EL DEPOSITO				COMPONENTES UNIDOS ORGANICAMENTE DURANTE EL DEPOSITO	
CONTIENE MICRITA			SIN MICRITA		
MATRIZ SOPORTADO		GRANO SOPORTADO			
< 10% ALOQUIMICOS	> 10% ALOQUIMICOS				
MUDSTONE	WACKESTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE	CARBONATO CRISTALINO
					

Figura N° 11 Clasificación de Dumham (1962)

- **Rocas dolomíticas y procesos de dolomitización**

La dolomita puede precipitar en forma primaria en aguas marinas o lacustres, pero se sostiene que los volúmenes de dolomita primaria son comparativamente escasos. Se considera más común la dolomitización a expensas del carbonato de calcio. Consiste en un proceso diagenético que puede estar asociado con el ambiente de depositación (penecomtemporáneo o diagenético temprano) o puede ocurrir mucho más tardíamente (durante el soterramiento).

- **Dolomía secundaria**

Es un producto de disolución del carbonato original y reprecipitación metasomática. Entra Mg a la fase sólida y pasa el Ca a la fase líquida. El proceso de dolomitización se da cuando la concentración de Mg o de relación Mg/Ca es elevada.

- **Dolomía primaria**

Es comparativamente poco frecuente, la precipitación química espontánea de dolomita se ha registrado en ambientes marginales (planicies mareales, albuferas, lagos vecinos al mar) y en condiciones inter a supramareales. Se conocen ejemplos de precipitación primaria en las Bahamas, en la Península de Florida, en la costa del Golfo de Arabia, en algunos sectores costeros (albuferas) del norte Brasil y del "lago Coorong" en Australia.

La dolomita es normalmente un mineral bien organizado desde el punto de vista cristalino. Sin embargo, las dolomitas primarias tienen un alto grado de desorganización y reciben la denominación de protodolomitas. Aparecen dentro del sedimento o como parte de costras superficiales (mudcracked dolomite crusts). Por lo común sus cristales son muy pequeños (rombos de 1

a 5 micrones). Esta protodolomita se vincula con procesos de fuerte evaporación que se producen en regiones muy áridas (sabkhas no evaporíticos) hasta en regiones relativamente húmedas pero con una estación seca que favorece la evaporación.

- **Proceso de dolomitización temprana**

La dolomitización temprana puede producirse bajo condiciones de hipersalinidad o hiposalinidad. Se propusieron dos modelos clásicos: modelo de sabkha y modelo Dorag.

- El modelo de sabkha refleja condiciones de fuerte aridez e hipersalinas. Hay exceso de Mg por precipitación previa de Ca. En carbonatos (tapetes algales).
- El modelo Dorag es de mezcla de aguas marinas y meteóricas (de 5 a 20% de aguas marinas) y refleja condiciones húmedas.

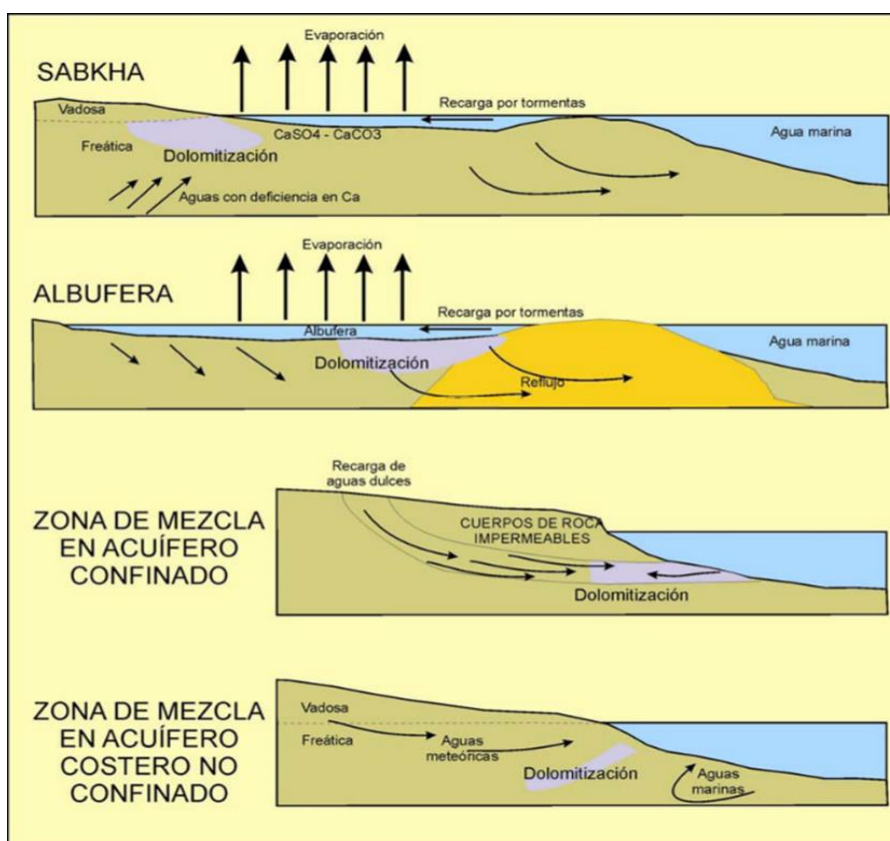


Figura N°12 Modelos de dolomitización temprana (Modificado por Tucker; 2003)

- **Modelos de dolomitización Tardía**

La dolomitización tardía de soterramiento es un proceso meso-genético de metasomatismo o de neomorfismo sobre dolomitas tempranas. En él, las aguas fósiles o sin génicas juegan un rol preponderante. Estas aguas pueden proceder la de compactación física y química de los sedimentos, durante el soterramiento. El Mg en exceso puede ser provisto por las reacciones de transformación de esméctica a illita en rocas pelíticas. Se estiman profundidades de soterramiento entre 300 y 1000m. Las temperaturas son superiores a los 45°C.

La dolomita tardía se puede reconocer por su textura en parches (porfirotópica), e irregular y más gruesa que las dolomitas tempranas. Además posee mayores tenores de hierro. Son comunes en los sectores huecos o cavernosos y de los fósiles solo suelen quedar sus moldes.

- **Procesos de dedolomitización**

La dedolomitización consiste en el pasaje desde dolomita a calcita. Este proceso de neomorfismo suele ser retentivo, preservándose los cristales con forma rómbica de la dolomita que ha sido reemplazada.

El proceso de dedolomitización ocurre por la aparición de sulfatos de calcio, anhidrita, (ejemplo por oxidación de sulfuros), ante los cuales la dolomita se vuelve fuertemente inestable. La dedolomitización también puede producirse por circulación de aguas con fuerte nivel de oxidación.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

La caracterización microscópica de minerales determinara la paragénesis del yacimiento Shalipayco.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Las características geológicas determinaran la paragénesis del yacimiento Shalipayco.
- Las características microscópicas de los minerales económicos determinaran la paragénesis del Yacimiento Shalipayco.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables Independientes

La caracterización microscópica de minerales.

2.5.2. Variables Dependientes

Paragénesis del Yacimiento Shalipayco.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es del tipo No Experimental cuyo diseño de investigación es del tipo múltiple que exponemos a continuación:

Exploratorio.- porque las fases más importantes en la secuencia paragenética para comprender la mineralización del grupo Pucará en la Formación Chambará, del proyecto Shalipayco sigue siendo relativamente poco entendido.

Descriptivo.- Se describirá las características microscópicas y geológicas observadas para las muestras en secciones pulidas, en secciones delgadas así como también las observaciones en campo para identificar las principales fases portadoras de metales de interés (Zn, Pb, Ag) y metales contaminantes.

Correlacional.- En el Perú hay 2 depósitos de Tipo Mississippi Valley reconocidos a nivel mundial, en el Grupo Pucará, la mina San Vicente y el proyecto Cañón Florida - Bongará, los cuales correlacionaremos con el yacimiento Shalipayco.

3.2 POBLACIÓN MUESTRA

Los afloramientos de rocas carbonatadas del Grupo Pucará (Fm. Chambará, Aramachay y Condorsinga) que suprayacen a las rocas volcanoclásticas del Grupo Mitú (Pérmico), donde se concentra una intensa actividad minera destacándose el depósito de clase mundial Cerro de Pasco y otras unidades mineras de importancia como Colquijirca – Marcapunta, Morococha, Huarón, San Vicente etc.

➤ **Tamaño de muestra**

Se determina de acuerdo al estudio microscópico, variando desde 2cm x 2 cm x 2cm para las secciones pulidas y de 2cm x 2cm x 1micra en secciones delgadas.

➤ **Selección de muestra**

Las muestras son seleccionadas de cada sondeo realizado, por el método de muestreo Intencional o de conveniencia.

3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La metodología es parte de la lógica que estudia los métodos y sus formas lógicas especiales para la investigación. (Garro Ayala, M.S.2009).

Para el presente trabajo de investigación se ha requerido básicamente del análisis muy detallado de la base teórica y antecedentes del depósito, los cuales ayudaron en el entendimiento de la mineralización, la parte más importante consistió en aplicar los conocimientos y técnicas modernas que nos ayudaron a entender las características del yacimiento.

Petrografía.- Se realizara la descripción macroscópica y microscópica de los diferentes tipos de roca sedimentarias con y sin mineralización, y los diferentes tipos de brecha en el horizonte del Manto Intermedio.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectaran muestras de rocas y minerales de los diferentes sondajes DDH de acuerdo a las zonas de interés.

- Se procesara cada muestra al corte y pulido para prepararlos como secciones delgadas o pulidas, de acuerdo al tipo de mineral y al interés de estudio.

3.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas de procesamiento usadas en este trabajo son:

- Ejecución de estudios de petrografía, que nos servirá para determinar la paragénesis y control de la mineralización.
- Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de Trabajo.

El tratamiento de datos es insitu tal como se reconoce en el campo, en las muestras de rocas y minerales.

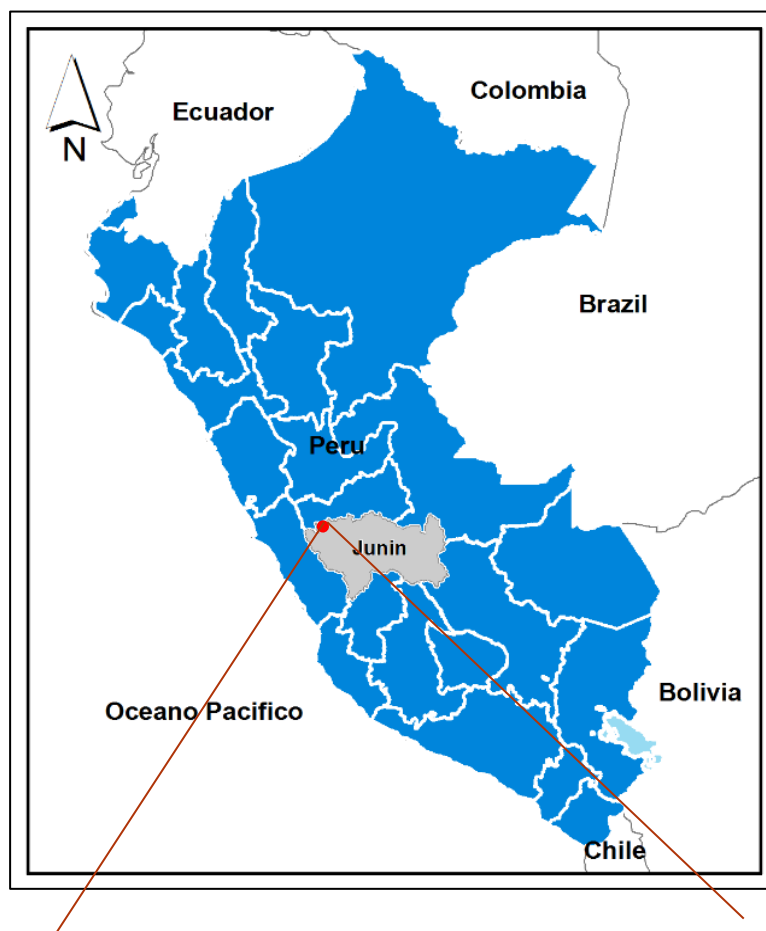
CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El proyecto se ubica 15 kilómetros al noreste de la ciudad de Carhuamayo, en la localidad de Shalipayco, distrito de Carhuamayo, provincia y departamento de Junín, a una altura promedio de 4,300 m.s.n.m. El acceso se da mediante el siguiente recorrido:

Tramo		Vía	Distancia
Lima	La Oroya	carretera asfaltada	198km
La Oroya	Carhuamayo	carretera asfaltada	92km
Carhuamayo	Shalipayco	carretera afirmada	15km
		Total	305km.



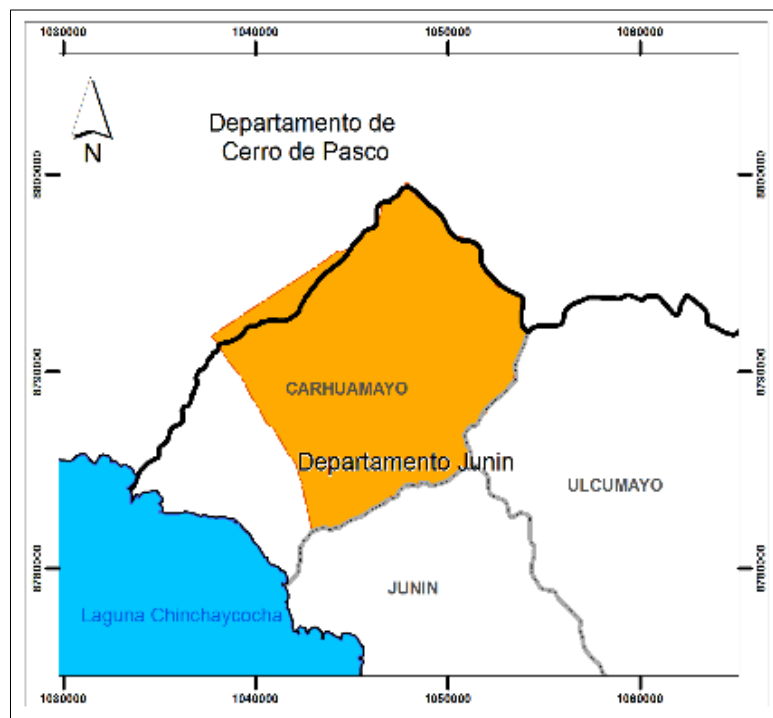


Figura N° 13 ubicación del proyecto

4.2. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA

En general la topografía de la zona resulta entre poco y moderadamente accidentada, en la mayor parte de la ruta de la zona del proyecto, se observa sólo algunos tramos altamente accidentados.

La fisiografía de montaña, presenta un fondo profundo de pronunciadas pendientes por lo que muestran una fisiografía escarpada, está cortada por quebradas profundas y estrechas gargantas, en esta zona por efecto de la glaciación presenta un cierto número de lagunas; se encuentra limitada por cadena de cerros que en dirección al Océano Pacífico muestran un descenso sostenido y rápido del nivel de cumbres.

4.3. GEOMORFOLOGÍA Y RASGOS FISIAGRÁFICO

El área de trabajo se halla enmarcada dentro de la unidad morfoestructural de la altiplanicie, denominada superficie Puna. Una serie de

cerros con elevaciones que llega a una altura de 4800 m.s.n.m., se levantan sobre la planicie, constituyendo un relieve desigual y accidentado que termina abruptamente en líneas de barrancos, (*Ver fig. N° 14*). La cadena de cerros de Shalipayco constituye una divisoria de aguas; hacia el SW con la cabecera de un valle glaciar que avanza hasta confundirse con la pampa de Junín, con drenaje hacia la laguna de Yanacocha que luego da origen a un río de poco caudal (río Carhuamayo), el que desagua en el lago Junín; por el lado NE, se drenan hacia la laguna de shalhuas, en las nacientes de afluentes del río Paucartambo. En ambos casos el drenaje es dendrítico (*Ver fig. N° 15*).

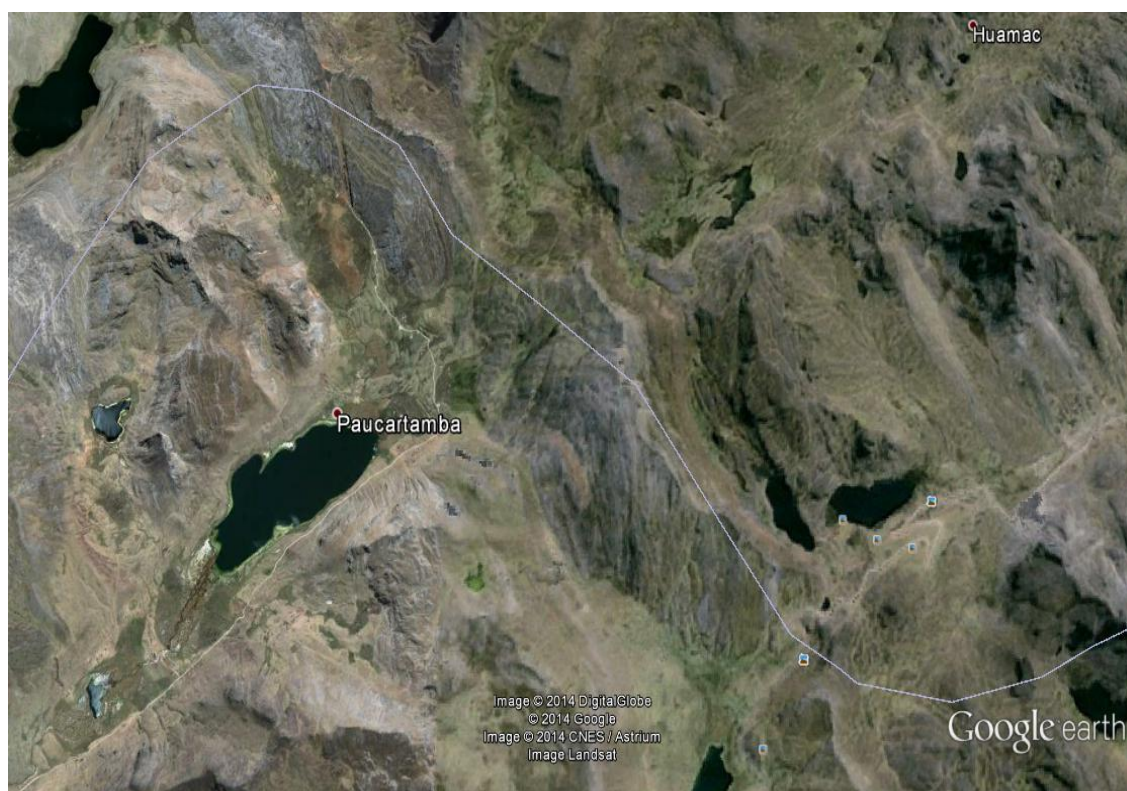


Figura N° 14. Vista de los rasgos geomorfológicos del proyecto.

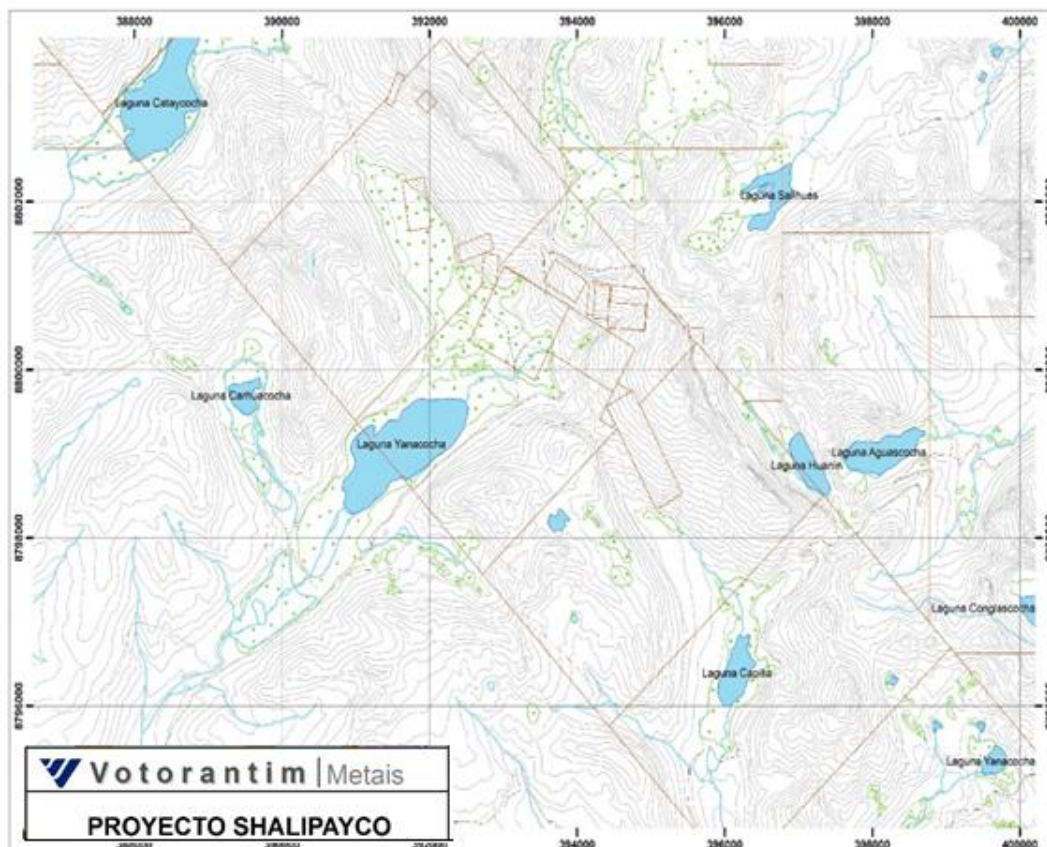


Figura N°15. Vista topográfica de las lagunas y drenaje del área del proyecto.

4.4. GEOLOGÍA REGIONAL

En el proyecto y sus alrededores se distinguen dos franjas, de rumbo NW-SE, bastante bien definidas y separadas por un sobreescurreamiento (Falla Ulcumayo-San Rafael de rumbo NW-SE).

4.4.1. Estratigrafía

Grupo Excélsior (Ordovícico)

En 1924, Mc Laughlin denominó como "Serie Excélsior" a la unidad más antigua de la región. Esta serie consiste de rocas metamórficas (filitas y pizarras de color gris con variaciones a gris verdoso, con abundantes intercalaciones de delgados horizontes de cuarcitas), las cuales presentan un metamorfismo de bajo grado (con presencia de sericita y clorita). Esta

secuencia metamórfica se restringe al núcleo del anticlinal de Cerro de Pasco con un espesor mayor a los 300 m (Ángeles, 1993).

Estructuralmente, la secuencia de pelítico-psamítica del Grupo Excelsior está replegada y fuertemente fracturada, lo que complica las mediciones del espesor de la unidad, estimada en aproximadamente 700m. Harrison (1940-1943), Megard (1979) y Paredes (1994) reportan fauna edad Siluro - Devónico de acuerdo con la posición estratigráfica, permitida para esta unidad. El Grupo Excelsior está expuesto en la zona Este de Shalipayco al contacto con el Grupo Mitu.

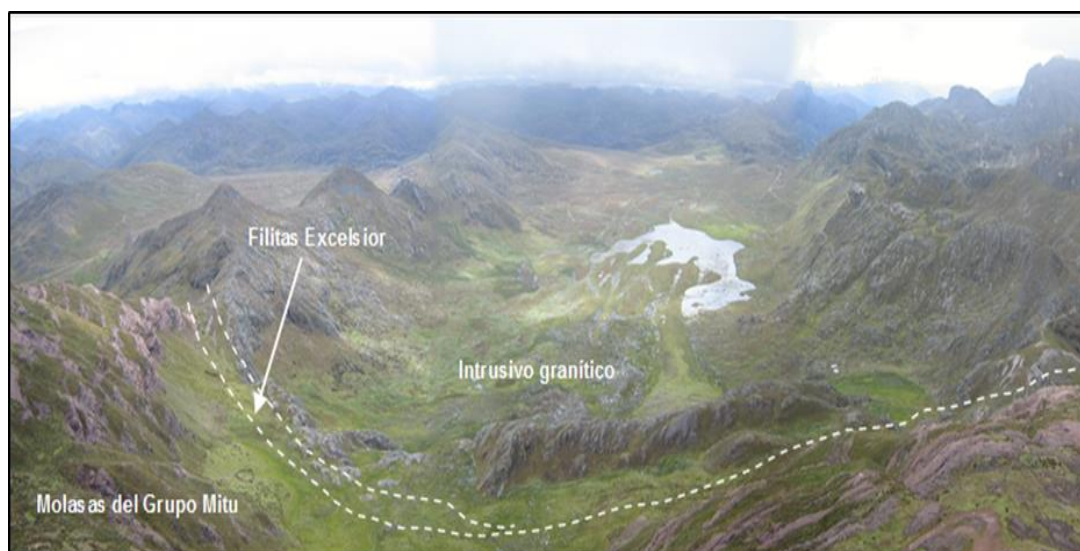


Figura 16. Vista de los afloramientos del Grupo Excelsior, Grupo Mitu y el Intrusivo granítico en la zona de Shalipayco.

Grupo Mitu (Pérmico superior - Triásico inferior)

Mc Laughlin (1924) propone esta denominación a una serie detrítica de color rojo. Donde sobreyace en forma discordante erosional al Grupo Excelsior e infrayace al Grupo Pucará en forma concordante.

Litológicamente el Grupo Mitu presenta dos unidades, una sedimentaria y la otra volcánica. En la zona de estudio el mitu está formado por conglomerados de composición polimíctica, con clastos subangulosos a

subredondeados englobados en una matriz arenosa de grano fino y de color rojo ladrillo.

El Grupo Mitu está formado principalmente por una secuencia de origen clástico - Continental y eventos volcanoclásticos desarrollados en ambientes epicontinentales. El Grupo Mitu aflora en la parte este del proyecto en los cerros Janca Punta y Escalón; otros afloramientos (fuera del proyecto) se encuentran al suroeste de la falla Ulcumayo-San Rafael. Esta unidad es fácil de reconocer por su coloración (rojo a púrpura) y la topografía suave, cuando se trata de areniscas y limolitas, y se torna agreste en donde afloran conglomerados y tobas.

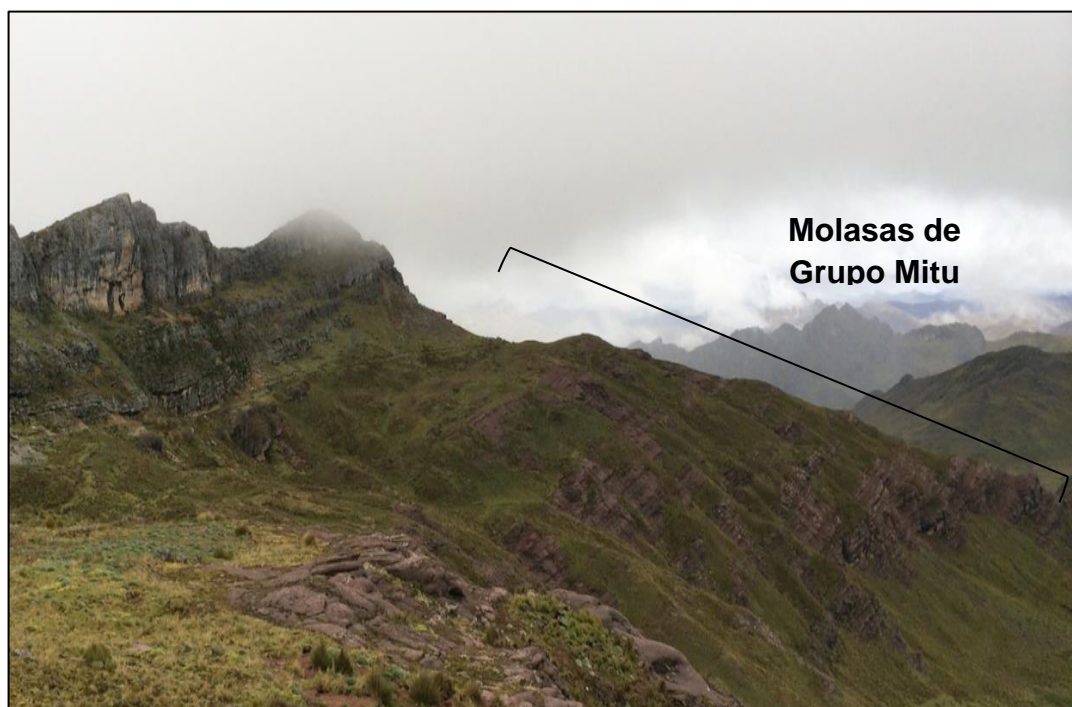


Figura 17 Vista de los afloramientos del Grupo Mitu en la zona del proyecto Shalipayco.

Grupo Pucará (Triásico - Liásico)

El grupo Pucara se compone de una secuencia de calizas, calizas dolomíticas y dolomías con intercalaciones de lutitas, margas, limolitas, areniscas y muy localmente tufos y derrames volcánicos. Las calizas son en general detríticas y oolíticas de color gris claro a gris oscuro hasta negros se las encuentra también con estratificación delgada a media se caracteriza por que contiene abundante chert, en forma de nódulos, lentes y bandas.

Estos afloramientos de Grupo Pucará contienen o albergan yacimientos de metales base, a lo largo de los Andes Peruanos, con dirección NO a SE teniendo como elementos principal el zinc seguido del plomo. Entre la cordillera Oriental y la Faja Subandina se emplazaron yacimientos MVT, tales como la mina San Vicente (Chanchamayo), Proyecto Cañón Florida y Cristal (Bongará), todos en dolomías del Pucará separados por aproximadamente 700 km.

El Grupo Pucará (Triásico superior – Liásico Inferior) es la unidad sedimentaria más antigua del ciclo andino. Esta unidad se depositó como consecuencia de la transgresión noriana, la cual dio lugar a una plataforma carbonatada extensa, elongada con dirección NNO-SSE, adyacente al borde occidental del escudo brasileño. La distribución paleogeográfica de esta plataforma durante el Liásico.

El Grupo Pucará fue subdividido en tres unidades por (Harrison, J., 1943) las cuales corresponden a las Formaciones Chambará (Noriano – Raetiano), Aramachay (Raetano Superior – Sinemuriano) y Condorsinga (Sinemuriano Superior – Toarciano).

La cuenca Pucará, con predominancia de carbonatos de aguas someras, se desarrolló como una cuenca al menos en parte tipo “rift”, en condiciones extensivas, y discordantemente sobre terrenos paleozoicos y molasas continentales, con intercalaciones volcánico – alcalinas, del Grupo Mitú - Permiano Triásico superior, (Megard, F., 1979), (Kontak, D., Clark, A., Farrar, E., Strong, D., 1985). Estudios en elementos traza de las coladas volcánicas intercaladas en la Formación Condorsinga de la columna Tingocancha (“Basalto Montero”) indican una composición de basalto

andesítico a basalto alcalino propio de ambiente de rift (Rosas, S., Fontboté, L., 1994). Evidencia de actividad volcánica triásica solo se conoce en regiones más bien internas de la cuenca, como es el caso de Atacocha (Hirdes, W., Amstutz, G., 1978) y Lircay (Rangel, C., 1978), (Megard, F., Marocco, R., Vicente, J., Mégard-Galli, J., 1983). La escasez de evidencias de actividad volcánica en las series más occidentales de Triásico, más la presencia del vulcanismo de tipo rift antes mencionado en el Liásico sugiere, que de haber existido un arco volcánico al oeste de la cuenca Pucará, y contrario a lo que sugieren (Audebaud, E., Capdevilla, R., Dalmayrac, B., Debelmas, J., Laubacher, G., Lefevre, C., Marocco, R., Martinez, R., Mattauer, C., Megard, F., Tomasi, P., 1973), este arco influyó solo marginalmente a la cuenca y a partir del Liásico, ya que solo en la región de la costa norte (Formación Mochumi Viejo) y en el sur del país (Grupo Chocolate) se ha identificado actividad volcánica liásica, que está asociada a un arco volcánico.

Formación Chambará. - es la mejor expuesta, tiene los afloramientos más extensos, mayor espesor (hasta 650 metros) y es la más importante desde el punto de vista metalogenético por contener los mantos mineralizados. Está constituida, a la base, por una secuencia de conglomerados, areniscas y coladas de andesita basáltica (secuencia terrígena) que rellenan superficies de erosión. Sobre ellas ocurren secuencias calcáreas con alternancia de dolomías.

Formación Aramachay. - Mucho más discreta en potencia (no excede los 70 metros), se compone de calizas negras bituminosas, laminares con alto contenido de clásticos y con fuerte olor fétido, está constituida por coladas de andesita y basalto vesicular, en parte retrabajadas y, probablemente, con presencia de piroclásticos. Estos materiales se interdigitan con los sedimentos carbonatados y son cubiertos totalmente por los últimos niveles de dolomías de la Formación Aramachay.

Formación Condorsinga. - Los afloramientos más conspicuos y extensos se ubican en la parte oeste del proyecto; ocupan las cumbres de los cerros Quiroc, Runtuniocc, Cori punta, Garra Patio, Yura Punta. La base está compuesta por secuencias de bancos (barras oolíticas con abundantes bioclastos) que terminan en estratos delgados (20-40 centímetros) con intercalaciones de dolomía de tamaño de cristal medio que con frecuencia presentan nódulos de chert. (Rosas, S., Fontboté, L., 1995), reportan en la base de la Formación Condorsinga una secuencia de calizas con intercalaciones de calizas dolomíticas, calizas bioturbadas, abundantes microfósiles y pseudomorfos de calcita según nódulos de anhidrita.



Figura 18. Obsérvese la zona de contacto entre el Grupo Mitu y el Grupo Pucará.

Rocas Intrusivas

En el área de Shalipayco se ha reconocido y cartografiado tres diques de basalto gris oscuro, con textura porfirítica donde se reconocen agregados de piroxenos y anfíboles (?) con cristales de feldespatos rodeados por pequeños cristales de plagioclasas; se observa también algo de magnetita y pirita diseminada.

En la Laguna Shalhuas, noreste de los del manto Virgencita, afloran remanentes (?) de un intrusivo de composición granítica, con textura fanerítica que grada localmente a porfirítica, con cristales de cuarzo, ortosa y muscovita bastante desarrollados. El cuerpo tiene forma anular y bordea a manera de “herradura” a la laguna, se observa que los conglomerados del Mitu descansan sobre superficies de erosión del intrusivo, y contienen cantos rodados de éste, pero cortan claramente a las filitas del Excelsior. Las relaciones de campo sugieren una edad entre el Carbonífero Superior y Pérmico; de ser así, podría corresponder a facies distales del Monzogranito-sienogranito de San Ramón (facies granito gris, León et al., 1996) que aflora a 30 kilómetros al sureste de Shalipayco.

En el flanco norte y noroeste de los cerros Ruccus y Yanajirca (sur de la laguna Yanacocha) afloran pequeños domos félsicos -fuertemente silicificados, con piritita diseminada- y stocks de pórfido tonalítico completamente frescos. Estos intrusivos están emplazados dentro de las calizas de la Formación Condorsinga.

Otros stocks (diorita) afloran cerca de Carhuamayo en los cerros Huanchuspunta y Antiana e intruyen a las calizas de la Formación Chambará, muy cerca del contacto con las molasas del Mitu. En el contacto del intrusivo y las calizas se ha desarrollado un skarn de anfíboles-granates-magnetita-calcita con bandas de piritita y algo de galena, dentro de las calizas hay bancos de mármol. La aureola de metamorfismo es bastante limitada y no excede los 8 metros de potencia. En la localidad de Ninacaca (3.4 kilómetros al noreste de la ciudad de Carhuamayo) aflora otro stock diorítico dentro del Grupo Mitu.



Figura 20 Afloramiento de stock intrusivo (diorita) cerca de la localidad de Carhuamayo, con presencia de óxidos de cobre.



Figura 21. Vista del afloramiento del intrusivo granítico.

4.4.2. Geología Estructural

León, et al. (1996) Ubica a Shalipayco, Ullupan y Ulcumayo en lo que denominan la faja plegada Altoandina y Subandina, con rocas del Paleozoico Superior-Cenozoico Inferior, que colinda con el Bloque Maraynioc que forma parte del núcleo de la Cordillera Oriental y está constituido por un bloque metamórfico (Complejo de Maraynioc, Formación Contaya y el Grupo Excélsior) que sería el sustrato sobre el cuál descansan, en discordancia, rocas paleozoicas.

El patrón estructural claramente predominante es NW-SE (Fase Tardihercínica), donde se alinean las series del Paleozoico y Mesozoico. Las estructuras mayores (fallas inversas/sobreescurrecimientos y pliegues), relacionadas a la tectónica andina, conservan esta orientación. Las rocas del Grupo Pucará conforman un monoclinas plurikilométrico, de orientación N130°-150° y buzamientos 25°- 40° W, que corresponde al flanco occidental de un anticlinal erosionado con un núcleo de rocas paleozoicas.

Las fallas Ulcumayo-San Rafael y Yanacocha-Quilcacta, que se ubican al oeste del proyecto, son también paralelas a este patrón estructural. La falla Ulcumayo-San Rafael es una estructura inversa que es cabalgante en ciertos sectores; como por ejemplo entre Shalipayco y Ullupán donde las molasas del Mitu cabalgan sobre el Grupo Pucará, y entre Ulcumayo y Tingo Cancha (norte de la hoja de Tarma) donde las rocas del Grupo Maraynioc cabalgan sobre el Grupo Pucará, en ambos casos cabalgan en forma convergente hacia el este. La falla Yanacocha-Quilcacta aflora al noroeste de la laguna Ullupan (Cerro Jatunccasha) y entre Yanacocha y Quilcacta, aquí las calizas del Condorsinga cabalgan sobre sí mismas. En el campo se observan algunas evidencias que indican la presencia de fallas menores de bajo ángulo, que estarían relacionadas a las fallas antes descritas.

Estas son paralelas al rumbo de los estratos y con frecuencia al buzamiento: en pocos casos se reconoce estrías mal conservadas, esquistosidad en las calizas y/o dolomías, algo de milonitas, concentración

de bitumen y abundante pirita (a menudo oxidada). En varias zonas mineralizadas estas probables estructuras se encuentran al techo y en otras limitan la ocurrencia de brechas.

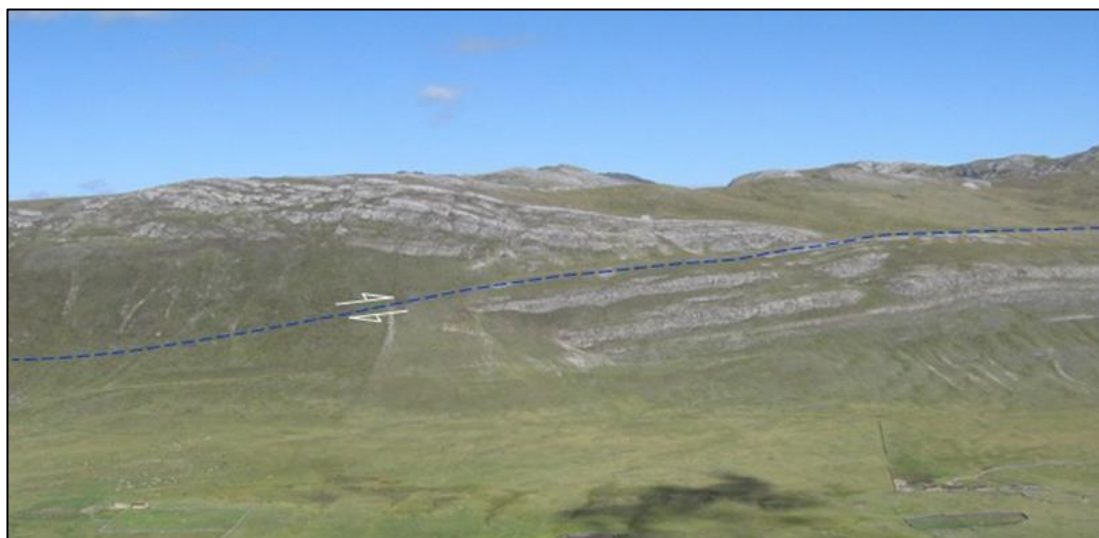


Figura 22 . Zona de Capilla donde se observa el cabalgamiento de las calizas del Condorsinga.



Figura 23. Sector Sur, donde se observa el efecto de la falla de sobreescorrimiento.

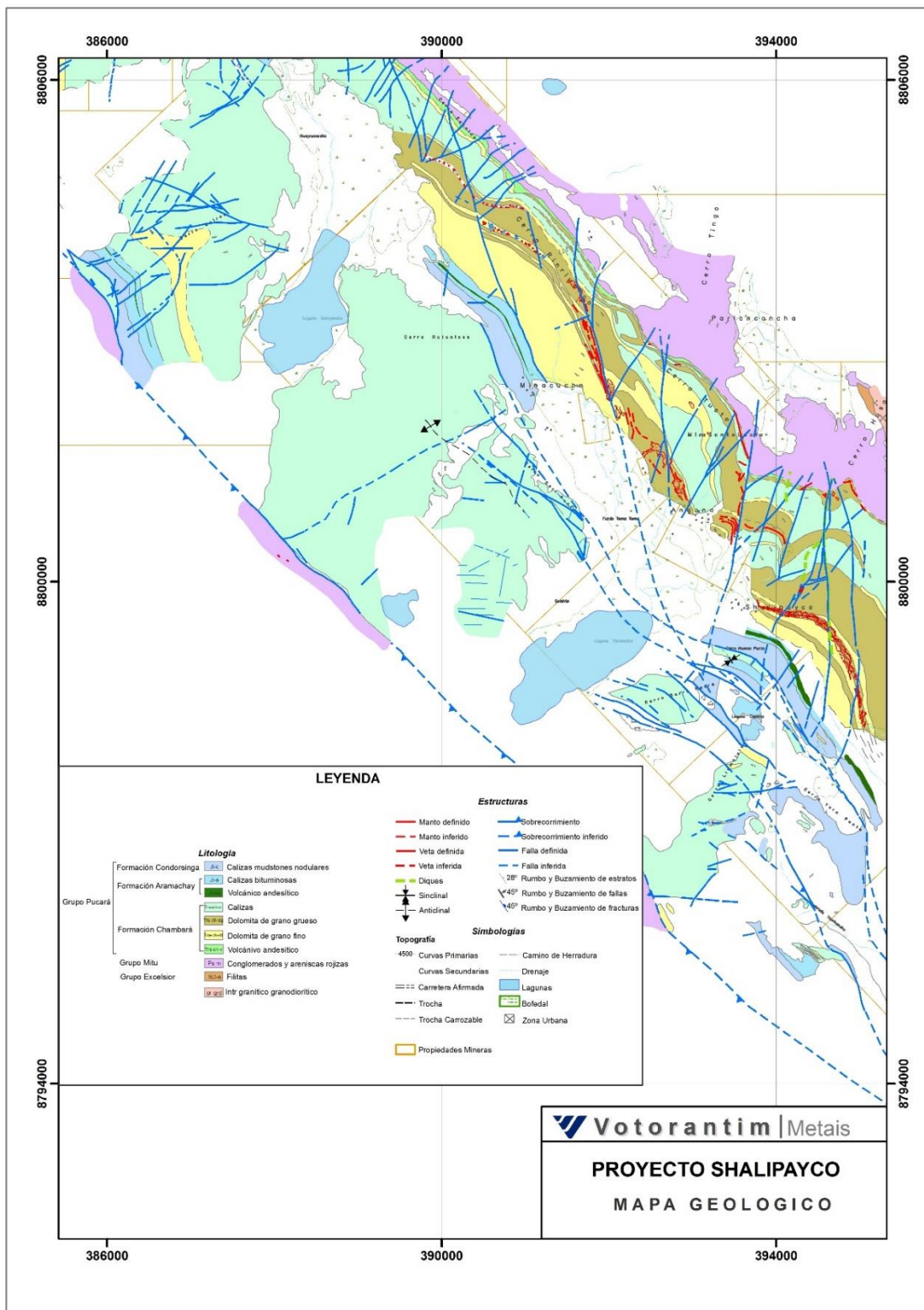


Figura 24. Mapa geológico regional.

4.5. GEOLOGÍA LOCAL

Geología Local

El proyecto Shalipayco está dentro de las rocas calcáreas del Grupo Pucará las cuales están consideradas como una de las rocas huéspedes más importantes de los depósitos tipo Mississippi Valley en el Perú. La comprensión de la historia sedimentaria, la evolución de la cuenca sedimentaria y la determinación de los controles litológicos es el factor clave para los programas de exploración focalizados a este tipo de depósitos.

La Cordillera Oriental y la región Subandina son bastante inaccesibles y así pobremente exploradas. Las ocurrencias y depósitos minerales conocidos, y la persistencia de las facies y características diagenéticas indican que una gran provincia tipo Mississippi Valley está localizada en la cuenca oriental del Pucará. El área del proyecto esta predominantemente (aprox. 80%) en las rocas del Grupo Pucará, bordeadas en NE y SW por el Grupo Mitu, conglomerado pobremente consolidado, denominados molasas y capas rojas de areniscas. Los afloramientos más extensos corresponden a las molasas del Grupo Mitu y a los carbonatos del Grupo Pucará, que se extienden con rumbo andino NW-SE.

Los sedimentos clásticos del Grupo Mitu son bastante peculiares por su coloración y la morfología, generalmente suave, que contrasta con los grandes farallones que forman las calizas y dolomitas del Grupo Pucará. Dentro del Grupo Pucará destacan los afloramientos de la Formación Chambará, los cuales ocupan el 80% de los afloramientos dentro del proyecto y contienen los mantos mineralizados. La base del Grupo Pucará está constituida por una secuencia terrígena bastante peculiar que rellena las superficies de erosión post Mitu, en la parte central del Proyecto, se ha reconocido conglomerados polimícticos con cemento carbonatado, coladas andesíticos-basálticas y, localmente, areniscas y micro conglomerados con cemento calcáreo que pasan gradualmente a calizas y dolomías “sensu stricto”.

4.5.1. Estratigrafía

Grupo Mitú.

La unidad más antigua es el Grupo Mitú aflora en la parte este del proyecto, en los cerros Janca Punta y Escalón; otros afloramientos (fuera del proyecto) se encuentran al suroeste de la falla Ulcumayo-San Rafael. Esta unidad es fácil de reconocer por su coloración (rojo a púrpura) y la topografía suave, cuando se trata de areniscas y limolitas, que se torna agreste en donde afloran conglomerados y tobas.

En general se trata de molasas (desde conglomerados hasta limolitas) de color rojo a púrpura y violeta, con intercalaciones de materiales volcánicos (derrames andesíticos, volcanoclásticos y tobas soldadas).

La parte inferior aflorante está constituida principalmente por conglomerados polimícticos de color violeta y gris, mayormente contiene cantos rodados de rocas metamórficas, intrusivas y cuarzo, mal clasificados y no muy bien cementados. Sobre los conglomerados se observa secuencias de micro conglomerados, areniscas y limolitas de color rojo a púrpura que se intercalan entre sí, la morfología es característica:

Superficies onduladas y depresiones que contrastan con las tobas superiores y los carbonatos del Grupo Pucará. Al oeste de la laguna Huanín, sobre areniscas y limolitas, afloran con no menos de 50 metros de potencia y en una extensión limitada, tobas soldadas félsicas, con abundantes “fiámes”, que se intercalan con brechas volcánicas de color violeta. Sobre esta secuencia descansan los materiales del Grupo Pucará (*Foto N°27*). Localmente se ha reconocido algunas intercalaciones de materiales volcánicos, probablemente de composición andesítica, y volcanoclásticos.



Figura 26. Se observa las molasas del Grupo Mitu, de coloración rojiza (conglomerados polimícticos).



Figura 27. Se observa la secuencia del Grupo Pucara que sobreyacen a las molasas del Grupo Mitu.

Grupo Pucará

Sobreyace con discordancia erosional a las molasas del Grupo Mitu, localmente se observa discordancia angular y paleocanales inicialmente

rellenados por sedimentos detríticos. En general la cuenca Pucará tiene predominancia de carbonatos de aguas someras y se desarrolló como una cuenca del tipo "rift" en condiciones extensivas (Rosas y Fontboté, 1995). Como en otros lugares del Perú Central el Grupo Pucará está constituido por las tres formaciones clásicas: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

La Formación Chambará es la mejor expuesta, tiene los afloramientos más extensos, mayor potencia (hasta 650 metros) y es la más importante desde el punto de vista metalogenético por contener los mantos mineralizados. Está constituida, a la base, por una secuencia de conglomerados, areniscas y coladas de andesita basáltica (secuencia terrígena) que rellenan superficies de erosión. Sobre ellas ocurren secuencias calcáreas con alternancia de dolomías.

La Formación Aramachay, mucho más discreta en potencia (no excede los 70 metros) se compone de calizas negras bituminosas, laminares con alto contenido de clásticos y con fuerte olor fétido. En la parte oeste del Manto Resurgidora, la Formación Aramachay está constituida por coladas de andesita y basalto vesicular, en parte retrabajadas y, probablemente, con presencia de piroclásticos (Rosas, 1998). Estos materiales se interdigitan con los sedimentos carbonatados y son cubiertos totalmente por los últimos niveles de dolomías de la Formación Aramachay.

Formación Chambará (Noriano-Retiano)

Aflora a lo largo de toda el área de estudio y reposa en discordancia erosional sobre las molasas del Grupo Mitu; el contacto es bastante claro y puede ser reconocido a lo largo de todos los afloramientos que se exponen en la vertiente oriental de los cerros Janca Punta, Sancayoc, Huanín Punta, Huanta, Tucto, Rinriuchco y Escalón. El relleno de la cuenca Pucará se inicia con sedimentos clásticos (conglomerados, areniscas y coladas de lava) que van evolucionando rápidamente a sedimentos carbonatados en el resto de la cuenca, secuencias detríticas basales han sido reconocidas en otros lugares

por Rosas y Fontboté (1995) en Malpaso, San Vicente y Vilcapoma; Megard (1968) y Loughman y Hallam (1982) en Chambará. En Shalipayco ésta formación alcanza los 650 metros de potencia y ha sido dividida, para efectos prácticos en la exploración, en siete miembros tomando en consideración los cambios litológicos, de facies y su relación con la mineralización.



Figura 28. Se observa el afloramiento de las dolomías y calizas de la Formación Chambará.

Formación Aramachay (Retiano Superior - Sinemuriano)

La Formación Aramachay aflora restringidamente en los cerros Rinriuchco, Humac Punta, Yura Punta y Jatunccashá. La coloración de los afloramientos es bastante característica (gris oscuro a negro) y morfológicamente constituyen las depresiones entre las formaciones Chambará y Condorsinga.

Localmente se reconocen dos miembros: La Unidad Inferior consiste de calizas negras, bituminosas, con abundantes componentes clásticos que se interdigitan con rocas volcánicas básicas (coladas, volcanoclásticos y piroclásticos). El Miembro Superior está constituido por calizas con intercalaciones de dolomías.

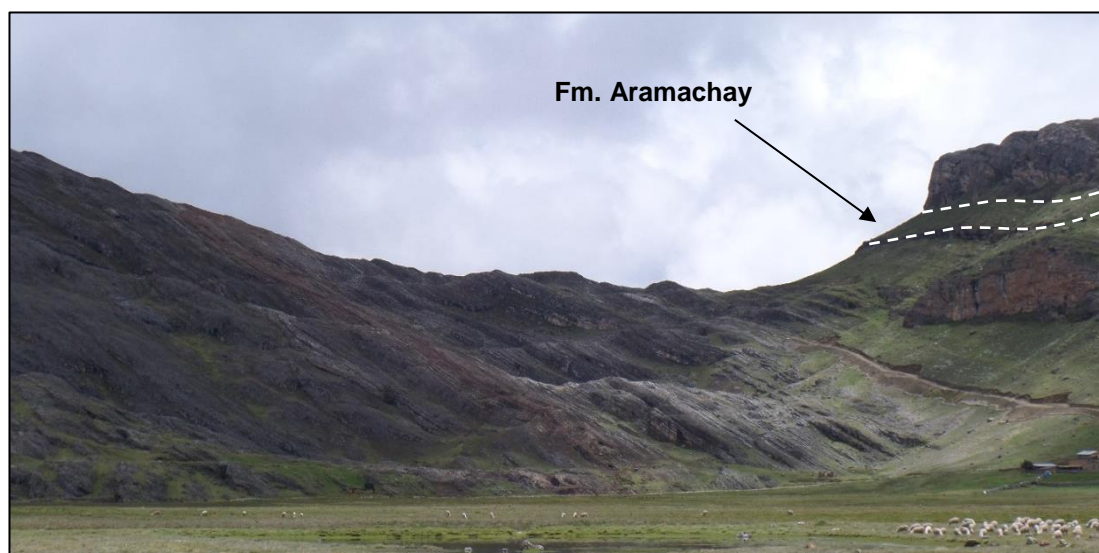


Figura 29 . Se observa en contacto de la Formacion Aramachay.

Formación Condorsinga (Sinemuriano Superior - Toarciano)

Los afloramientos más conspicuos y extensos se ubican en la parte oeste del proyecto; ocupan las cumbres de los cerros Quiroc, Runtuniocc, Cori punta, Garra Patio, Yura Punta, Cerro Llamajulana y en los caseríos Quilcatacta y Cañac. Durante el presente estudio se ha identificado la parte basal en las secciones. La base está compuesta por secuencias de bancos potentes (barras oolíticas con abundantes bioclastos) que terminan en estratos delgados (20-40 centímetros) con intercalaciones de dolomía de tamaño de cristal medio que con frecuencia presentan nódulos de chert. Rosas y Fontboté (1995), reportan en la base de la Formación Condorsinga una secuencia de calizas con intercalaciones de calizas dolomíticas, calizas bioturbadas, abundantes macrofósiles y pseudomorfos de calcita según nódulos de anhidrita.

En la zona de Shalipayco no se conoce la potencia de esta formación, no se ha intentado medirla y probablemente sea difícil conocerla debido a repeticiones de la serie a causa de cabalgamientos dentro de la misma formación, como la observada en el cerro Jatunccasha (noroeste de la laguna Uyupán).

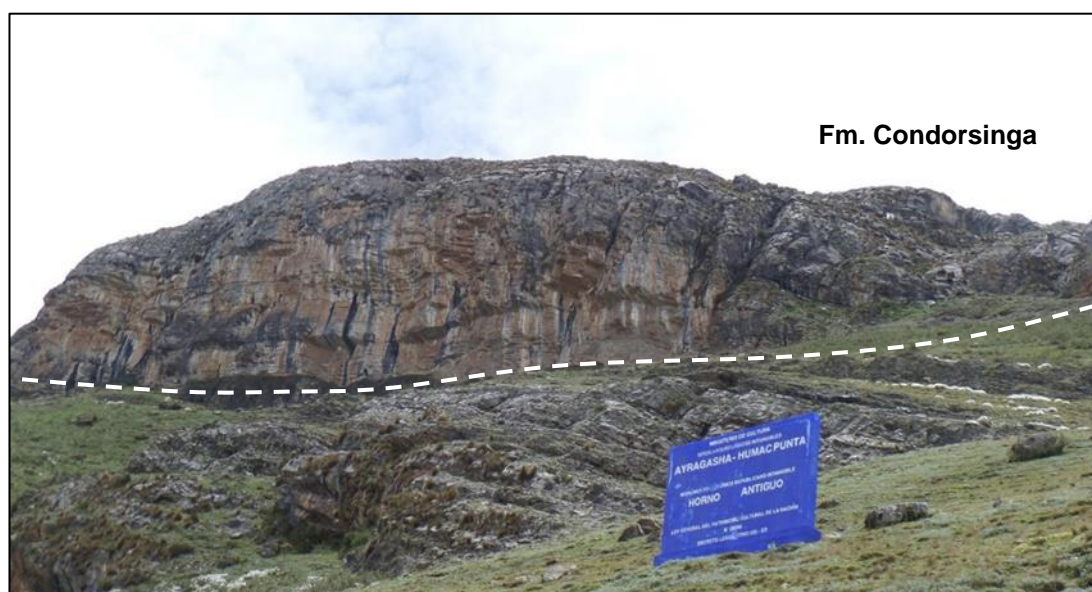


Figura 30. Se observa el afloramiento de la formación Condorsinga.

Rocas Intrusivas

El más extenso es el Dique Santa Inés con rumbo N-S y casi vertical, la potencia promedio es de 2.2 metros y la longitud de afloramiento es no menor de 2 kilómetros. Los diques San Luis y San Luis Oeste, de composición similar al de Santa Inés, igualmente tienen rumbo N-S, con potencias de 1 a 2 metros y una longitud de afloramiento no mayor a 300 metros.

Los diques están fuertemente intemperizados y no se observa un metamorfismo importante, probablemente sólo un autometamorfismo (deutérico) que ha generado un halo de actinolita-tremolita, cloritas y epidota en el contacto con los carbonatos. Las rocas caja (calizas y dolomías) no presentan metamorfismo significativo, tampoco se observa mineralización metálica asociada.



Figura 31. Dique que corta el Grupo Mitu y Pucará. Sector Este de la Antena.

4.5.2. Geología Estructural

Las fallas y fracturas de carácter local tienen rumbo N-S; las fallas son transcurrentes con movimiento principalmente dextral y componente vertical (Escalón, Eddy, Virgencita, Santa Inés). Algunas de éstas han sido rellenadas por mineral (Eddy) y otras podrían haber sido las alimentadoras para los niveles favorables dentro de la Formación Chambará, como lo sugieren CEDIMIN (1985) y Macharé (1998) para Santa Inés y Virgencita-Pucará.

Por otro lado los diques de andesita/basalto se encuentran en fallas/fracturas N-S. Asociada a las estructuras N-S se tiene fracturas NE-SW que se ven a veces abiertas y podrían corresponder a fracturas de tensión formadas en algún momento del movimiento transcurrente de las fallas mayores (Macharé, 1998). Fallamientos en bloques (N-S) se ubican

entre las zonas de Virgencita y Santa Inés. Finalmente se tienen fracturas E-W, como las observadas al norte y noroeste de la falla Eddy.

La falla Eddy; tiene rumbo N170° y buzamiento vertical, variando más o menos 10° hacia el este o el oeste. Tiene más de 2 kilómetros de afloramiento. Paralelas a la falla Eddy, al oeste de ella, se encuentran dos fracturas mayores que son intersectadas por fracturas con rumbo NE.

En el área de estudio se ha podido observar la presencia de un patrón de fracturamiento constituido por tres sistemas con varias fallas principales de desplazamiento de rumbo y una serie de fallas secundarias y fracturas, que están relacionadas con la ocurrencia de la mineralización, y cronológicamente puede ser determinado como sigue:

Sistema N-S: Las fallas que pertenecen a este sistema son las más antiguas y es probable que muchas de ellas sean estructuras pre-triásicas reactivadas posteriormente durante la tectónica andina. Entre las fallas que pertenecen a este sistema están la falla Eddy, Virgencita y Santa Inés, se incluye también la falla a través del cual fue emplazado el dique San Luis.

Sistemas NE-SW: Incluye las fallas San Luis, y otras fallas con rumbos N45°E y buzamiento 85°al SE, constituye un evento posterior al sistema N-S, al que en algunos casos desplaza.

Sistema NNE-SSW: Una serie de fallas menores de rumbo, y fracturas ocurren a través de área entre las fallas mayores de los sistemas anteriores. Corresponde generalmente a una actividad de acomodamiento de bloques fallados y fracturados.

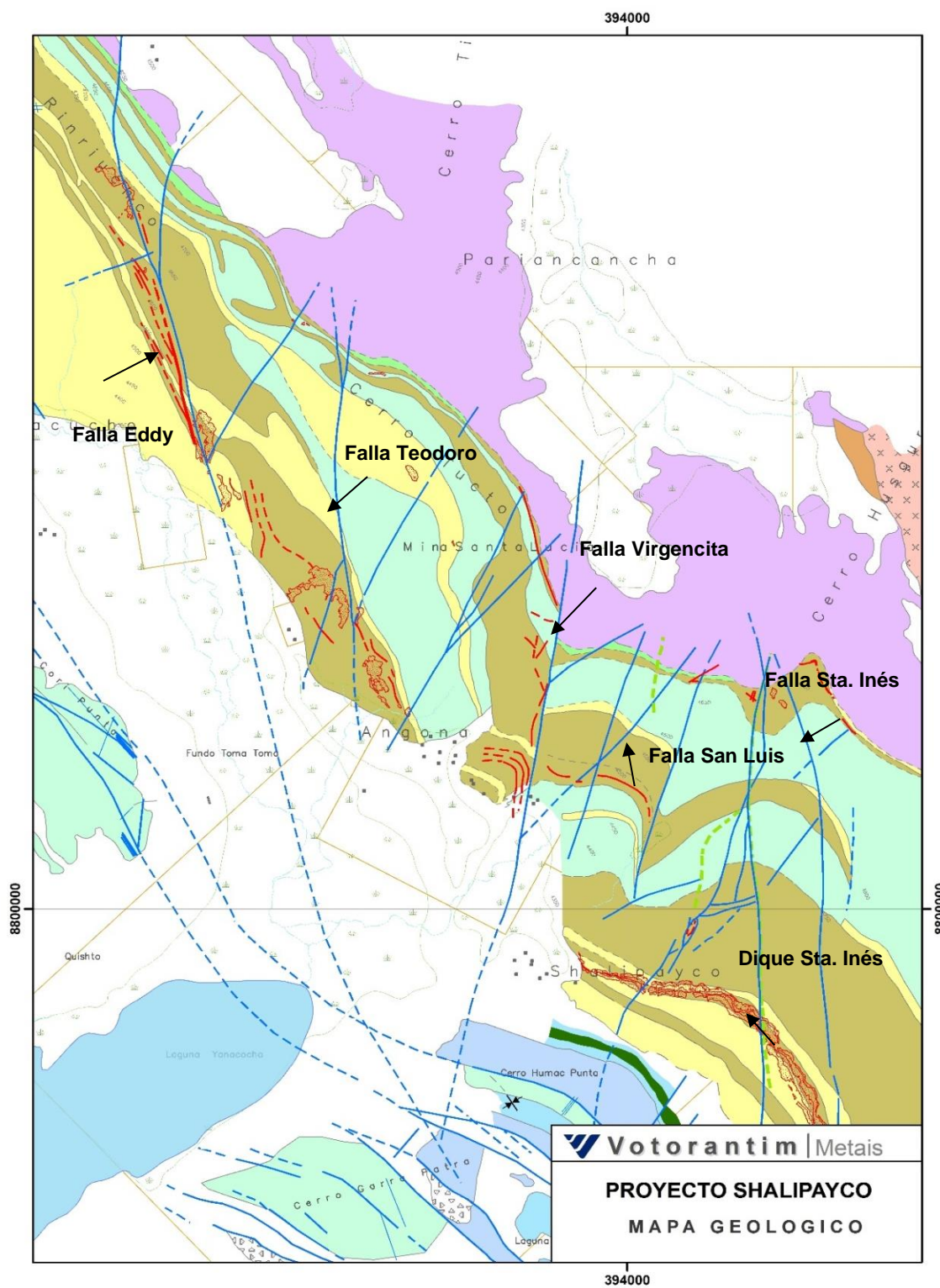


Figura 32. Se observa las estructuras principales en el área del proyecto.

4.5.3. Mineralización

La mineralización de Zn-Pb y Ag en el proyecto tiene las características de un yacimiento tipo MVT y ocurre principalmente en forma de mantos dentro de la Formación Chambará en niveles estratigráficos que van desde la base (contacto con las molasas del Grupo Mitu) hasta la parte superior de la Formación Chambará.

Los mantos se encuentran en niveles de dolomías, relacionados a la variación lateral, por lo general de tamaño de cristal medio a grueso, de dolomitas porosas que es interpretado como un reservorio de hidrocarburo y azufre reducido donde precipitaron los sulfuros, y con frecuencia asociadas a fallas/fracturas N-S. La longitud de los afloramientos de los mantos mineralizados varía entre 50 y 400 metros, la potencia promedio es de 1.50 metros. La excepción la constituye el manto Resurgidora que alcanza 2, 000 metros de longitud y una potencia hasta 18 metros.

Otra ocurrencia de mineralización es del tipo veta, con rumbo N170 (Eddy), constituidas principalmente por pirita y cantidades menores de esfalerita, galena, ocasionalmente calcopirita y como minerales de ganga se observa cuarzo, calcita y dolomita. La veta Eddy tiene una longitud de afloramiento de 400 metros y una potencia máxima de 8 metros.

La esfalerita es el mineral principal, seguido bastante lejos de la galena con contenidos de plata. Pirita y marcasita están casi siempre presentes, éstos minerales son especialmente abundantes en la zona de Mantos. En los informes de CEDIMIN (1985) y García (1994) se describe la presencia de calcopirita en pequeñas cantidades. Como minerales de ganga, y en primer lugar, se tiene dolomita de diferentes generaciones y tamaños, cuarzo y calcita.

Composición Química

En la tabla N° 5., se presenta la composición química de la muestra del mineral de Manto.

Tabla 5. Análisis químico del mineral de cabeza en % y en g/T.

Pb _T (%)	Zn _T (%)	Ag	Au	Fe	C _{org}	PbO _x	ZnO _x	S _T (%)
0.39	5.89	57	0.45	3.97	0.17	0.17	0.06	6.71

Cabe destacar que el mineral tiene poca concentración de especies oxidadas de plomo pero dada la baja ley del plomo total, las especies oxidadas representan el 43% del total; en cambio con respecto al zinc prácticamente no hay especies oxidadas (menos de 1%), la pirita es relativamente abundante (40% de los sulfuros).

Debe destacarse la presencia de carbono orgánico en el mineral pues no es una ocurrencia común en minerales polimetálicos.

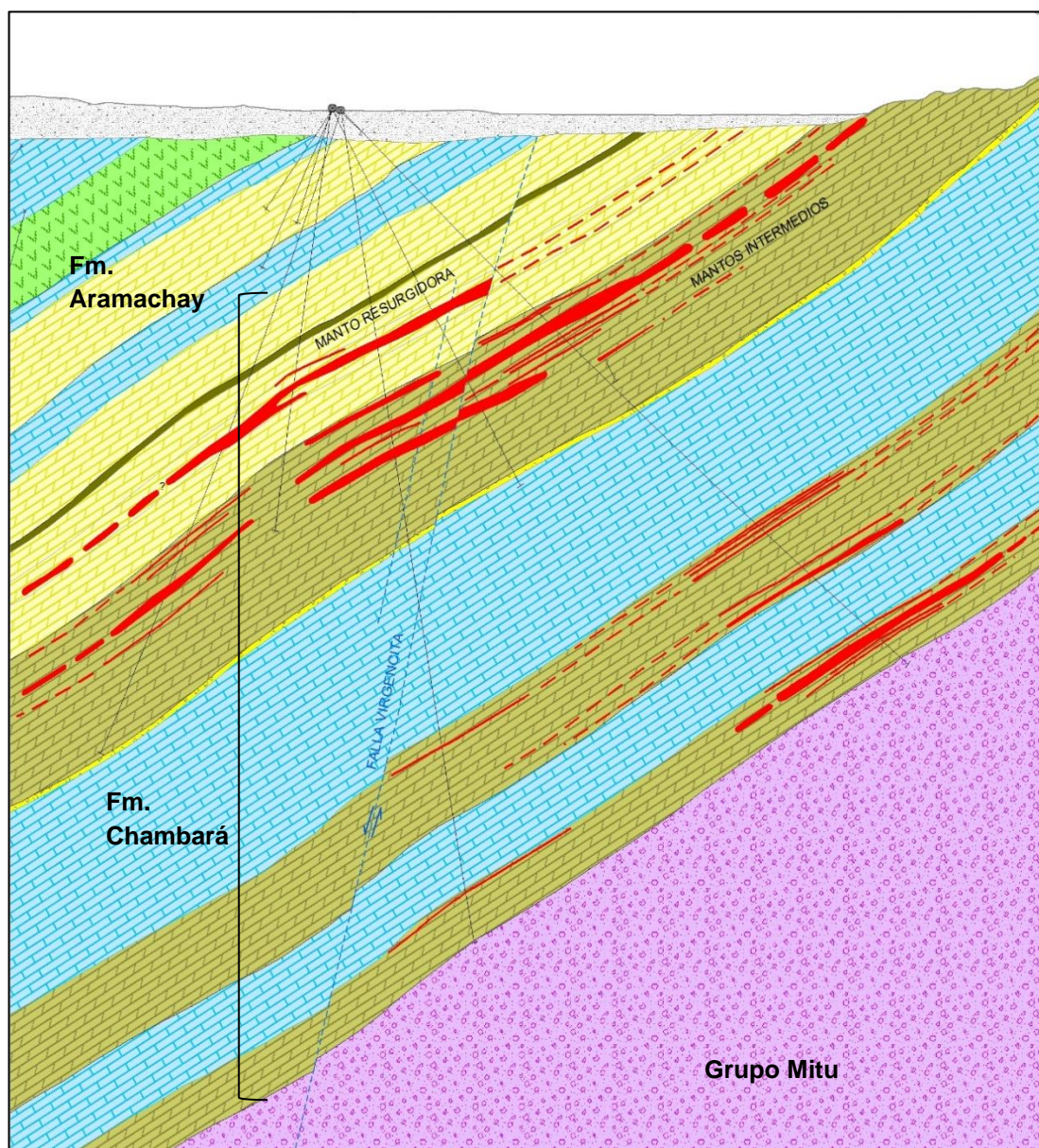


Figura 33 Sección geológica mirando al NE donde se muestra la mineralización en forma de mantos que van desde la base del Grupo Mitu, hasta la parte superior de la Fm. Chambará. (Elaborado por Votorantim Metais, 2008).

Manto Virgencita (contacto Mitu – Pucara)

Los mantos se encuentran emplazados en dolomías grises oscuras con tamaño de cristal grueso, bituminosas y con cavidades rellenas de doloesparita y calcita. Se encuentra principalmente entre los miembros Basal

y Dolomía “wackestone” gris Inferior. Hacia el este, el manto va desapareciendo y se interdigita con dolomía “wackestone” gris clara.

La mineralización consiste en esfalerita y galena; ocurre en forma masiva, diseminada, relleno parcialmente cavidades de disolución y, aisladamente, relleno fracturas. En el extremo noreste ocurre pirita diseminada y óxidos de hierro.

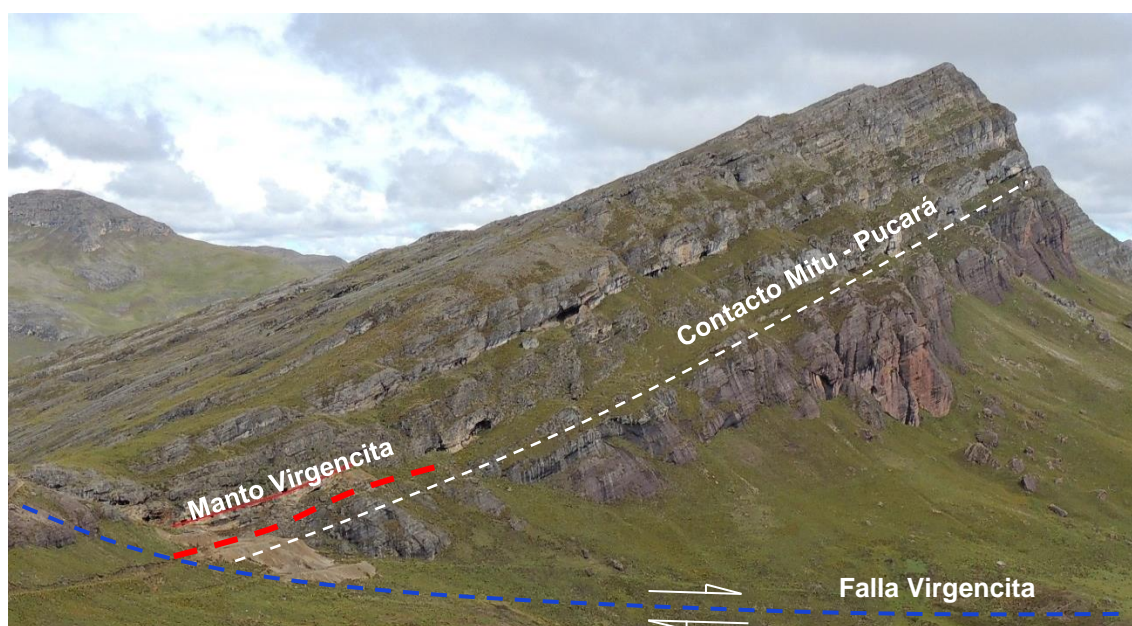


Figura 34 Se observa el manto Virgencita emplazados en las dolomías “wackestone” grises de la base de la Fm. Chambará.

Mantos Intermedios

Es uno de los mantos más importantes que hospeda el mineral del proyecto Shalipayco, se emplaza en las Dolomía “wackestone” gris porosa, los mantos intermedios contienen más evidencia de presencia de evaporitas, dolomitas porosas y extensas que probablemente sirvieron como un reservorio lateral para hidrocarburos y gases de azufre reducido.

Además, una caliza dolomítica (dolomía “mudstone”) de grano fino de facies sabkha que sobreyace al Manto Intermedio podría haber servido como una excelente trampa de hidrocarburo y gas que proporcionaban una gran fuente de azufre reducido.

La mineralización principal es esfalerita que ocurre diseminada dentro de estructuras bandeadas y en menor cantidad en agregados rellenando cavidades, a veces diseminada. También se observan diseminaciones esporádicas de galena; la pirita se encuentra diseminada al techo y está asociada con bitumen.

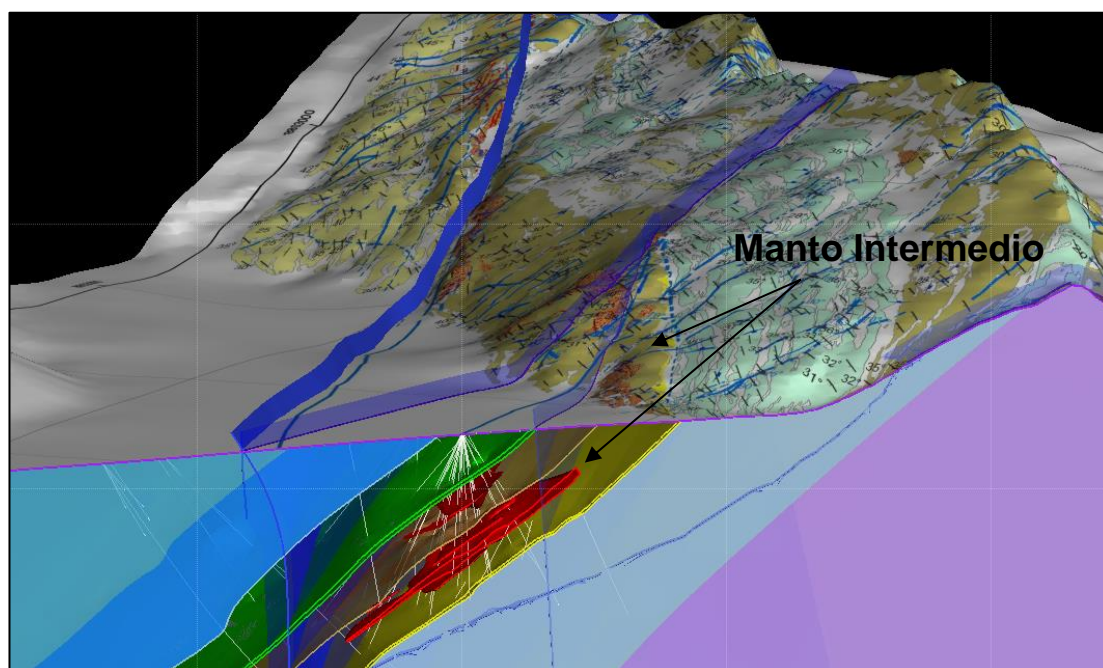


Figura 35. Se muestra una sección mirando al NE donde se puede apreciar los mantos intermedios que se encuentran emplazados en la dolomía “wackestone”.

Manto Resurgidora

Es la estructura más larga que ha sido observada dentro del proyecto, tiene un afloramiento de por lo menos 2 kilómetros con potencias que alcanzan los 18 metros, pero también es la que presenta los contenidos metálicos más bajos (0.3% Pb, 2.2% Zn, 29g/t Ag; García, 1994). Los primeros afloramientos se encuentran a 500 metros al este de la Laguna Yanacocha y se extienden hacia el sureste (laguna La Capilla). Se emplaza en el Miembro Dolomía “mudstone” beige en la base son laminares y con estructuras del tipo “bird’s eyes”.

La mineralización es pobre y está constituida por esfalerita relleno de pequeñas estructuras “bird’s eyes”, en pequeños lentes entre los planos de estratificación, la galena ocurre en diseminaciones aisladas y pequeñas venillas. La pirita y marcasita son abundantes y están diseminadas en todo el manto, la oxidación de estos minerales hace notorio al manto. La esfalerita, calcita rellenan la porosidad intercrystalina y cavidades, mientras que la baritina aparece principalmente en venillas cortas transversales y paralelas a la estratificación.

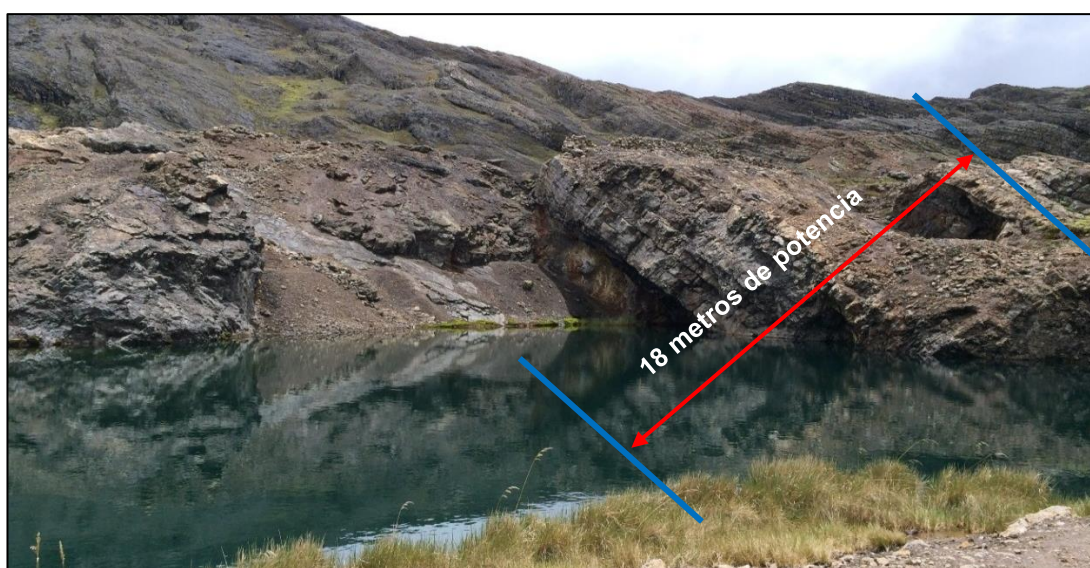


Figura 36. Manto Resurgidora, en el sector Shalipayco con cateos de exploración a pequeña escala, con una potencia promedio de 18 metros.

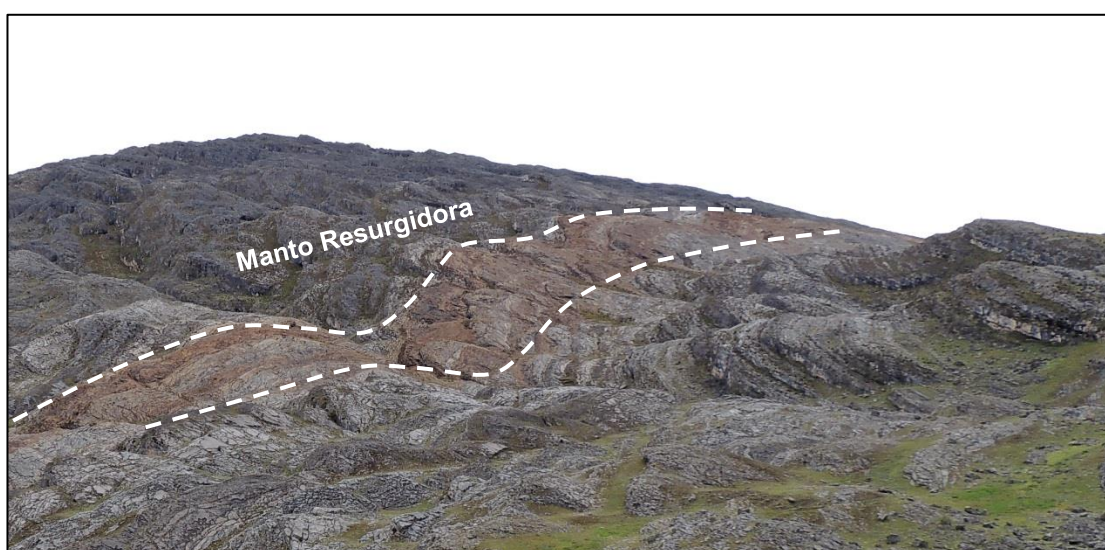


Figura 37 Manto Resurgidora, donde se puede apreciar una notoria oxidación y extensión.

Veta Eddy

Se trata de la falla del mismo nombre que de manera irregular se encuentra mineralizada, tiene una orientación N170° y 75°E de buzamiento. La falla aflora por más de 2 kilómetros, pero solamente se ha reconocido pequeñas concentraciones de sulfuros e indicios de mineralización a lo largo de 400 metros con una potencia de 8 metros. En los afloramientos y en las labores (tajeos y medias barretas) se observa mayormente minerales oxidados de hierro, manganeso y cantidades menores de Zn y Pb. En las zonas más bajas se ha reconocido mayormente pirita y marcasita con diseminaciones de esfalerita y galena.

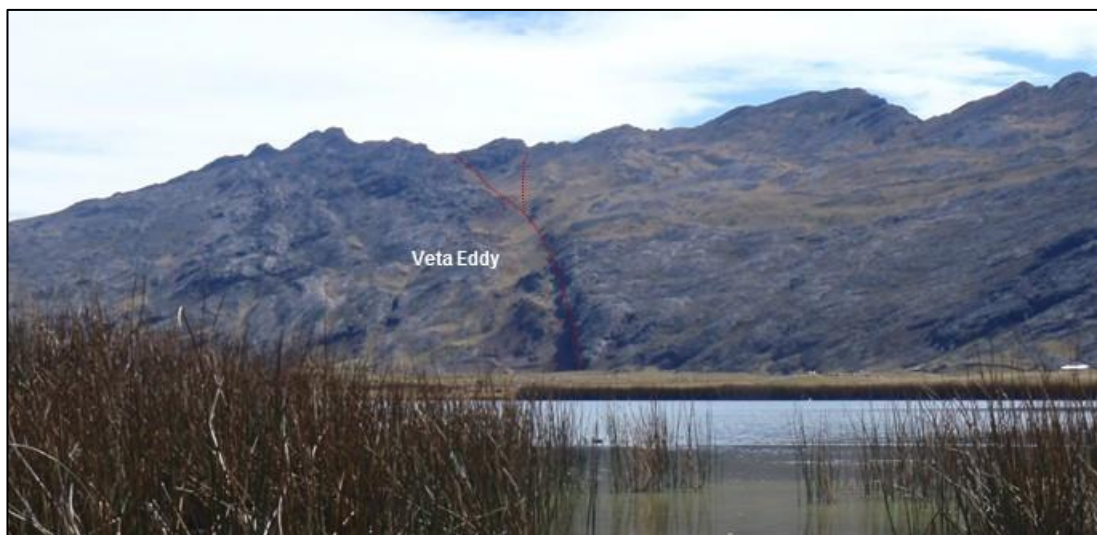


Figura 38. Veta Eddy, se encuentra en la zona Norte de Shalipayco con un afloramiento de 400 metros con potencia hasta 8 metros, constituido mayormente por pirita, con parches de galena y esfalerita.

4.5.4. Controles de mineralización

La mineralización se encuentra claramente controlada por la litología (niveles de dolomita de tamaño de cristal medio a grueso) y en segundo lugar por las fallas y fracturas, principalmente de rumbo N-S.

Las fallas de fuerte buzamiento son conocidas como principales conductores de la mineralización de los depósitos tipo Mississippi Valley, y la naturaleza de la roca huésped (por ejemplo, las variaciones en permeabilidad y composición, alteraciones diagenéticas y epigenéticas)

deberían haber jugado un rol importante en determinar la dotación de metal en un manto particular.

4.5.5. Control Estratigráfico

La mineralización de estilo “manto” fue desarrollada dentro el área de Shalipayco exclusivamente dentro las rocas de la Formación Chambará en 5 posiciones estratigráficas. Sin embargo, la estratigrafía es complicada por el fuerte desplazamiento de la secuencia del Grupo Pucará dentro las estructuras de tendencia NE-SW como la falla Virgencita-Pucará. Los mapeos y estudios de columnas estratigráficas más detallados fueron realizados para determinar la posición real de cada manto de la columna de la Fm. Chambará.

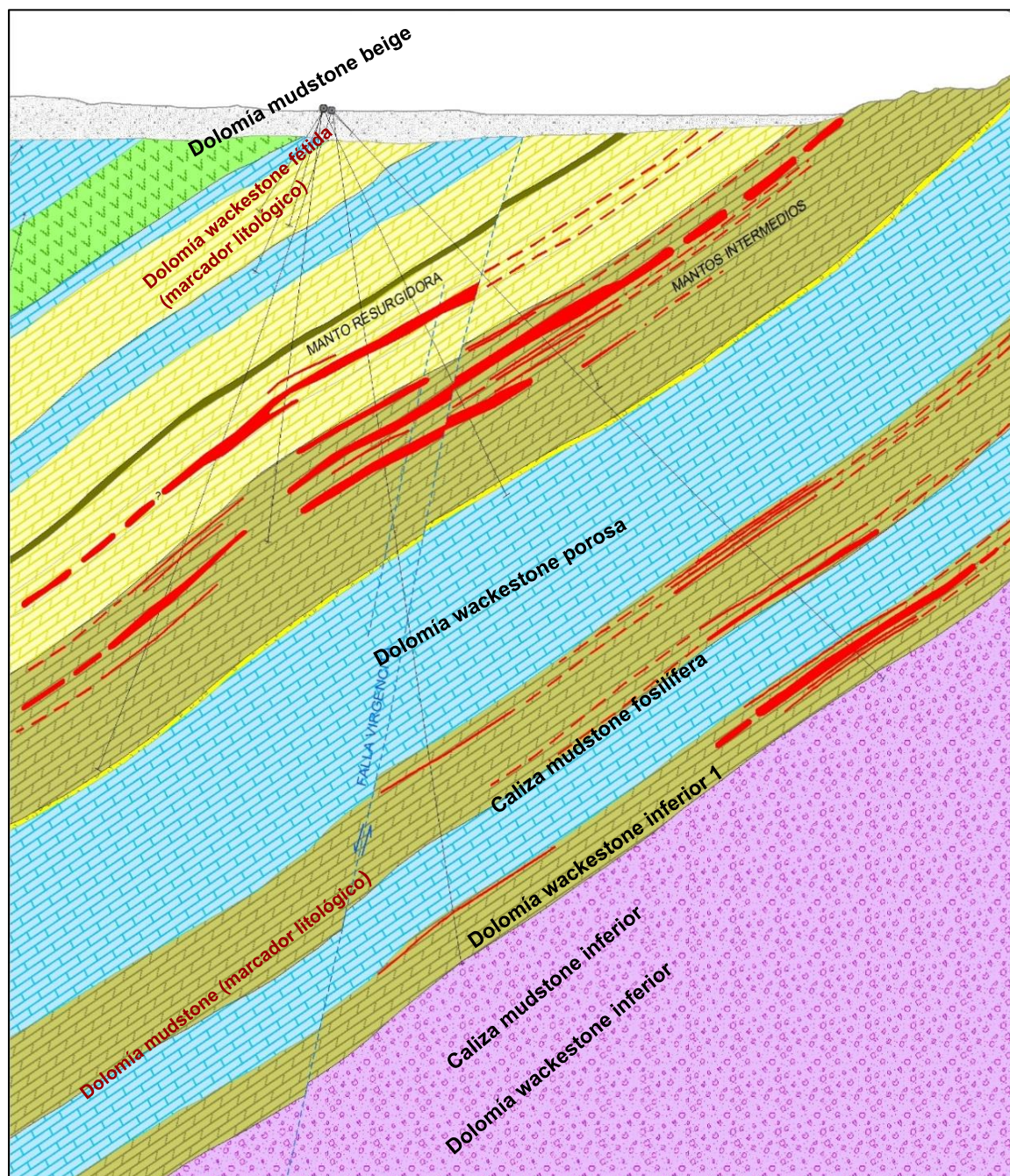


Figura 40. Sección geológica mirando al NE, se observa los diferentes niveles estratigráficos donde está emplazada la mineralización. (Elaborado por Votorantim Metais).

4.5.6. Control Litológico

La deposición de los sulfuros a partir de “brines” está, en gran parte controlada por procesos diagenéticos que generan porosidad secundaria y permeabilidad (dolomitización) en rocas carbonatadas.

4.5.7. Control Estructural

El control estructural lo constituyen las fallas y fracturas mayores de dirección cercana a N-S, en ocasiones éstas se encuentran mineralizadas, como es el caso de la veta Eddy. A escala del afloramiento se ha observado fracturas menores con la misma dirección, pero también varias fracturas de dirección NE, que se ven a veces abiertas y podrían corresponder a fracturas de tensión formadas en algún momento del movimiento transcurrente de las fallas mayores (Macharé, 1998).

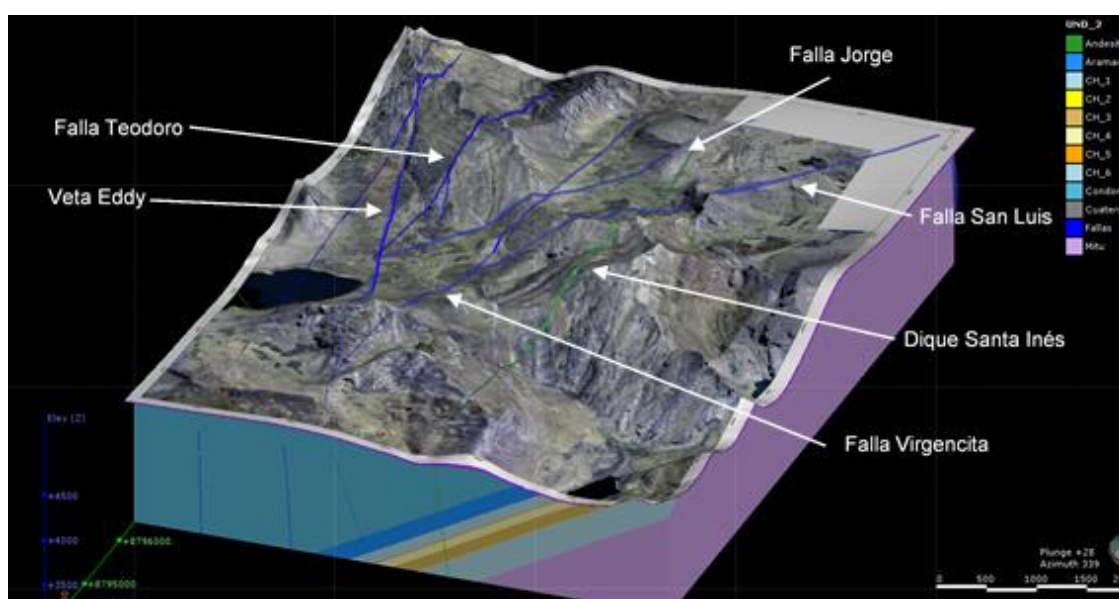


Figura 41. Se observa las estructuras principales del proyecto.

4.6. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN MICROSCÓPICA DE LA MINERALIZACIÓN

4.6.1. Rocas originales (protolitos)

De manera general todas las muestras presentan una fuerte alteración diagenética y/o hidrotermal que borró en gran parte y hasta totalmente las texturas y/o composiciones originales. Sin embargo en varios casos se pueden todavía realizar observaciones confiables que indican que los protolitos son rocas carbonatadas excepto en el caso de la muestra TP-1523247 (andesita).

Las calizas son micriticas en general con presencia en ciertos casos de bioclastos (mudstone a wackestone) de tipo bivalvo y crinoide. Se encontraron muestras de calizas oolíticas (packstone a grainstone). La mayor parte de las muestras presentan ciertos contenido de material orgánico bajo forma de esferas diseminadas <10 µm de tamaño, o en fragmentos más gruesos (hasta en mm) y más excepcionalmente acumulada en vetillas estilolíticas. Este material orgánico sigue presente en las rocas después remplazo durante la mineralización y actuó localmente como trampa para sulfuros, en particular para los sulfuros de hierro y la galena.

Localmente se puede observar yeso en granos de hasta 2.5 mm organizados en abanicos o rosetas (a veces descritos como baritina en la descripción de logueo). Las calizas contienen frecuentemente piritita framboidal diseminada pero no es claro si es un evento muy precoz o más tardío relacionado a las fases hidrotermales responsables de la formación de la mineralización.

En muchos casos esas rocas han sufrido una dolomitización diagenética, con formación de una dolomita muy fina ("micrítica") borrando en parte ciertas texturas (oolitas en particular), notada dolomita 0 en el informe (0 resalta el hecho de que esta dolomita no está relacionada con las fases hidrotermales responsables de la formación de la mineralización).

La muestra TP-1523247 presenta típicamente una textura porfirítica fluidal de roca volcánica con fenocristales de plagioclasa e hornblenda

totalmente remplazados pero todavía identificables por sus hábitos y formas idiomórficas. Esta roca volcánica presenta también mineralización de esfalerita diseminada muy fina.

4.6.2. Secuencia Paragenética

La mineralización en el proyecto Shalipayco es esencialmente de zinc bajo forma de esfalerita con local presencia de plomo bajo forma de galena y muy localmente de plata bajo forma de sulfosales encontrado en inclusiones dentro de la galena.

La formación de la mineralización ha sido un proceso continuo con localmente recurrencia y superposición/repetición de fases, llevando a una removilización/enriquecimiento de la mineralización. Es notoria también la tendencia de aumento de granulometría de casi todas las fases presentes, desde las fases las más precoces hasta la fase la más tardía.

El proceso comprende globalmente 3 fases sucesivas (ver también la secuencia paragenética en la figura 42 a continuación):

-Fase 1: se trata de una fase estéril en la mayoría de los casos. Las rocas carbonatadas han sido remplazado parcialmente a totalmente por una dolomita precoz de grano fino (<100 μm en general) xenomórfica a subidiomórfica (dolomita I). En ciertas muestras está acompañada por pequeñas cantidades de esfalerita rojiza amarilla y sulfuros opacos como piritita y marcasita, ambos en granos muy finos. Parece que estos sulfuros forman una transición en el tiempo con la fase siguiente por su asociación espacial con los ensambles asociada a esta segunda fase. La dolomitización de caliza o de caliza parcialmente dolomitizada condujo a un aumento de la porosidad de la roca (un remplazo de calcita por dolomita puede llevar a un aumento de hasta 13% de la porosidad, un fenómeno bien conocido por los geólogos petrolíferos por su capacidad en formar reservorios) creando espacios abiertos para las circulaciones posteriores de fluidos hidrotermales.

-Fase 2: esta fase corresponde a la fase de formación de la mineralización, y comprende varias etapas. La etapa la más precoz

corresponde a la formación de marcasita tabular y de pirita intercrecida con una dolomita llamada tardía o dolomita II. Esta se caracteriza por ocurrir frecuentemente como granos idiomórficos en revestimiento de los espacios abiertos con un tamaño de grano de hasta 500 μm . La dolomita tardía puede presentar en ciertos casos un enriquecimiento tardío en manganeso como los mostraron los análisis EDS de microscopía electrónica (muestra TP1527254). Esta dolomita está intercrecida con esfalerita rojizo a amarilla y cuarzo en granos finos ($<150 \mu\text{m}$). Posteriormente se desarrolló una esfalerita más gruesa y más clara, hasta incolora, formando localmente granos subidiomórficos de hasta 1 mm tapizando en parte los espacios abiertos. Esta esfalerita más tardía constituye la mayor parte de la mineralización de zinc. La pirita empieza a precipitar después de la esfalerita rojizo-amarilla a amarilla pero antes de la esfalerita incolora. Es además común encontrar un ribete de esfalerita entre las dos generaciones de esfalerita. Esto sugiere que la esfalerita más precoz ha sido relativamente rica en hierro y que posteriormente cambios de condiciones físico-químicas del medio llevaron a la precipitación de pirita y de esfalerita incolora con ausencia de hierro. Ocurre también a lo largo de estilolitos cortando la esfalerita, frecuentemente acompañada por material orgánico aparentemente removilizado del stock original de la roca caliza. La pirita puede contener excepcionalmente algunas inclusiones de pirrotina. La galena es el último sulfuro en precipitar, corroyendo a la esfalerita y a la pirita, hasta pseudomorfizando localmente a la marcasita. La galena puede contener inclusiones de hasta 50 μm de sulfosales incluyendo cobres grises (tetraedrita-tennantita, con contenido probable de Ag). Localmente esas inclusiones pueden ser abundantes pero no superan los 50 μm en regla general. Se observaron puntualmente sulfosales de mayor tamaño, intercrecidos con la galena, incluyendo a polibasita-pearceita ($\text{Cu}(\text{Ag},\text{Cu})_6\text{Ag}_9\text{Sb}_2\text{S}_{11}$ - $\text{Cu}(\text{Ag},\text{Cu})_6\text{Ag}_9\text{As}_2\text{S}_{11}$, muestra TP-1526078), estefanita (Ag_5SbS_4 , muestra TP-1519930) y un sulfosal de estequiometría no concordante con ningún sulfosal oficialmente registrado (muestra TP-1542801, contiene Pb, Sb, As, S). Ciertas etapas de la fase 2 se repiten, como en particular la fase de deposición de esfalerita rojizo-amarilla,

conduciendo a una removilización de mineralización y redeposición con aumento de leyes.

-Fase 3: corresponde a una fase tardía estéril de deposición de calcita en granos gruesos a muy gruesos (hasta 6 mm) xenomórficos en el centro de las cavidades tapizadas o no de esfalerita incolora. Esta calcita tardía es bien notoria en muestra de mano por su color blanco. El proceso esfalerita-calcita aparece continuo en ciertos casos con relleno del espacio abierto sin aparente interrupción mientras en otros casos la calcita cementa clastos de esfalerita y dolomita II e hasta ocurre como relleno de fracturas en la mineralización. Localmente se puede notar presencia de yeso con la calcita. Este yeso está presente a veces en muestras con contenido de yeso “original” lo que indicaría que se trataría solo de removilización local. Hay que destacar que esta fase de brechificación/fracturación parece afectar solo la mineralización y no la caja de caliza dolomitizada, sugiriendo que se podría tratar de brecha de colapso dentro de las zonas abiertas.

Fase 4: alteración supergénica con débil oxidación de los sulfuros de hierro.

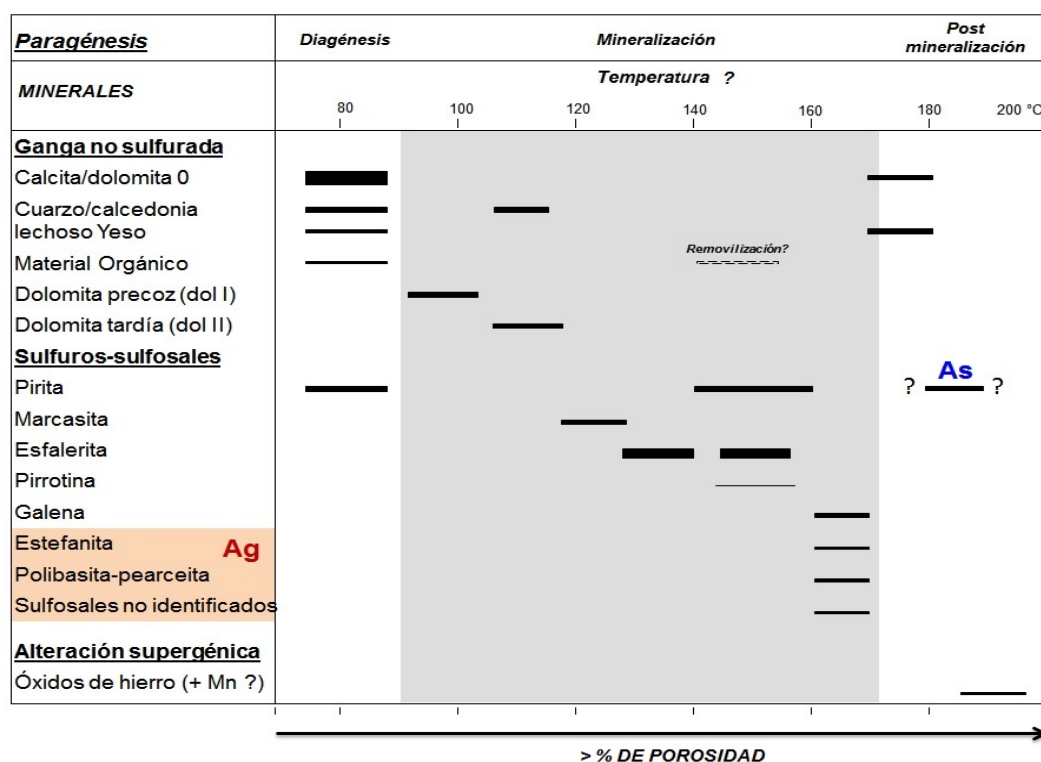


Figura 42. Secuencia paragenética establecida para el proyecto Shalipayco.

4.6.3. Minerales portadores de plata

Se identificaron dos minerales portadores de plata, la polibasita-pearceita ($\text{Cu}(\text{Ag,Cu})_6\text{Ag}_9\text{Sb}_2\text{S}_{11}$ - $\text{Cu}(\text{Ag,Cu})_6\text{Ag}_9\text{As}_2\text{S}_{11}$, muestra TP-1526078) y la estefanita (Ag_5SbS_4 , muestra TP-1519930). La tetraedrita puede también ser portadora de plata.

Esos minerales, sin embargo se encontraron en solo tres muestras. Otras muestras no presentan esas fases a pesar de tener altos contenidos de Ag, por lo cual se infiere que la plata está en gran parte contenida en las inclusiones de sulfosales incluidas en la galena.

De manera general las inclusiones en la galena presentan estequiometrias anómalas (no concordantes con especies de sulfosales oficialmente descritas e aceptadas en las literaturas). Contienen claramente Pb, Sb, As, S según los análisis EDS realizadas en microscopia electrónica (muestras TP-1542801 y TP-1511385).

La presencia de Ag en esas inclusiones no ha sido formalmente detectada pero su presencia es inferida en ciertos espectros difícilmente interpretables por sus altas líneas de base y la presencia de picos “suma” (dos rayos X de Pb y S que ingresan en conjunto al detector tienen una suma de energía correspondiendo a la de Ag). Además, ciertas inclusiones presentan una pátina de alteración que no presenta la galena hospedante, sugiriendo la presencia de plata (los sulfosales de plata son fotosensibles).

Otro argumento a favor de la presencia de Ag en esas inclusiones es la geoquímica. Los diagramas de la figura 43 indican globalmente una correlación positiva entre Ag, Sb, Pb y Zn que corresponde a la geometría de la mineralización por remplazamiento en “mantos”, con mineralización en continuo dentro de los mismos espacios abiertos generado por efecto de dolomitización.

La correlación entre Sb y Ag es la mejor de las cuatro, indicando una íntima relación entre esos elementos que va más allá de las raras ocurrencias de polibasita y estefanita. La correlación entre Ag y Pb es menos buena indicando que si bien toda la plata esta encontrada cerca de galena, existe galena libre de plata (otra generación). Lo mismo aplica con Sb, esta

todo asociado con galena en el espacio, pero existe galena libre de este elemento. La correlación de Ag con Zn no es mejor que con Pb, indicando solo que las zonas mineralizadas en Ag se superponen espacialmente a las zonas mineralizadas en Zn pero que no existe una relación más cercana.

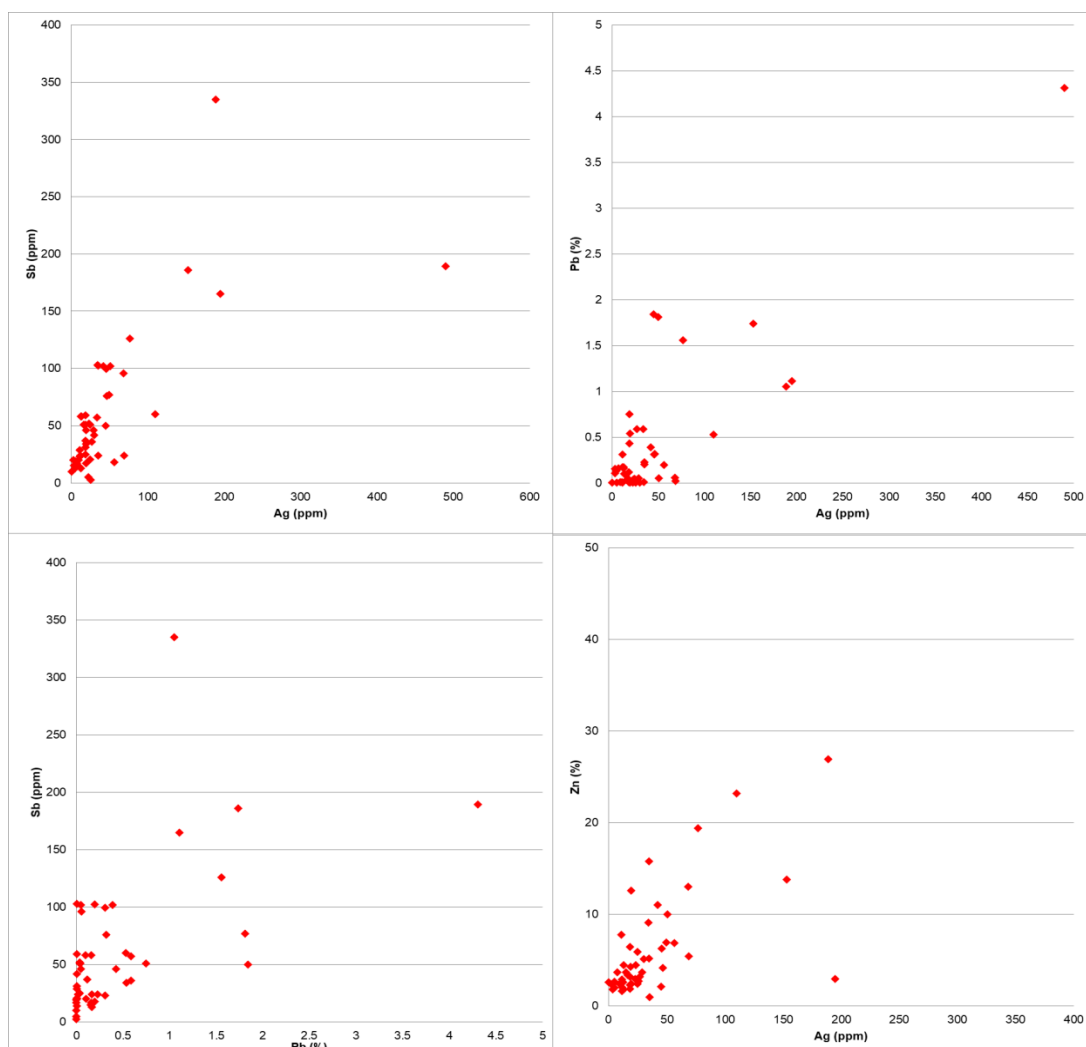


Figura 43. Diagramas de correlación química entre los elementos Ag, Sb, Pb y Zn

4.6.4. Minerales portadores de arsénico

Ciertas muestras contienen altos niveles de zinc, y según los geólogos de Votorantim, este arsénico parece espacialmente asociado a zonas de fallas tardías cortando y desplazando a los mantos. La muestra TP1527254 contiene 551 ppm de arsénico según su análisis químico. En esta muestra se comprobó mediante análisis EDS que el arsénico está ubicado en pirita. La pirita relacionada a la mineralización presenta corona/sobrecrecimiento

ricos en arsénico mientras los núcleos de granos no contienen concentraciones detectables de este elemento (Fig. 44). Esta ubicación del arsénico es entonces compatible con la interpretación de una introducción tardía del arsénico en las zonas mineralizadas.

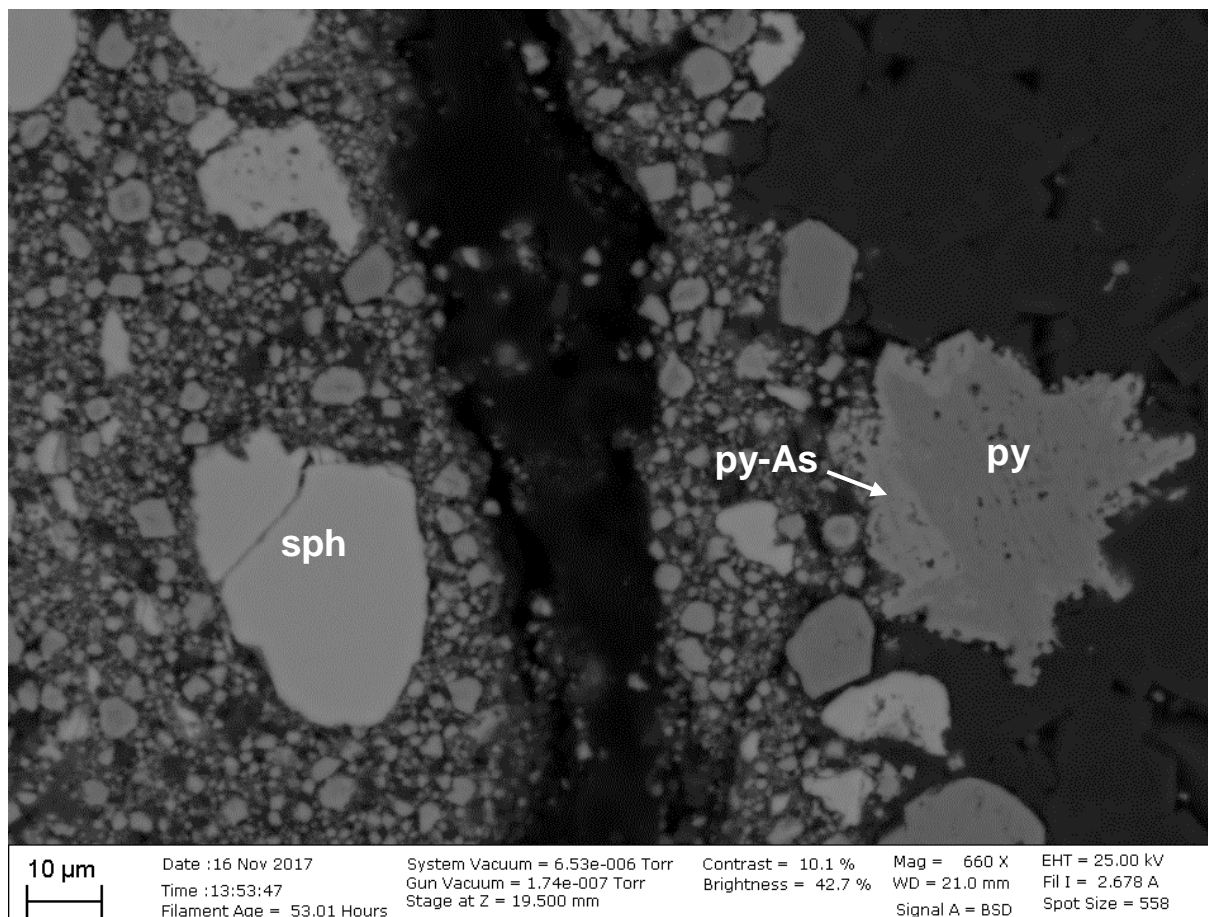


Figura 44. Vista al microscopio electrónico de barrido (SEM), en modo electrones retrodispersado, de sobrecrecimiento de pirita arsenical (py-As) sobre la pirita (py). Sph: esfalerita.

4.6.5. Minerales portadores de manganeso

Ciertas muestras presentan un alto contenido de manganeso. La muestra TP-1521720 contiene 6540 ppm de Mn y presenta óxidos de manganeso precipitando entre las terminaciones idiomórficas de la dolomita II (Fig. 48). La muestra TP-1527254 contiene 4720 ppm de Mn contenido en la dolomita tardía que presenta un enriquecimiento en este elemento en sus últimas etapas de cristalización (Fig. 45). Es posible que el manganeso bajo forma de óxidos observado en la muestra TP-1521720 sea producto de removilización del manganeso de la dolomita tardía.

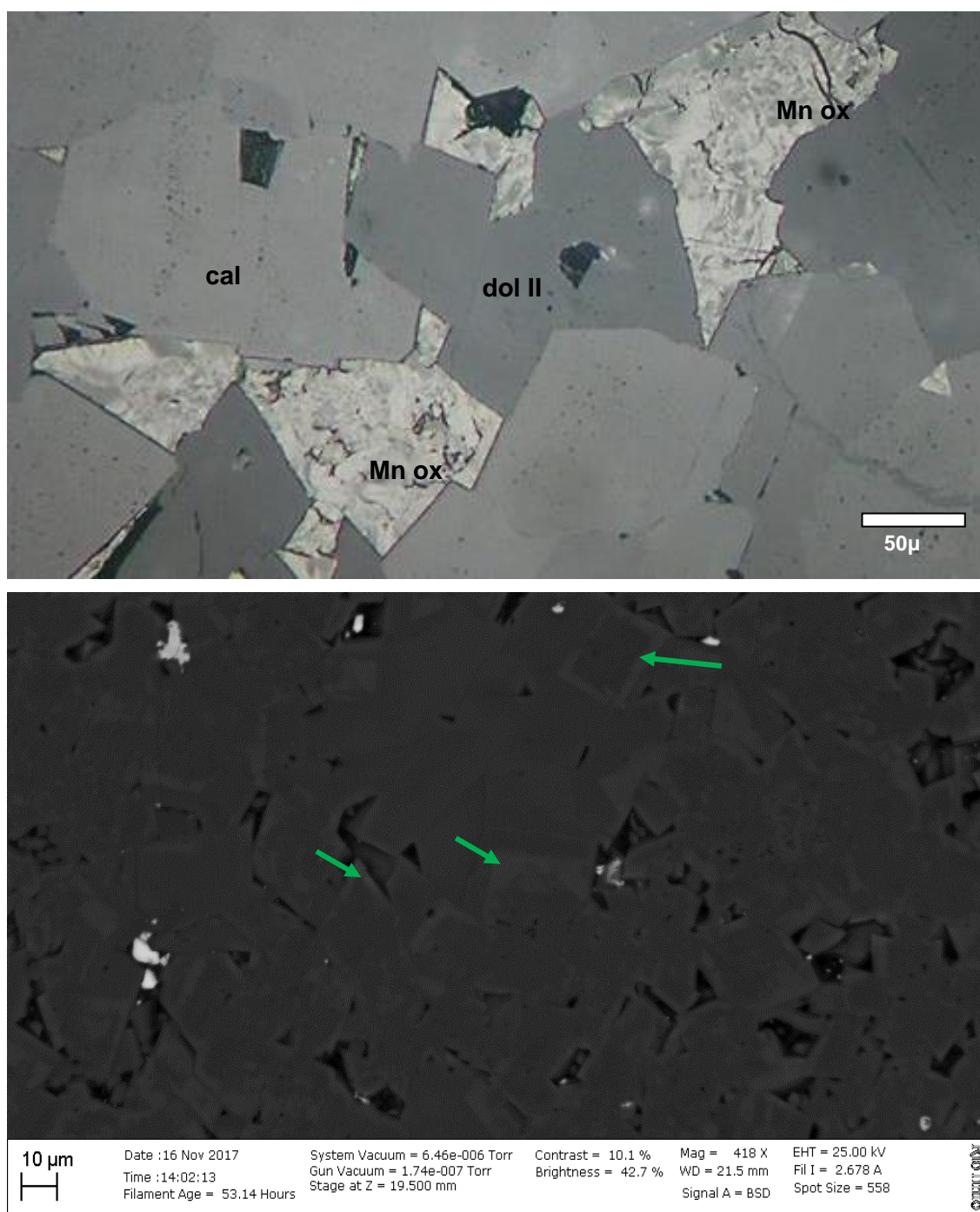


Figura 45. Arriba: Vista bajo el microscopio óptico, en luz reflejada, de un relleno intersticial con óxido de manganeso birreflectante, dentro de una playa con dolomita tardía (dol II) y calcita tardía gruesa (cal). Muestra TP-1521720; Abajo: vista de una playa de dolomita tardía idiomórfica (dolomita II) en microscopia electrónica de barrido en modo electrones retrodispersado. Las terminaciones idiomórficas de los granos de dolomita tienen un color más clara (flechas verdes) correspondiendo a un enriquecimiento en manganeso en fines de etapa de cristalización de este mineral, según análisis EDS. Muestra TP-1527254.

4.7. TEXTURAS

A continuación se presentaran las texturas principales que hospedan al mineral.

Brecha Evaporítica

Brecha evaporítica del Manto Resurgidora.

Está es una clásica textura de brecha de evaporítica por la remoción in situ de minerales de evaporita (y/o conversión del yeso a minerales de carbonato). Esta brecha evaporitica del manto resurgidora nos muestra evidencia de flujo o de extrema rotación de clastos (por tanto no es una brecha tectónica de evaporita). El color rojo es debido a la oxidación (fig. 46).



Figura 46. Brecha evaporítica.

Brecha Típica de Evaporita

Forma producida de la conversión “in situ” de una evaporita (yeso) - roca rica en carbonato en una dolomita de grano grueso (o calcita) con clastos de roca huésped (mínima rotación y transporte de clastos). Esta textura puede estar presente como ocurrencias locales en la cuenca del Pucara o puede definir grandes mantos de mena.



Figura 47. Brecha evaporítica con clastos de dolomía wackestone, y matriz de doloesparita y pirita en parches del Manto Intermedio SH-70 (278.30 m).



Figura 48. Brecha evaporítica, con clastos de dolomía beige oscuro wackestone, con calcita y esfalerita diseminada. SH-54 (415.60 m).

Brecha Sedimentaria

La brecha sedimentaria puede tomar muchas formas y apariencias, una vista de cómo son distribuidos en la secuencia de roca es una pista para su clasificación. Ellos frecuentemente muestran distribuciones tipo abanico, características de deposición sedimentaria, matriz de grano fino y clastos redondeados.



Figura 49. Brecha sedimentaria con distribución tipo abanico.

Brecha sedimentaria

Con pobre clasificación de tamaños de los clastos, tal vez un debris flow y corta distancia de transporte.



Figura 50. Brecha sedimentaria con poca distancia de transporte.

Brecha de Falla

Típica brecha falla con clastos angulares en una roca huésped disgregada de grano fino. Pobre clasificación de clastos y proximidad a una falla es obviamente una fuerte evidencia. Cabe mencionar algunas precauciones, en que las brechas de falla y las zonas de falla pueden tener karst sobreimpuesto o brechamiento hidrotermal y pueden ser complejas.



Figura 51. Brecha de falla. SH-202 (201.00 m).

Esta muestra es una brecha falla compleja mineralizado con pirita, (Veta Eddy). Sin embargo, es probable que algunas de estas brechaciones podrían ser una brecha tectónica evaporítica en la Veta Eddy. La fuerte mineralización ha oscurecido mucha de la textura original de la brecha. Típicamente la mineralización esta preferencialmente localizada en la matriz fina de la roca debido a que los pequeños fragmentos son más fácilmente reemplazados. Las brechas post-mena de sulfuros son comunes en la Falla Eddy.



Figura 52. Brecha Mineralizada.

Crackle Brecha

La brecha crackle consiste de abundante fracturas radiales frecuentes cerca de zonas de fallas y zonas extensionales asociada con karst y brecha evaporítica. La figura de abajo muestra algunas de las variaciones

observadas en Shalipayco. Colectivamente, la crackle brecha puede ser muy importante en proveer acceso de los fluidos de mena a la roca huésped y además contribuir al enriquecimiento de metal en el depósito (Fig 53).



Figura 53. Crakle Brecha.

Dolomía porosa con mayor distribución de poros

La porosidad también podría ser llamada como “porosidad secundaria” usada comúnmente en la industria del hidrocarburo para describir la porosidad creada durante la diagénesis y maduración orgánica - típica de muchos reservorios de hidrocarburos en carbonato.



Figura 54. Dolomía wackestone del Manto Intermedio, esfalerita reemplazando la roca y rellenando los poros. SH-202 (139.40 m).

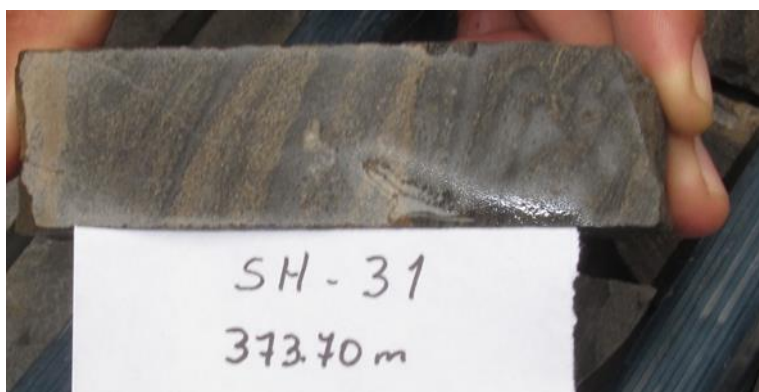


Figura 55. Dolomía mudstone a wackestone porosa, la esfalerita se encuentra rellenando los poros, que anteriormente pueden haber sido poros rellenados con hidrocarburos y gases de azufre reducido. SH-31 (373.70m).

Dolomía Porosa

Con distintiva estratificación; la esfalerita rellena los poros y reemplaza la roca huésped.

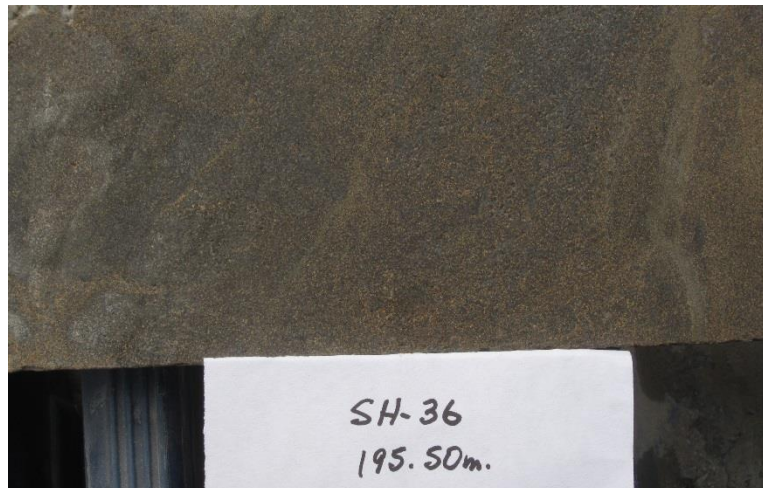


Figura 56. Dolomía wackestone porosa, la esfalerita se encuentra rellenando los poros y reemplazando la roca huésped SH-36 (195.50m).

Dolomía Pakstone

Textura grano-soportada y con matriz micrítica. El espacio intergranular está ocupado por micrita. Fig 57 Dolomita pakstone de color gris, con presencia de Sph. Diseminada, parcialmente lixiviada.



Figura 57. Dolomita Packstone.

Sabkha

Densa dolomita de grano fino con áreas diseminadas de yeso (¿?) en formación - una textura comúnmente presente en las secuencias evaporítica. El Manto Resurgidora pueden haber provisto un "sello" para hidrocarburos-gases de azufre reducido en el Manto Intermedio.

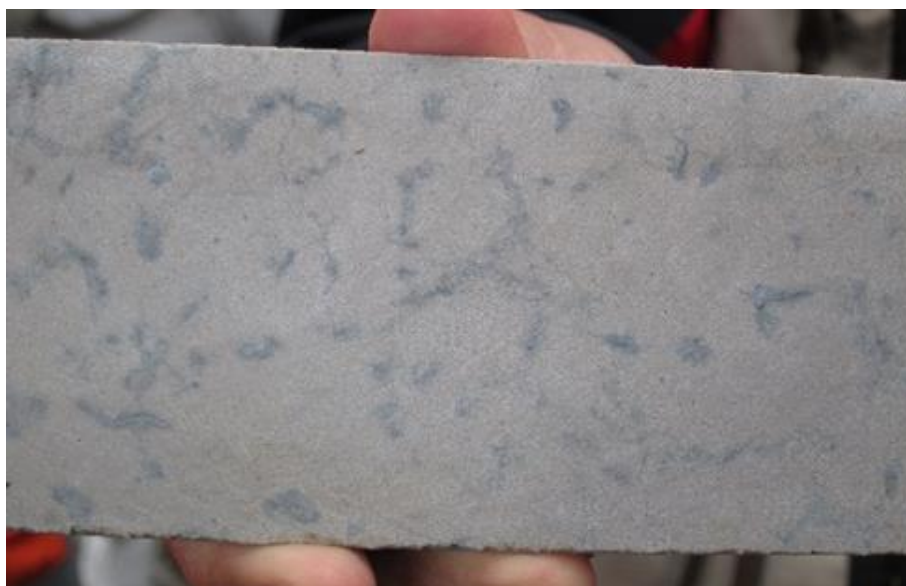


Figura 58. Dolomía de grano fino con evidencia de minerales e evaporita esta evaporita se nota desaparecida debido a que los minerales de evaporita son pobremente preservados.

Dolomita mudstone en Facie Sabkha en el Manto Resurgidora

Con pseudomorfos de yeso. La caliza puede haber proporcionado un “sello” para hidrocarburos - gases de azufre reducido en el Manto Intermedio subyacente.



Figura 59. Dolomía Mudstone en facie Sabka.

El lado derecho de la imagen es el tope del Manto Intermedio el cual está separado del sobreyacente Manto Resurgidora por una caliza o dolomía de sabkha de grano fino (los cores de colores suaves en el medio a la derecha) que pueden haber proporcionado un “sello” o “trampa” para hidrocarburos-gases de azufre reducido.



Figura 54. Caliza dolomía con facie sabka.

4.8. MODELO GEOLÓGICO

De acuerdo a las observaciones en campo y los sondajes ejecutados hasta la fecha, nos ha permitido obtener un modelo genético del yacimiento; en los tramos donde se interceptaron los marcadores litoestratigráficos que nos permitió definir las secuencias de los mantos mineralizados.

De acuerdo a los controles de la mineralización, mineralogía, texturas, configuración geológica y probablemente procesos formadores de mena del depósito, el proyecto Shalipayco debe ser clasificado como depósito MVT. Sin embargo, dada la diversidad de los depósitos MVT, la geoquímica limitada y la restricciones geológicas del depósito Shalipayco y el traslape de características de mena de algunos depósitos MVT con depósitos de remplazamiento de carbonatos relacionados a procesos magmáticos, hay una posibilidad que las menas de Shalipayco pueden tener alguna conexión a eventos magmáticos en la cuenca Pucará.

El depósito Shalipayco está localizado dentro una cuenca productiva de yacimientos MVT establecida. La cuenca hospedante de la mineralización lo contiene el Grupo Pucará, una secuencia de plataforma carbonatada con características de las muchas cuencas hospedantes MVT.

Estas características de cuencas son:

- Ambientes de abundante evaporitas.
- Acuífero basal oxidado sobreyaciendo una secuencia metasedimentaria.
- Secuencias oxidadas sobreyacentes conteniendo intervalos de secuencias reducidas el cual puede servir como acuitardos o fuentes y o trampas para fluidos/gas reducidas.

La plataforma carbonatada fue significativamente afectada por un evento orogénico necesario para movilizar fluidos evaporados densos en la cuenca o corteza. El depósito Shalipayco comparte características similares y control de mineralización con dos depósitos de MVT bien establecidos en la cuenca del Pucara: los depósitos de San Vicente y Cañón Florida.

La mena en Shalipayco tienen una simple mineralogía característica de los depósitos MVT: esfalerita, galena, con menor cantidad los sulfuros de hierro, menos silicificación, y ninguna mineralogía exótica (ej., ausencia o bajo cantidad de sulfuros de Cu; Au; sulfosales) características de vetas polimetálicas y remplazamiento de mena (i.e. Cerro de Pasco). La ausencia de minerales de Skarn (por ejemplo; granates, piroxenos, etc.) indica el deposito probablemente no es parte de un sistema de skarn. La ausencia de abundante ganga de cuarzo y halos de alteración son altamente sugestivos de un evento de temperatura relativamente baja para Shalipayco.

Los procesos fundamentales compartidos por todo los depósitos MVT mundiales es la migración tectónicamente vinculada a las salmueras sedimentarias oxidadas en las plataformas carbonatadas con la extracción de metales de las rocas corticales y la deposición por controles redox (mezcla de fluidos o reacciones de fluidos-roca). En detalle, los controles de la mineralización es específico en la migración de los fluidos y los procesos específicos por el cual los fluidos oxidados son reducidos son altamente diversos para los depósitos MVT mundiales. En este sentido, los procesos/controles formadores de la mineralización interpretados de las relaciones de campo para el deposito Shalipayco son similares a San Vicente y Cañón Florida.

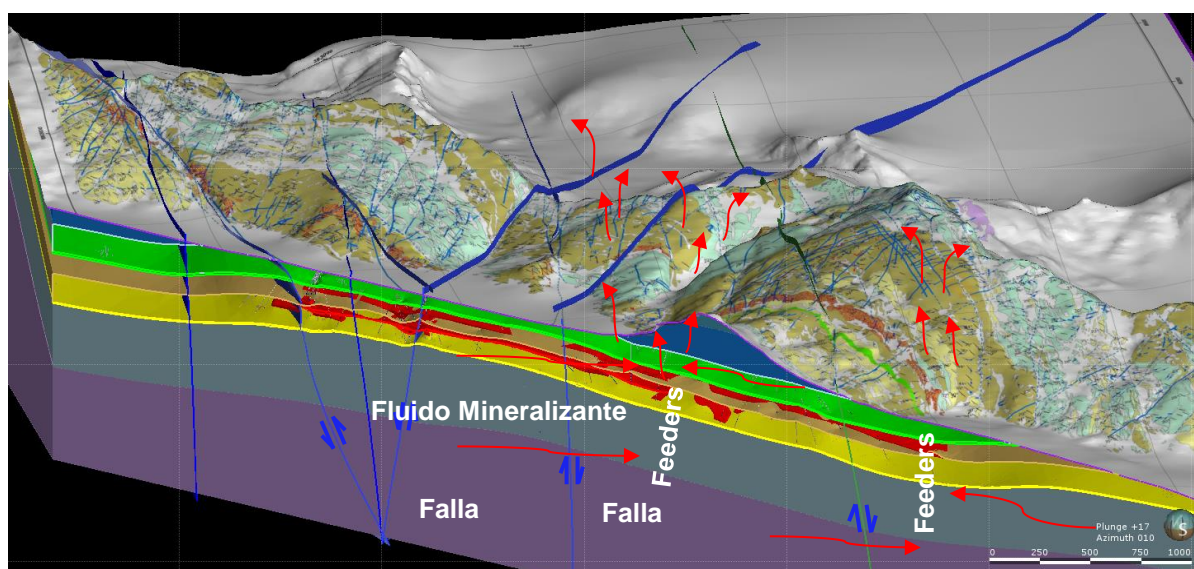


Figura 60. Sección esquemática NE del modelo geológico idealizado del proyecto Shalipayco (elaborado por Votorantim Metais, 2013).

CONCLUSIONES

1. La caracterización de la mineralización realizando el estudio de microscopia determina que:

- La marcasita precipita mayormente antes de la esfalerita roja.
- La piritita precipita después de la esfalerita roja y en parte antes de la esfalerita amarilla incolora.
- La esfalerita amarilla incolora esta sobretodo desarrollada en espacios abiertos con calcita más yeso.
- La esfalerita roja tiene Fe, la esfalerita amarillo incoloro muy poco o nada.
- Todos los sulfosales están relacionados con galena, Pero toda la galena no contiene sulfosales.

2. El yacimiento sujeto a estudio se constituye de rocas del Grupo Mitu y Grupo Pucara, la formación Chambara es donde se encuentran emplazados los mantos mineralizados; las estructuras principales son fallas y pliegues con rumbo NO-SE (rumbo andino) de carácter regional y localmente son más frecuentes las Fallas N-S y NE-SO dentro del Grupo Pucara, estando estas relacionadas a la mineralización.

3. Según el estudio microscopico se tiene la siguiente paragénesis:

- Calizas, calizas dolomitizadas con bioclastos mas yeso, material orgánico.
- Mineralización asociada a la dolomitización que crea porosidad más removilización de material orgánico.
- Precipitación de esfalerita con Fe al inicio y esfalerita sin Fe al final.
- Probables ingresos de fluidos externos más oxidantes (yeso).
- Deposición de galena después de esfalerita.
- Ag asociado con sulfosales y ciertas galenas.
- Mn asociado a dolomita tardia mas óxidos (removilización).
- Arsénico asociado a una fase hidrotermal tardía, eventualmente desconectada de la mineralización de Mn (asociado a fallas).

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios geometalúrgicos para conocer la recuperación metalúrgica de la mineralización.
2. Establecer al detalle los contactos litológicos de la mineralización económica de acuerdo a los resultados de este estudio.
3. Realizar el zonamiento de la mineralización en profundidad.
4. Complementar con estudios isotópicos para mejorar la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- **Rosas, S. (1999):** Estudio al microscopio y análisis de facies sedimentarias de 7 muestras (secciones delgadas) del Grupo Pucará en el proyecto Shalipayco. Informe interno, North Compañía Minera S.A., 33 p.
- **Rosas, S. Y Fontboté, L. (1995):** Evolución sedimentológica del Grupo Pucará (Triásico Superior – Jurásico Inferior) en un perfil SW_NE en el centro del Perú. Vol. Jubilar Alberto Benavides, Soc. Geol. Perú, 279-309.
- **Pan American Silver Corp. (Mayo 2001):** Shalipayco Property – Central Perú.
- **Marcelo Lavado (2007):** Informe Proyecto Shalipayco. (informe Confidencial)
- **Eugenio Ferrari & Daniel Hinojosa (2007-2011):** Informe Proyecto Shalipayco. (informes Confidencial).
- **Humberto Chirif (2010):** Microscopia Optica De Minerales, Bol N°1 Serie J, Ingemmet, Tópicos de Geología. 4-8, 13-14, 26-28, 59-68.
- **David Leach (2011-2013):** Reportes sobre los controles de mineralización del Proyecto Shalipayco. (reportes confidenciales de Votorantim Metais).

ANEXOS



100 años
PUCP

Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica

Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32
Contacto: jvallance@pucp.pe

Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida

Compañía: Votorantim SA
Proyecto: Shalipayco
Persona de contacto: Dr. Jonas Mota

Referencia muestra: PEDC
0000018
Referencias secciones: PEDC
0000018_idc y PEDC
0000018_sp

Nombre de la roca: **Caliza dolomitizada bioclástica con remplazo parcial por posterior dolomita, esfalerita, galena y pirita**

COMPOSICIÓN

	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca	<p>Dolomita: xenomórfica, μm</p> <p>Pirita: 1%, subidiomórfica a idiomórfica, $<50 \mu\text{m}$</p> <p>Material orgánico: 1%, esferas negras $<10 \mu\text{m}$</p>	<p>La roca es una caliza dolomitizada micrítica con cierto contenido de bioclastos (<i>wackestone</i>), en particular bivalvos. La recristalización impide identificar ciertos bioclastos. La roca contiene también disseminaciones, de pirita y de material orgánico. La repartición homogénea a escala de la lámina delgada de la pirita y del material orgánico contrasta con la distribución de la pirita, sugiriendo que corresponde a un evento anterior, probablemente diagenético.</p>
Alteración hidrotermal/mineralización	<p>Dolomita II: 5%, en granos xenomórficos a subidiomórficos $<100 \mu\text{m}$ intercrecidos con esfalerita;</p> <p>Esfalerita I: 2%, en granos $\leq 400 \mu\text{m}$ xenomórficos, de color amarillo con ribete externo incoloro;</p> <p>Cuarzo: muy poco abundantes granos subidiomórficos a idiomórficos $<50 \mu\text{m}$, intercrecidos con esfalerita I</p> <p>Esfalerita II: $<1\%$, en granos xenomórficos a subidiomórficos de hasta 1 mm</p> <p>Sulfuros opacos: $\sim 1\%$, galena, pirita, marcasita, por orden decreciente de abundancia:</p> <p>Calcita: $<2\%$, en granos xenomórficos a subidiomórficos de hasta $600 \mu\text{m}$</p>	<p>La roca original es parcialmente remplazada por la dolomita tardía acompañada por esfalerita amarilla de grano fino, sulfuros y raros granos de cuarzo. La transición entre la esfalerita amarilla (esfalerita I) y la esfalerita II incolora y de grano más grueso es continua por lo cual en muchos casos es difícil establecer un límite preciso. El aumento de tamaño de la esfalerita es acompañado por un aumento de tamaño de la dolomita. En pocos granos de esfalerita hay inclusiones de marcasita asociada a pirita.</p> <p>Ocurren además, playas alargadas, algo sinuosas de esfalerita en contacto con fracturas de aspecto estilolítico. Esta esfalerita tiene inclusiones de galena y pirita. Hay disseminación fina de pirita en la matriz de dolomita fina (dol 0).</p> <p>Se observan playas rectangulares de calcita tardía, cuyo límite con la dolomita II es bien marcado.</p>
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

La roca original es una caliza bioclástica que sufrió remplazo parcial por dolomita tardía asociada a la precipitación de esfalerita precoz amarilla, pasando de manera progresiva a una esfalerita incoloro de grano más grueso. La esfalerita es acompañada por muy poca abundante, galena, pirita y marcasita. La calcita tardía es estéril.

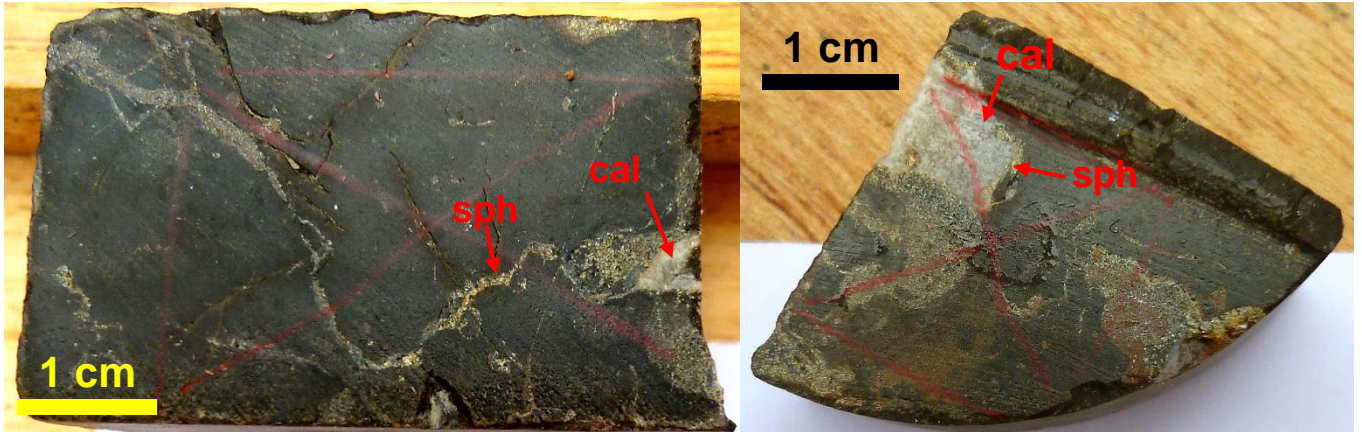
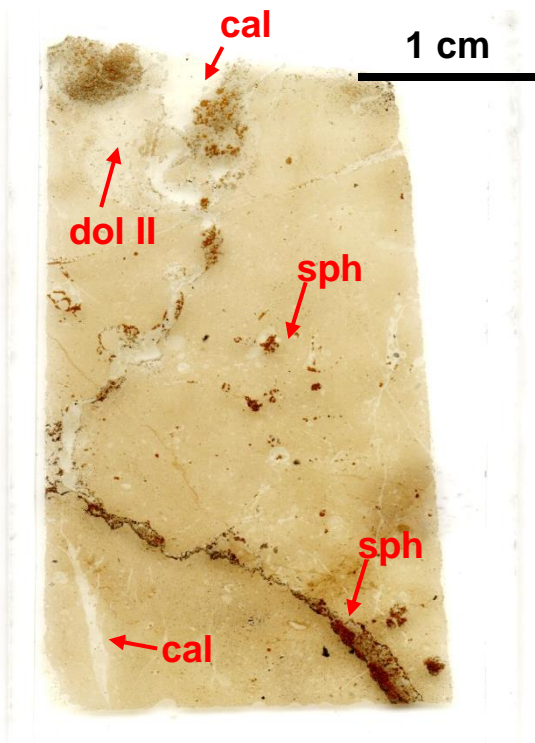


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. sph: esfalerita; cal: calcita tardía.



Izquierda: Escaneo de la lámina delgada. sph: esfalerita; dol II: dolomita tardía; cal: calcita tardía.

Abajo: Escaneo de la sección pulida

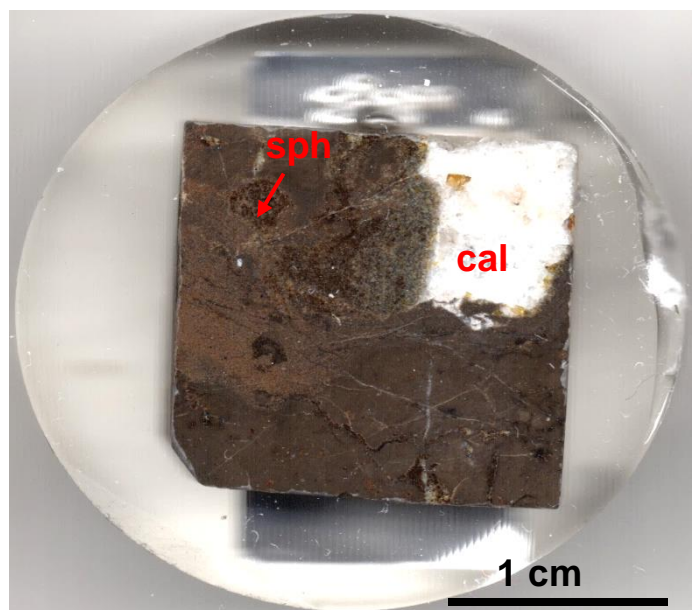
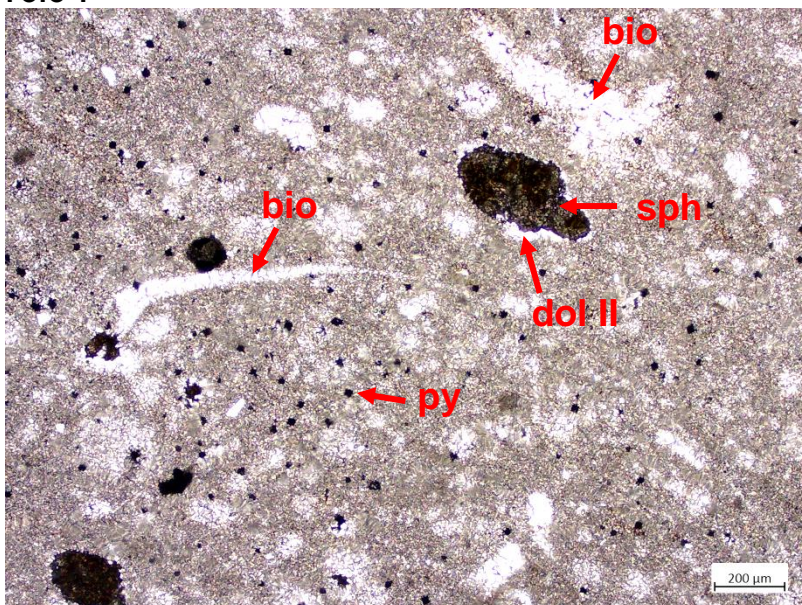
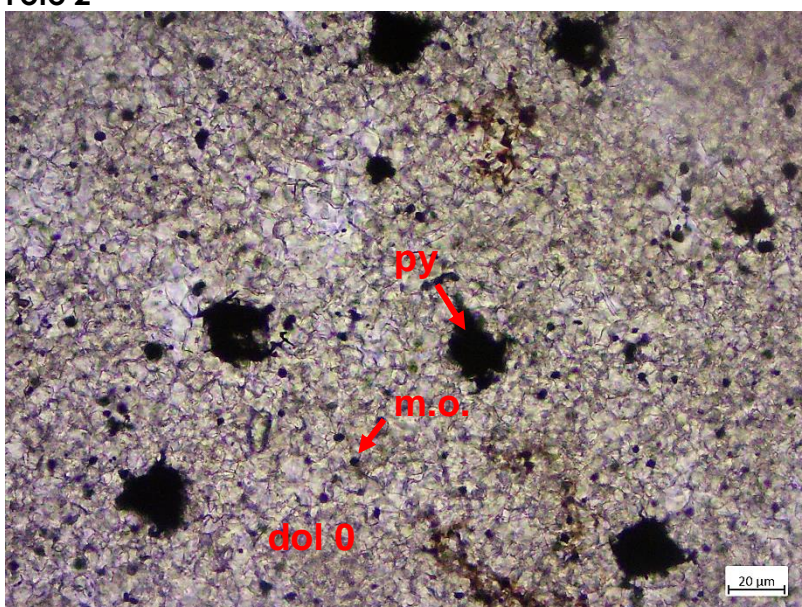


Foto 1



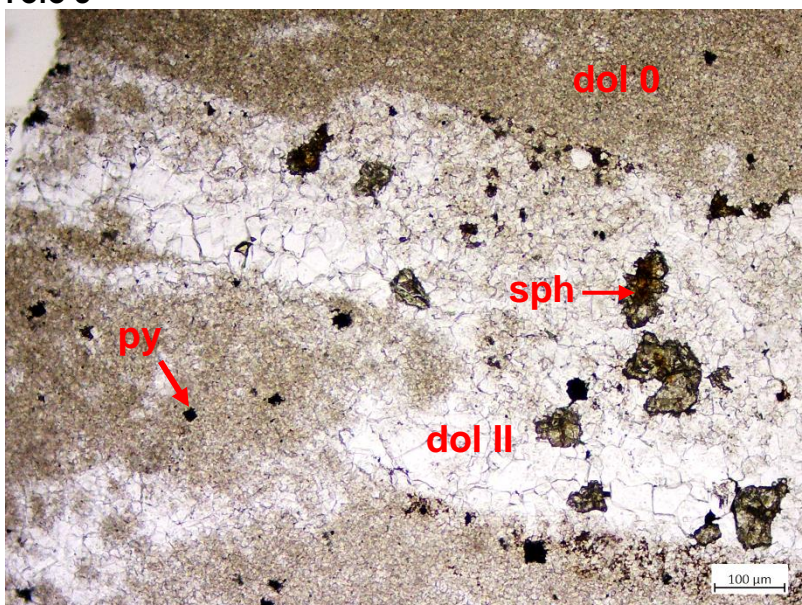
Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de la caliza dolomitizada con bioclastos (bio) y diseminación de pirita (py). Se pueden notar también granos amarillos a incoloros de esfalerita (sph) asociado a dolomita tardía (dol II).

Foto 2



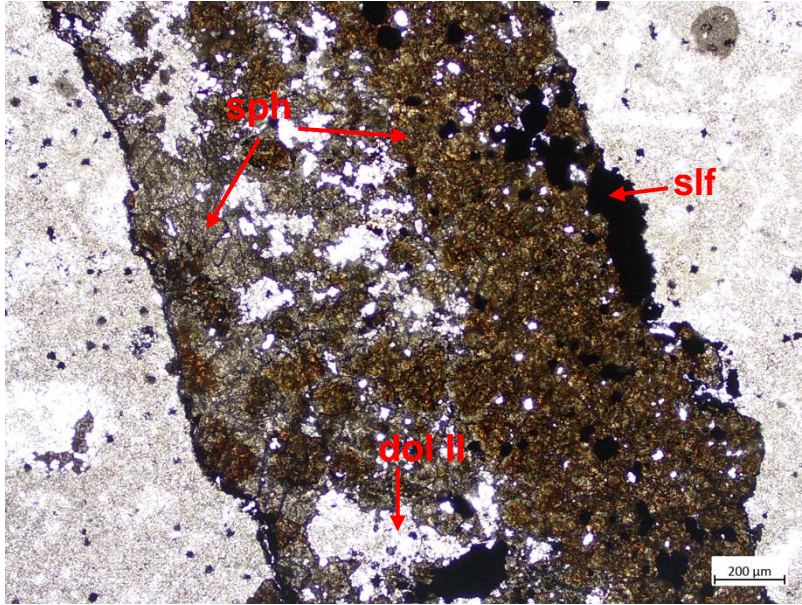
Comentarios: Vista al objetivo 40 en luz polarizada de la matriz de dolomita muy fina (micrita, dol 0) con diseminaciones de pirita en granos subidiomórficos a idiomórficos cuadrados (py) y de esferas negras de material orgánico (m.o.).

Foto 3



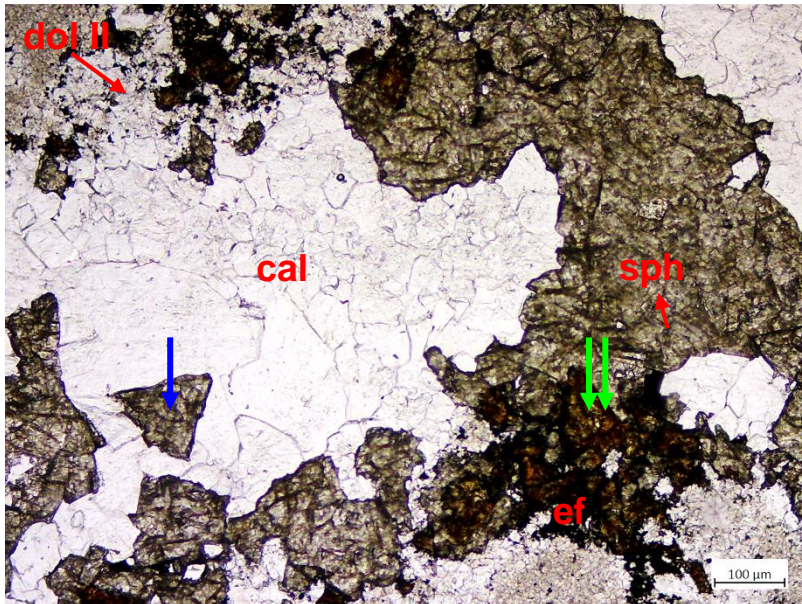
Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada del remplazo progresivo de la dolomita micrítica (dol 0) por la dolomita tardía (dol II) acompañada de esfalerita en granos xenomórficos con núcleo amarillo y periferia incoloro (sph).
Py: pirita en diseminación (ver también fotos anteriores)

Foto 4



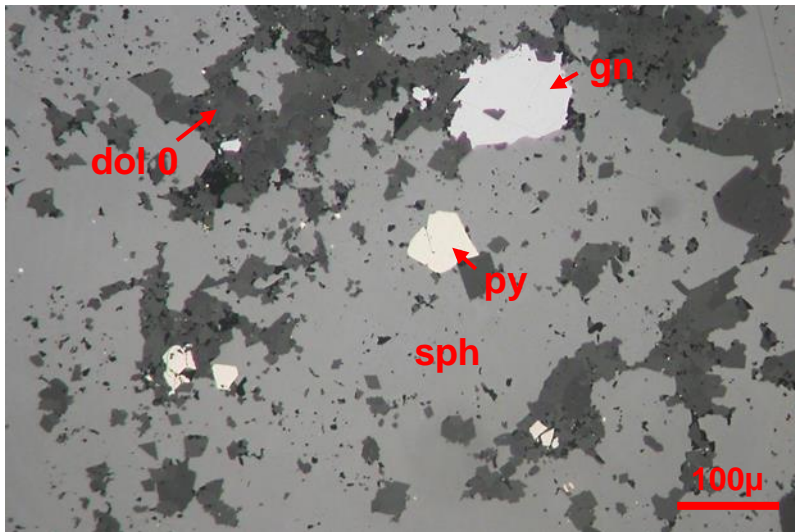
Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de una zona de fuerte remplazo de la caliza dolomitizada por esfalerita (sph), sulfuros opacos (slf) y dolomita tardía (dol II). La esfalerita presenta una zonación de color pasando de una esfalerita precoz de color amarilla a una esfalerita más tardía incolora.

Foto 5



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz polarizada de la transición entre la esfalerita amarilla precoz (flecha verde) asociada con dolomita tardía (dol II) y sulfuros (slf), y la esfalerita más tardía, de grano más grueso e incolora (sph). La calcita tardía (cal) es sincrónica a posterior a la esfalerita incolora, cementando fragmentos de esta última localmente (flecha azul).

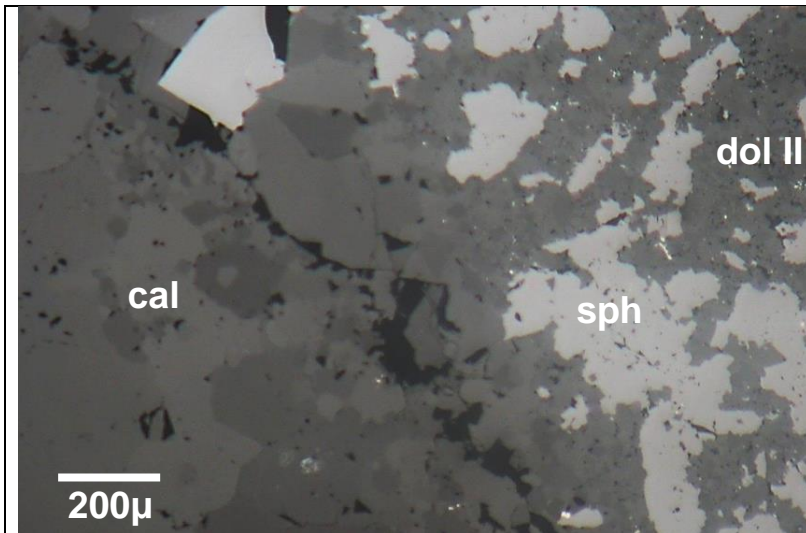
Foto 6



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de parte de playa de esfalerita con inclusiones de dolomita fina, galena y pirita

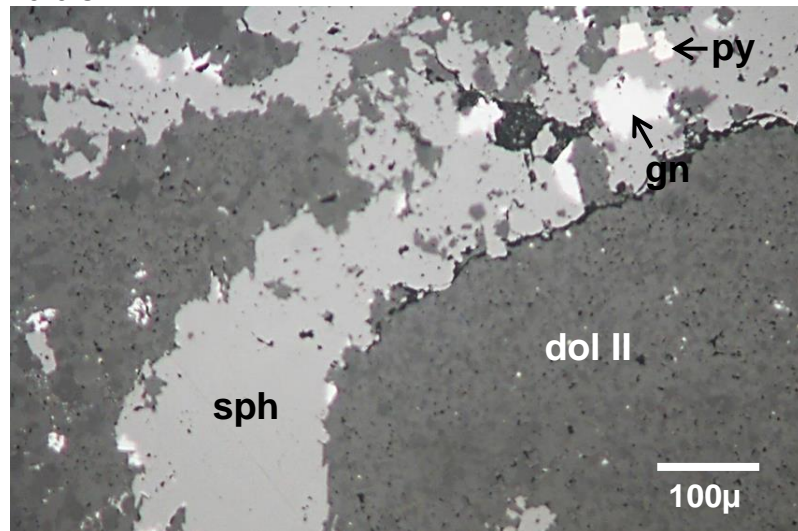
Foto 7

Comentarios: vista al objetivo 5 en luz reflejada de esfalerita gruesa



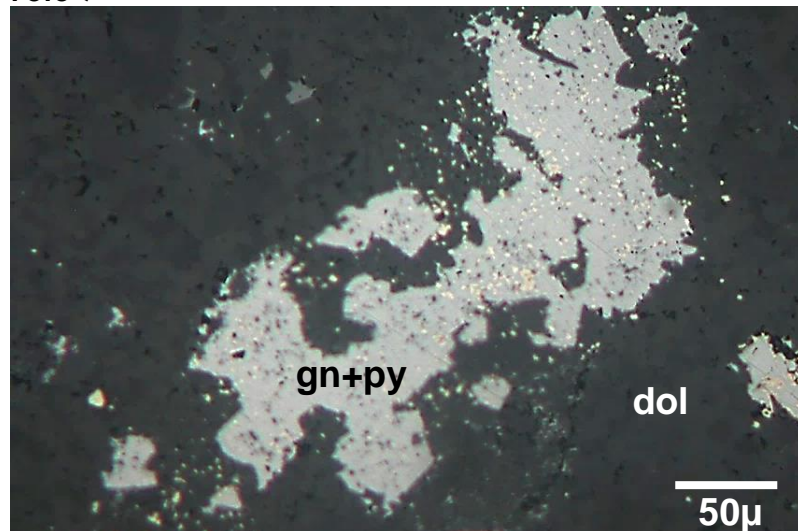
(sph) dentro de la dolomita tardía (dol II). A la izquierda parte de calcita tardía gruesa y estéril (cal).

Foto 8



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de una playa alargada y curvada de esfalerita (sph) dentro de la dolomita fina (dol 0). Tiene inclusiones de galena (gn) y de pirita (py).

Foto 9



Comentarios: vista al objetivo 20 en luz reflejada de una playa de galena (gn) en la dolomita tardía (dol II) con inclusiones abundantes de pirita fina (py). Estas inclusiones ocurren también en la dolomita cerca de la galena

	Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica Pontificia Universidad Católica del Perú Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32 Contacto: jvallance@pucp.pe
Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida	Compañía: Votorantim SA Proyecto: Shalipayco Persona de contacto: Dr. Jonas Mota
Referencia muestra: PEDC 0000173 Referencias secciones: PEDC 0000173_idc y PEDC 0000173_sp	Nombre de la roca: Caliza oolítica dolomitizada brechada/remplazada por dolomita, esfalerita, marcasita, pirita y galena

COMPOSICIÓN

	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca	Dolomita (dol 0)	La roca original es una caliza dolomitizada compuesta por oolitos (o pellets?) con micritización posterior, en probable relación con la dolomitización diagenética. Esta micritización borra en parte la textura oolítica.
Alteración hidrotermal/mineralización	Dolomita I: poco abundante, en granos $\leq 50 \mu\text{m}$ xenomórficos Esfalerita: poco abundante, en granos $\leq 200 \mu\text{m}$ xenomórficos a subidiomórficos; Galena: trazas; Pirita: <1%, en granos subidiomórficos <100 μm ; Marcasita: <1%, en granos tabulares a aciculares subidiomórficos <50 μm ; Dolomita II: poco abundante, en granos xenomórficos a idiomórficos de 50 a 150 μm intercrecidos con esfalerita; Calcita: poco abundante, en granos xenomórficos de hasta 400 μm ; Yeso: poco abundante, en granos xenomórficos a subidiomórficos de hasta 2 mm.	La roca original muestra un remplazo parcial de la matriz de los oolitos por una dolomita precoz (dol I) de grano muy fino. La dolomita precoz pasa progresivamente a una dolomita tardía, de grano más grueso y más idiomórfico, asociada a granos de esfalerita amarilla localmente idiomórfica. La esfalerita ocurre rodeada por coronas de agregados de cristales tabulares finos de marcasita. Se observan algunos cristales subhedrales de pirita asociada a la esfalerita y a la marcasita. Hay muy escasa galena, asociada a la esfalerita y a la marcasita. La dolomita tardía y la esfalerita están presentes como remplazo de la roca, pero también localmente como relleno de fracturas. En esos casos, las paredes de las fracturas las más potentes (vetas) presentan un halo de alteración con recristalización y reducción drástica del grano de la caliza, teniendo como efecto de borrar la textura oolítica. La calcita tardía rellena espacios abiertos y zonas de fractura y es acompañada por yeso formando localmente granos gruesos, de hasta 2 mm.
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

La roca original es una caliza oolítica que perdió en parte su textura por efecto de la dolomitización. Durante la fase de mineralización la roca sufrió fracturamiento con relleno de los espacios abiertos, acompañado por cierto remplazamiento de la caja, por dolomita tardía subidiomórfica, esfalerita subidiomórfica con corona de marcasita tabular y posterior pirita y trazas de galena. El relleno tardío de las zonas abiertas es constituido por calcita gruesa y yeso.

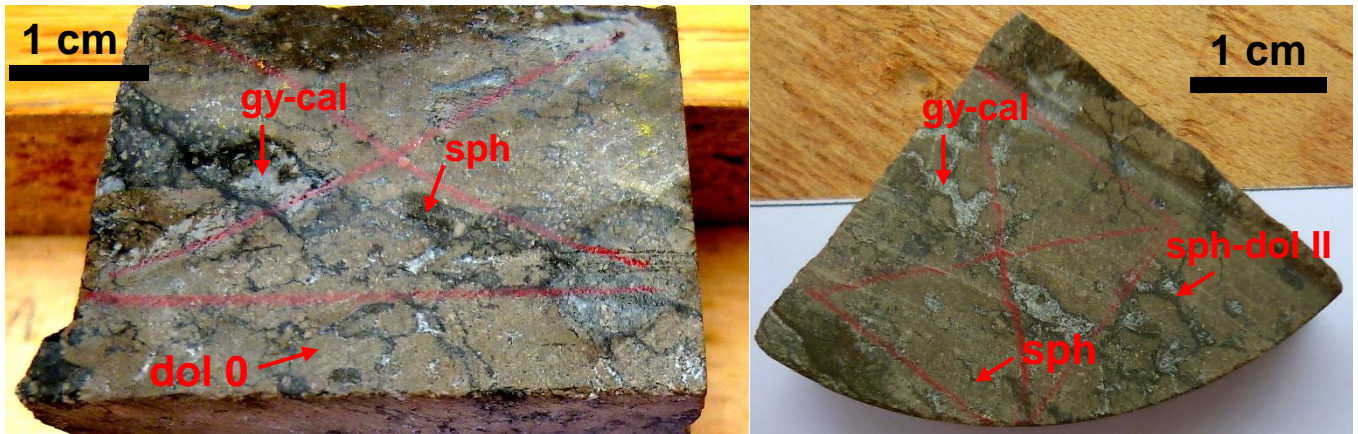
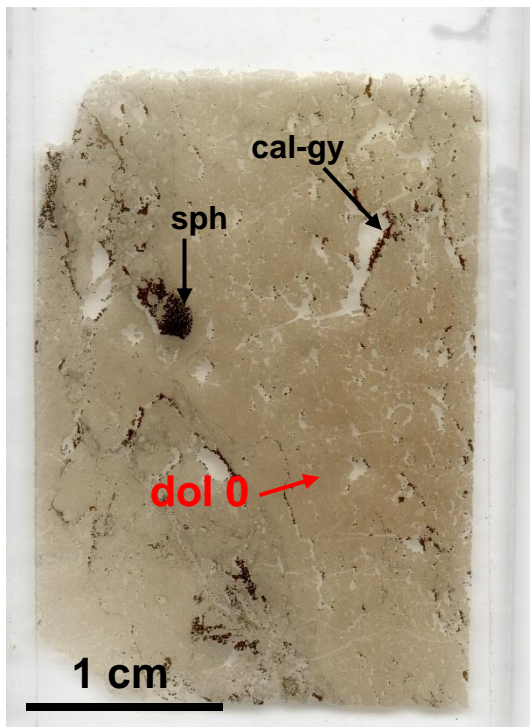


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. dol 0: dolomita diagenética; dol II: dolomita tardía; sph: esfalerita; cal: calcita tardía; gy: yeso.



Izquierda: Escaneo de la lámina delgada. dol 0: dolomita diagenética; sph: esfalerita; cal: calcita tardía; gy: yeso.

Abajo: Escaneo de la sección pulida

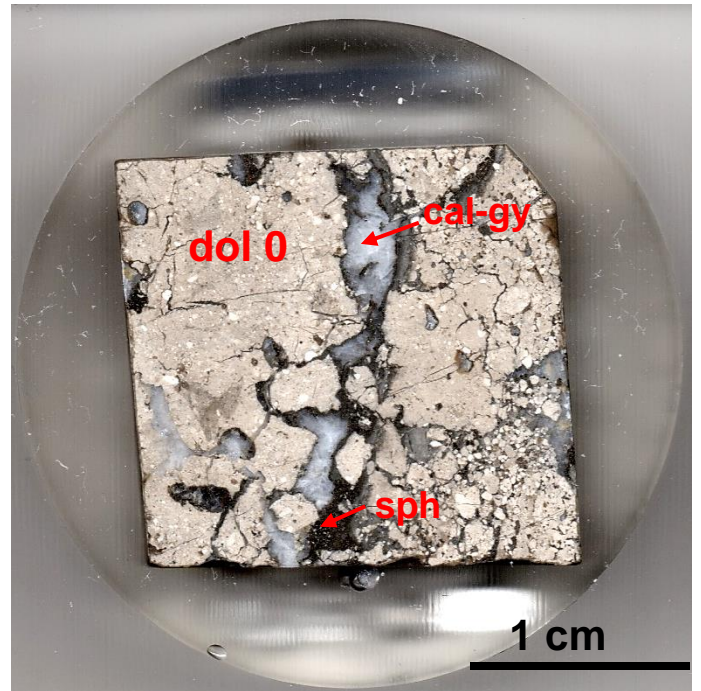
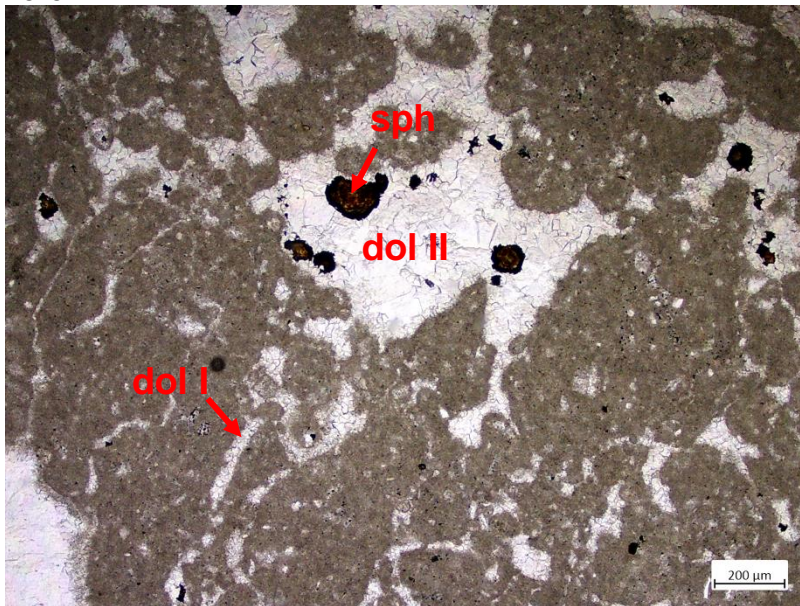


Foto 1



Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada del remplazo de la caliza por dolomita precoz xenomórfica a subidiomórfica (dol I) pasando a dolomita tardía (dol II) de grano más grueso y más idiomórfico (dol II), intercrecida con esfalerita (sph).

Foto 2

Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de una zona de veta rellenada por dolomita tardía (dol II) y esfalerita (sph). En estas situaciones, la caja de la veta presenta un halo de alteración (llave verde) con recristalización a granos más finos de la caliza, con destrucción de la textura oolítica.

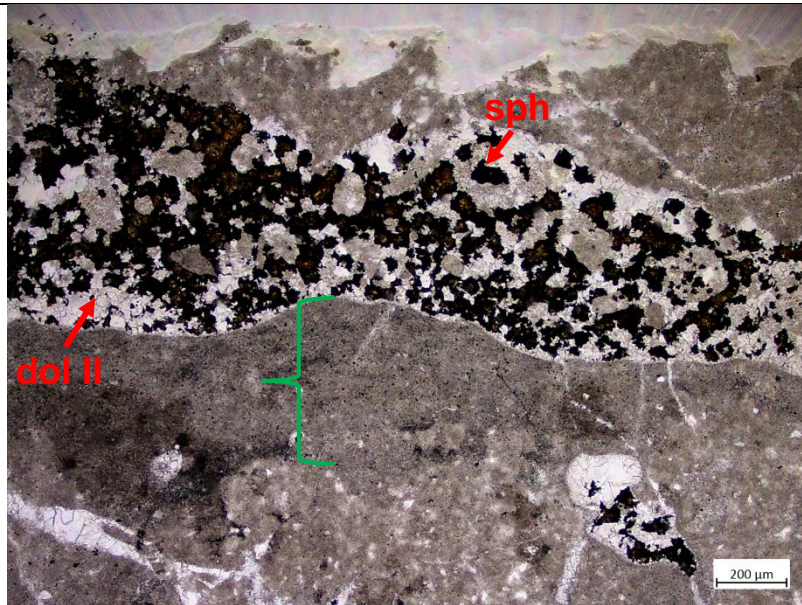


Foto 3

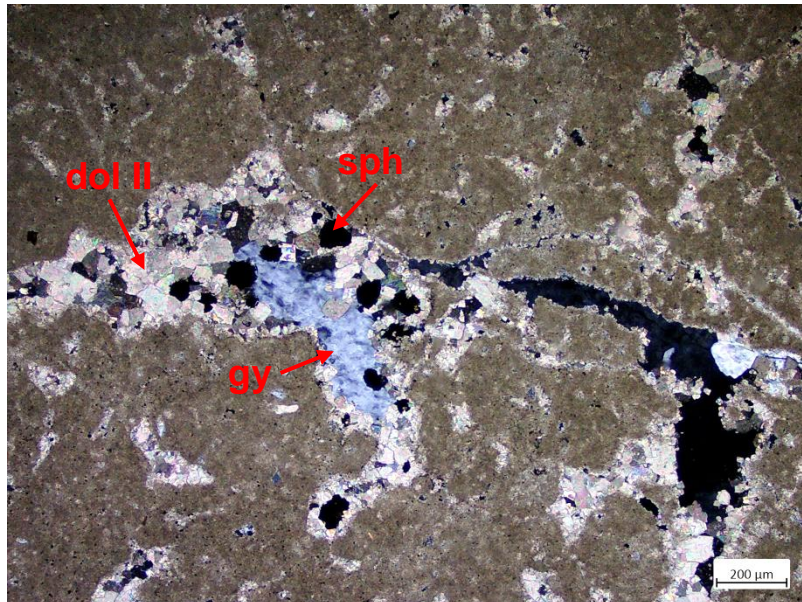


Foto 4

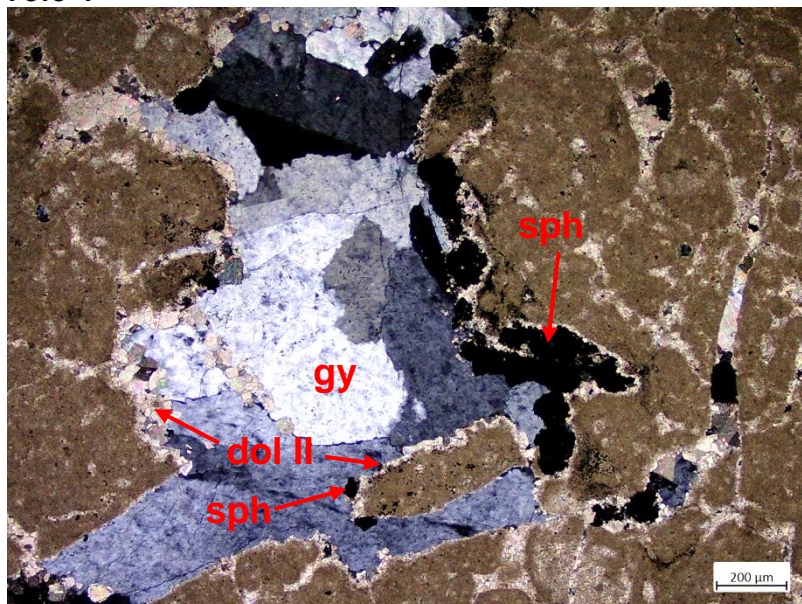
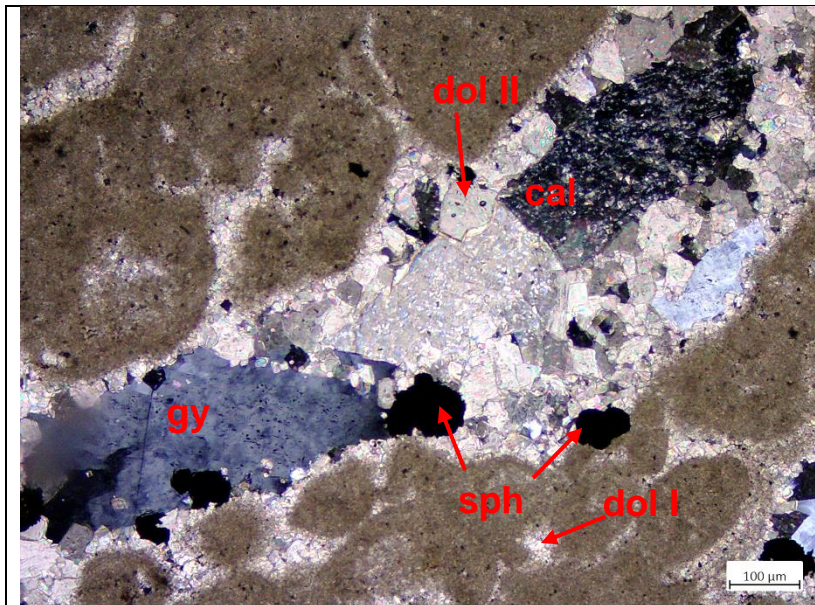


Foto 5

Comentarios: Vista al objetivo 5 en modo polarizadores cruzados de una zona de remplazo de la caliza por dolomita tardía (dol II) y esfalerita (sph) y posterior yeso (gy).

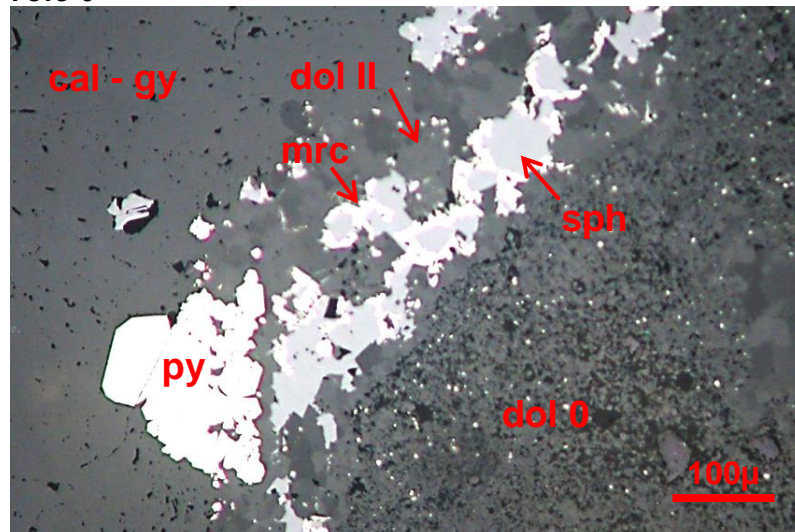
Comentarios: Vista al objetivo 5 en modo polarizadores cruzados mostrando el carácter tardío del yeso (gy) que cementa clastos compuestos por caliza parcialmente remplazada por dolomita tardía (dol II) y esfalerita (sph).

Comentarios: Vista al objetivo 10



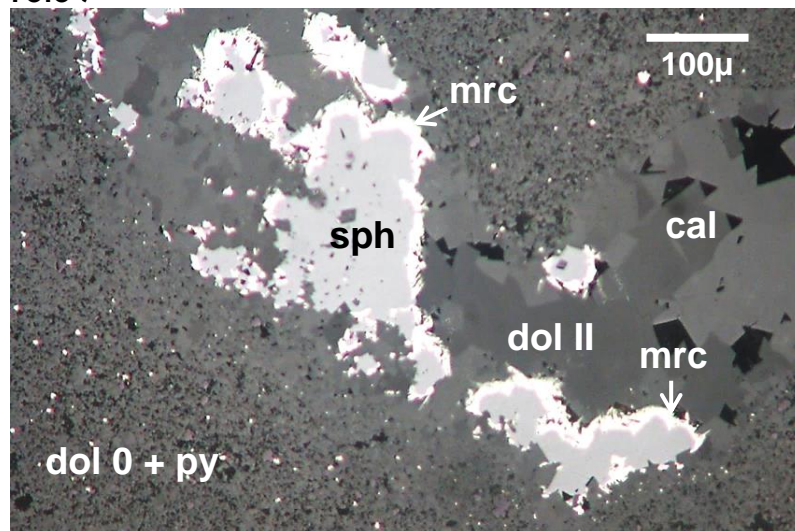
en modo polarizadores cruzados mostrando el remplazo progresivo de la caliza oolítica por dolomita precoz (dol I), dolomita tardía (dol II) acompañada por esfalerita (sph) con relleno tardío de espacios abiertos y/o zonas fracturadas por yeso (gy) y calcita gruesa (cal).

Foto 6



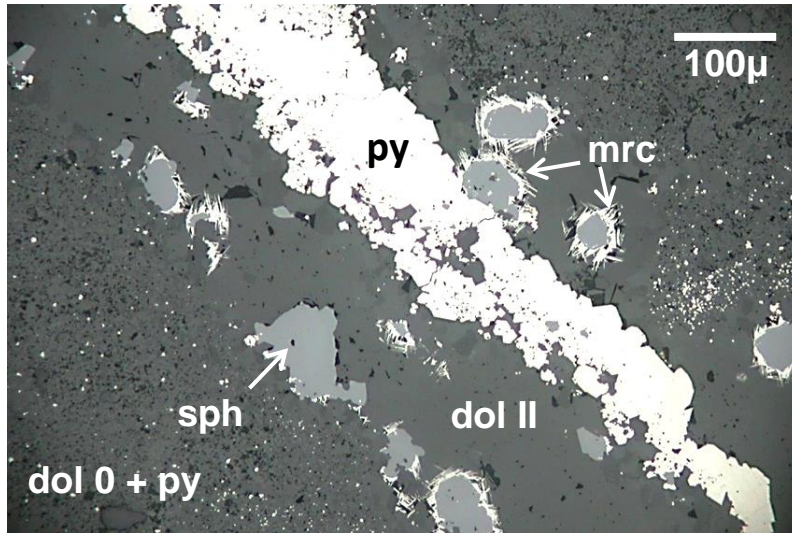
Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada a la izquierda la ganga de grano grueso de calcita tardía (cal) y yeso (gy). En el centro, el agregado de esfalerita (sph) con coronas de marcasita tabular fina (mrc), algo de pirita (py) y ganga de dolomita tardía (dol II). A la derecha, la matriz fina de la roca con diseminación fina de pirita (dol 0).

Foto 7



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de una playa de dolomita tardía (dol II) que contiene esfalerita (sph) rodeada de coronas de marcasita (mrc). A la dolomita tardía le siguió una fase de deposición de calcita gruesa xenomórfica y estéril (cal). Afuera, la matriz fina (dol 0) con diseminación de pirita (py).

Foto 8



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de una playa alargada de cristales de pirita (py) en contacto con la esfalerita (sph) y la marcasita (mrc) dentro de dolomita tardía (dol II). El conjunto remplazada a la dolomita fina (dol 0) con inclusiones de pirita.



100 años
PUCP

Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica
Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32
Contacto: jvallance@pucp.pe

Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida

Compañía: Votorantim SA
Proyecto: Shalipayco
Persona de contacto: Dr. Jonas Mota

Referencia muestra: TP-1510736
Referencias secciones: TP-1510736_idc y TP-1510736_sp

Nombre de la roca: **Muestra de dolomita tardía rica en marcasita y pirita con trazas de esfalerita y calcita gruesa tardía**

COMPOSICIÓN

	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca		La roca original ha sido remplazada por completo y no es más estudiable tanto a escala de la muestra de mano como de lámina delgada
Alteración hidrotermal/mineralización	<p>Dolomita II: abundante, en granos xenomórficos a subidiomórficos $\leq 200 \mu\text{m}$;</p> <p>Sulfuros: abundante, marcasita > pirita, granos aislados y/o agregados de $20 \mu\text{m}$ hasta 1mm, diseminados (marcasita sobretodo) o arreglados en ribetes estilolíticos (pirita principalmente) posteriores</p> <p>Esfalerita: muy poco abundante, en granos $\leq 50 \mu\text{m}$ xenomórficos, asociados a la marcasita;</p> <p>Calcita: muy abundante, en granos xenomórficos a subidiomórficos de hasta 2mm.</p>	<p>La dolomita tardía (dol II) es la fase la más precoz observable en la muestra, está asociada con marcasita diseminada y trazas de esfalerita. La esfalerita es muy poco abundante, de grano muy fino y asociada estrechamente con la marcasita, por lo cual no se nota únicamente en sección pulida.</p> <p>La pirita es posterior ocurriendo como granos aislado o, más frecuentemente forma ribetes estilolíticos discontinuos.</p> <p>La calcita tardía rellena espacios abiertos y/o fracturas y al mismo tiempo reemplaza parcialmente a la dolomita II, causando removilización de los sulfuros que se acumularon en los bordes de dichas zonas de remplazamiento.</p>
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

La muestra presenta un ensamble mineralógico precoz de dolomita tardía con abundantes diseminaciones de marcasita y trazas de esfalerita muy fina. La roca ha sido posteriormente impregnada por pirita fina. Durante una fase tardía, calcita gruesa rellanó fracturas y reemplazó parcialmente a la dolomita tardía con cierta removilización de los sulfuros.

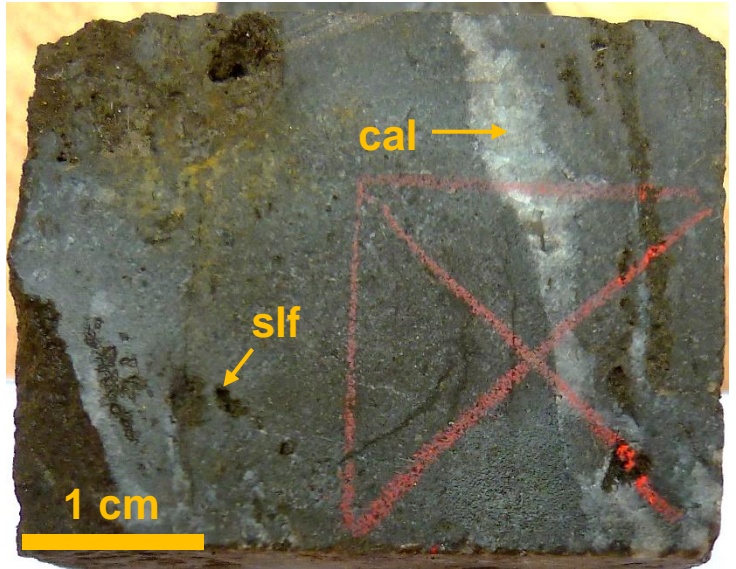
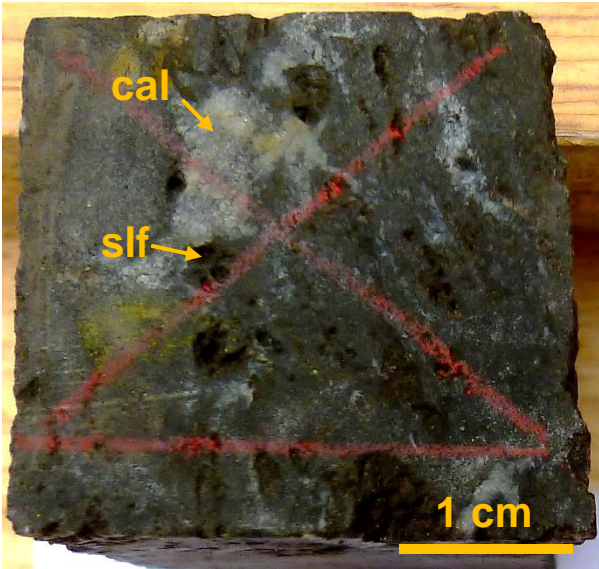


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. slf: sulfuros (marcasita, pirita y trazas de esfalerita); cal: calcita tardía;

Izquierda: Escaneo de la lámina delgada. slf: sulfuros; cal: calcita tardía

Abajo: Escaneo de la sección pulida

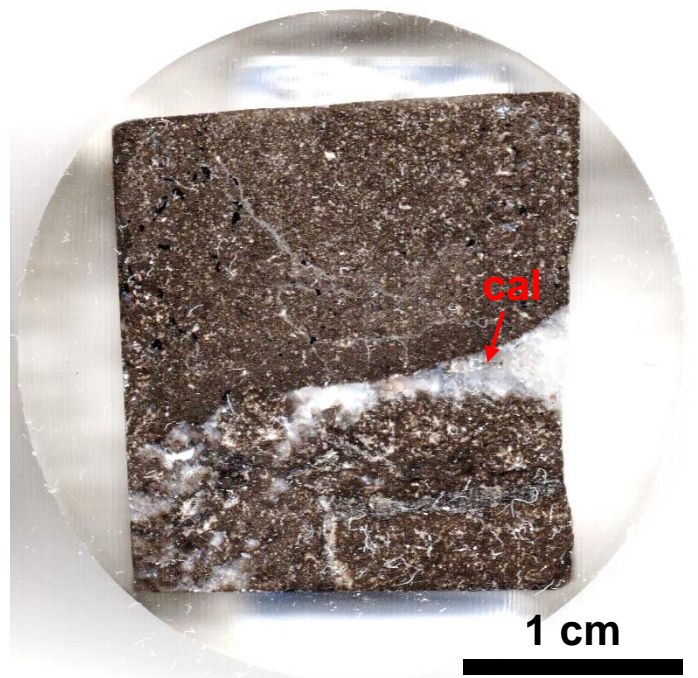
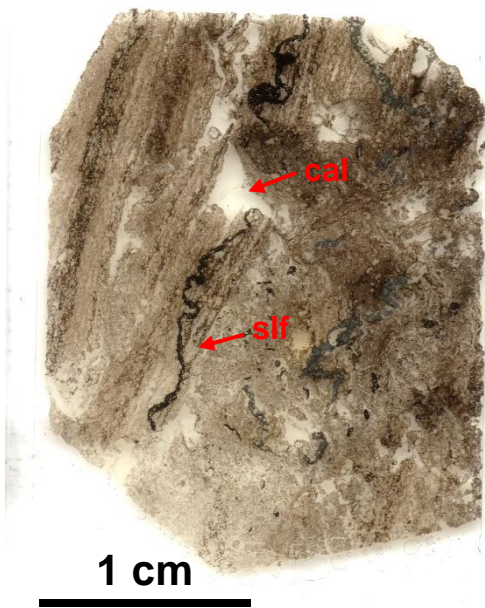
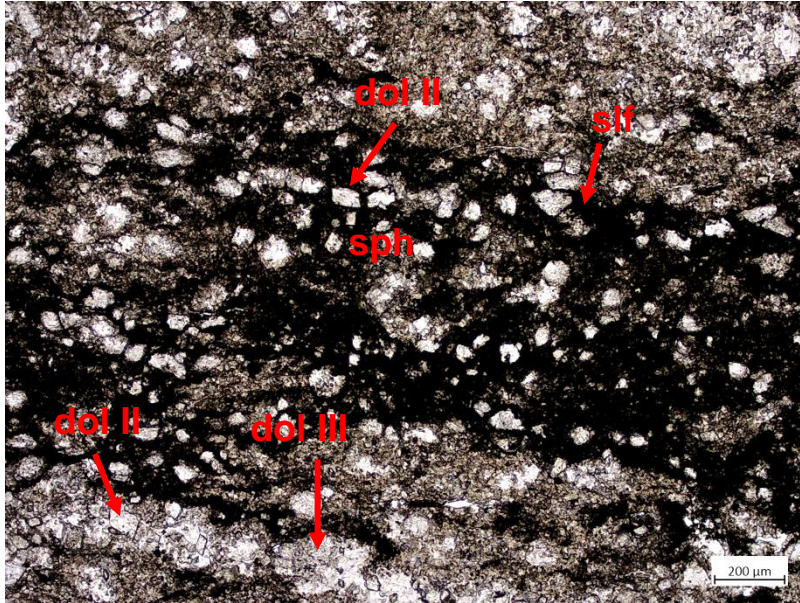
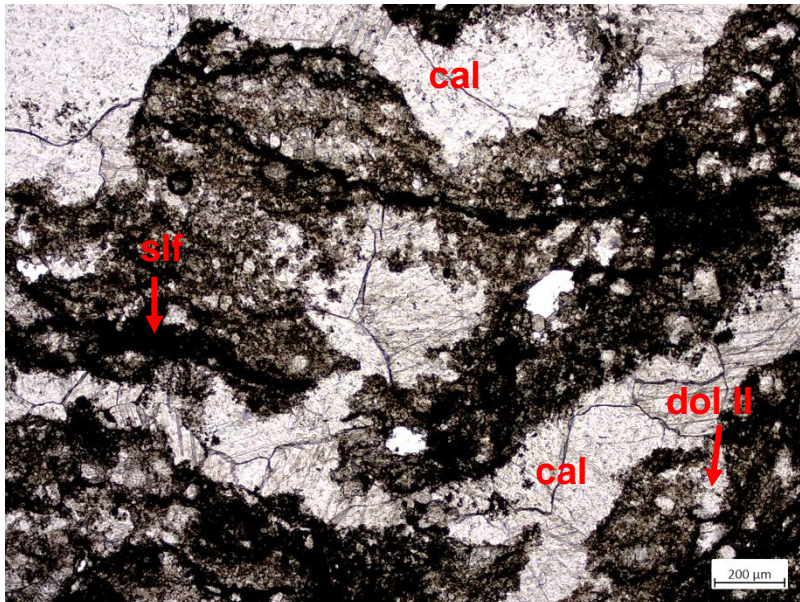


Foto 1



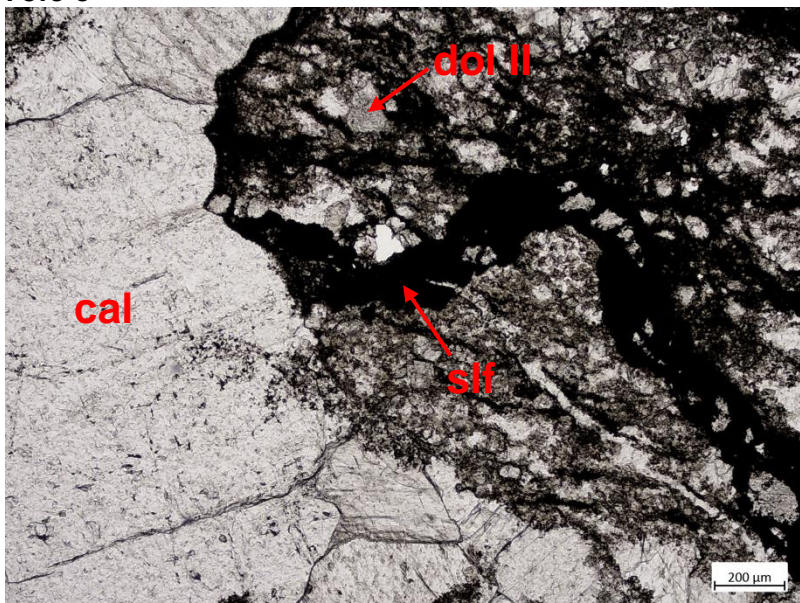
Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de la dolomita tardía (dol II) en parte remplazada por los sulfuros. La dolomita tardía remplace posteriormente a la dolomita tardía y a los sulfuros de manera parcial.

Foto 2



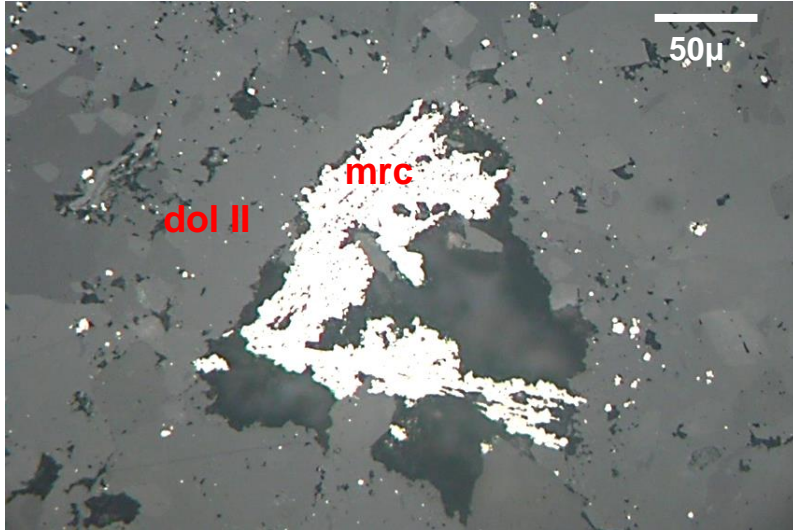
Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada del remplazo de la dolomita tardía (dol II) y de los sulfuros (slf) por la calcita tardía.

Foto 3



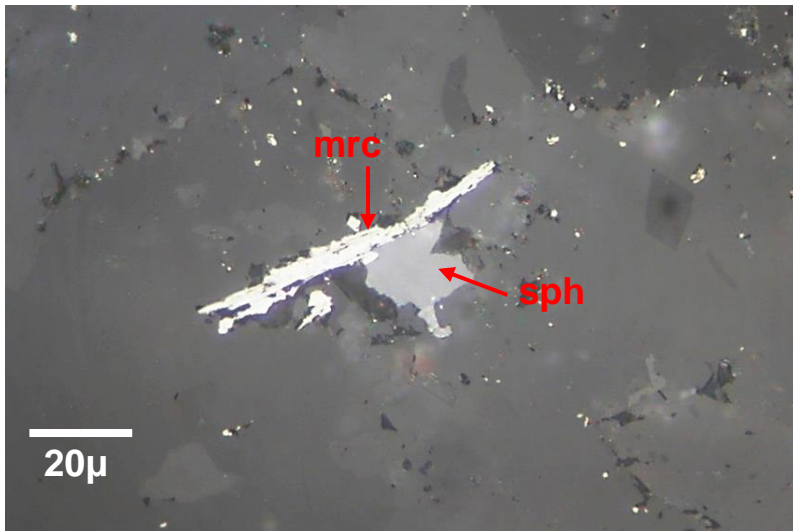
Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de la calcita tardía (cal) en cemento de clastos de dolomita tardía (dol II) y sulfuros (slf)

Foto 4



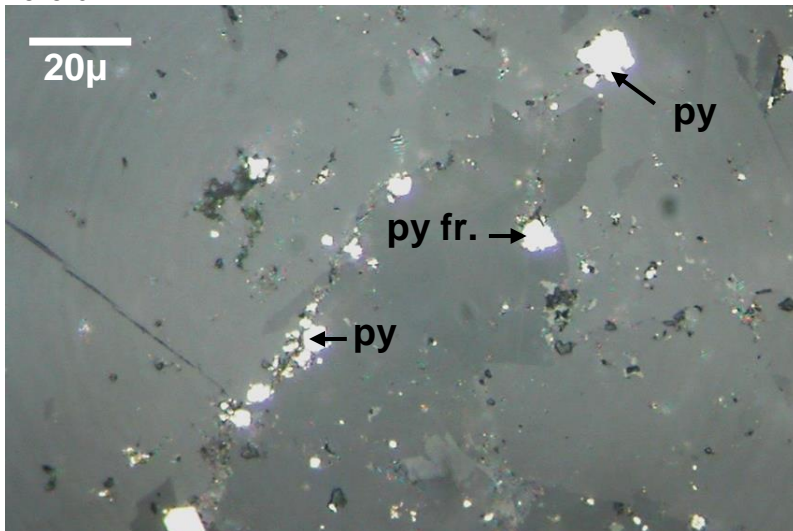
Comentarios: Vista al objetivo 20 en luz reflejada de una cavidad pequeña dentro de la dolomita tardía (dol II), con un agregado de cristales finos de marcasita (mrc), en parte tienen hábito tabular.

Foto 5



Comentarios: Vista al objetivo 50 en luz reflejada de un grano fino de esfalerita (sph), asociada a agregado lamelar de marcasita (mrc).

Foto 6



Comentarios: Vista al objetivo 50 en luz reflejada de un granos de pirita fina (py), en parte con aspecto framboidal (py fr.) algo disgregado

Foto 7

Comentarios: Vista al objetivo 50 en luz reflejada de dos granos de sustancia carbonosa (carb.), uno de ellos con más inclusiones finas de marcasita (mrc) y pirita (py).

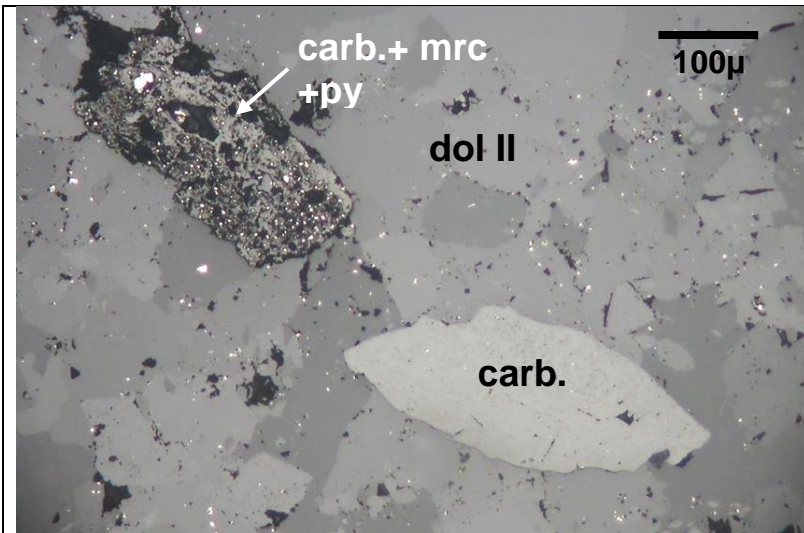
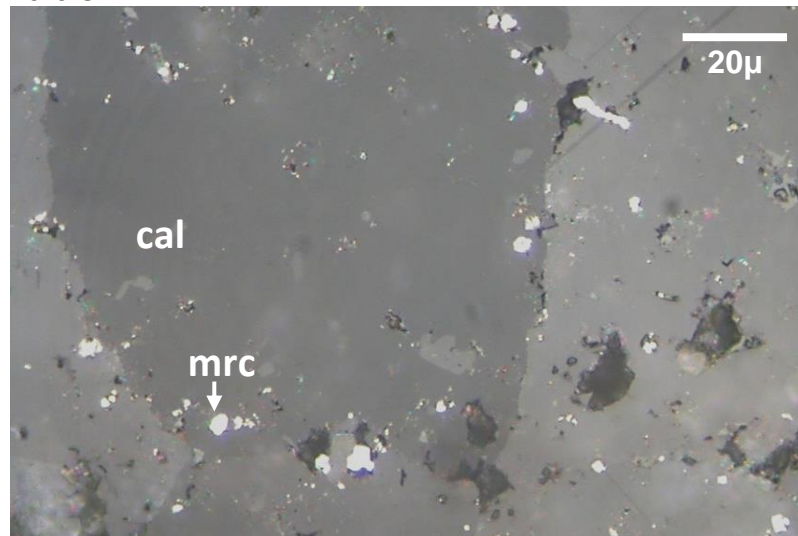


Foto 8



Comentarios: Vista al objetivo 50 en luz reflejada de cristales finos de marcasita (mrc) diseminados en la calcita gruesa tardía (cal), algunos se ubican cerca de los bordes de los granos (removilización).



100 años
PUCP

Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica

Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32
Contacto: jvallance@pucp.pe

Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida

Compañía: Votorantim SA
Proyecto: Shalipayco
Persona de contacto: Dr. Jonas Mota

Referencia muestra: TP-1511157
Referencias secciones: TP-1511157_ldc y TP-1511157_sp

Nombre de la roca: **Muestra de mena de esfalerita y galena con inclusiones de sulfosales e abundante ganga dolomítica**

COMPOSICIÓN

	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca		La roca original ha sido remplazada por completo y no es más estudiada tanto a escala de la muestra de mano como de lámina delgada
Alteración hidrotermal/mineralización	<p>Dolomita I: abundante, en granos xenomórficos de 10 a 200 μm;</p> <p>Esfalerita I: 3%, en granos rojizos-amarillos xenomórficos $\leq 300 \mu\text{m}$;</p> <p>Esfalerita II: <1%, en granos incoloros xenomórficos a subidiomórficos $\leq 400 \mu\text{m}$ en sobrecrecimiento sobre esfalerita I;</p> <p>Dolomita II: abundante, en granos xenomórficos a subidiomórficos de 50 a 300 μm intercrecidos con esfalerita II;</p> <p>Galena: abundante localmente, formando playas de hasta 1 cm</p> <p>Pirita: trazas, granos subidiomórficos <50 μm;</p> <p>Marcasita: trazas, granos subidiomórficos <50 μm;</p> <p>Material orgánico: 1%, racimos de pelotas negras de tamaño <10 μm mayormente diseminada en dolomita I</p> <p>Calcita: poco abundante, granos xenomórficos de hasta 500 μm</p>	<p>La roca original no es más observable por efecto de remplazo completo por dolomita precoz de grano fino. La esfalerita precoz (sph I) de color rojiza-amarilla se encuentra diseminada dentro de esta dolomita como remplazo parcial, y está asociada a finos granos de sulfuros arreglados como ribetes estilolíticos intergranulares. La esfalerita tardía es incolora, de grano más grueso y es más idiomórfico. Crece en general sobre la esfalerita precoz formando coronas y es intercrecida con sulfuros opacos subidiomórficos (pirita y marcasita) y dolomita tardía (dol II) de grano más grueso y con formas más idiomórfica que la dolomita precoz. Además, contiene menos abundantes inclusiones de material orgánico o que esta última.</p> <p>La galena ha sido observada sobre todo en la sección pulida donde es abundante, forma playas de hasta 1 cm de granos xenomórficos posterior a la esfalerita que corroe y también a la dolomita tardía. En ciertas zonas de contacto entre esfalerita y galena se pueden notar un ribete de marcasita y pirita con remplazo aparente de marcasita por pirita. La galena presenta también algunas inclusiones de hasta 50 μm de cobre gris y de un mineral menos reflectante que ella y anisotrópico, interpretado como siendo muy probablemente un sulfosal de Ag.</p> <p>La calcita tardía ocurre como granos xenomórficos rellenando fracturas dentro de la muestra y corroyendo localmente minerales como esfalerita y galena.</p>
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

La roca original no es más observable por efecto de remplazo completo por dolomita precoz de grano fino con diseminación de esfalerita rojiza-amarilla. En zonas de mayor remplazamiento, se depositó una esfalerita más tardía, más gruesa e incolora acompañada posteriormente por galena con inclusiones de cobres grises y sulfosales (de Ag?). La marcasita y la pirita son muy poco abundantes y están asociadas respectivamente a la esfalerita y a la galena. La calcita tardía es estéril y corroe en parte los minerales anteriores.

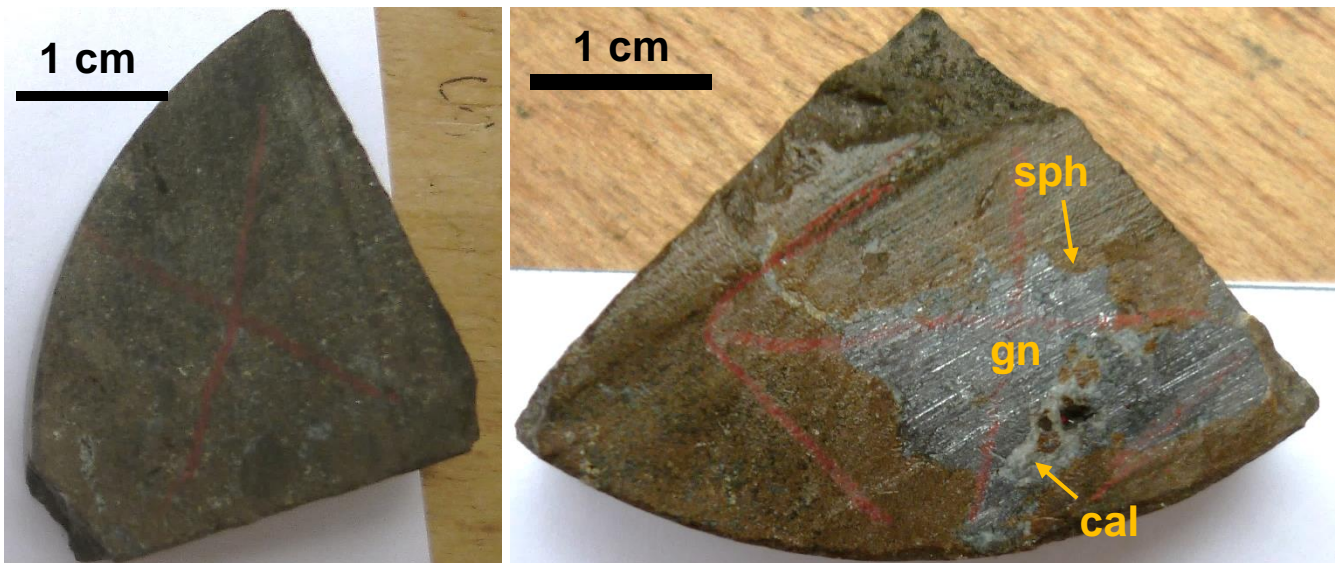


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. cal: calcita tardía; sph: esfalerita; gn: galena

Izquierda: Escaneo de la lámina delgada.

Abajo: Escaneo de la sección pulida
sph I-II: esfalerita rojiza-amarilla e incolora indiferenciada; gn: galena; dol I: dolomita precoz; dol II: dolomita tardía; cal: calcita tardía

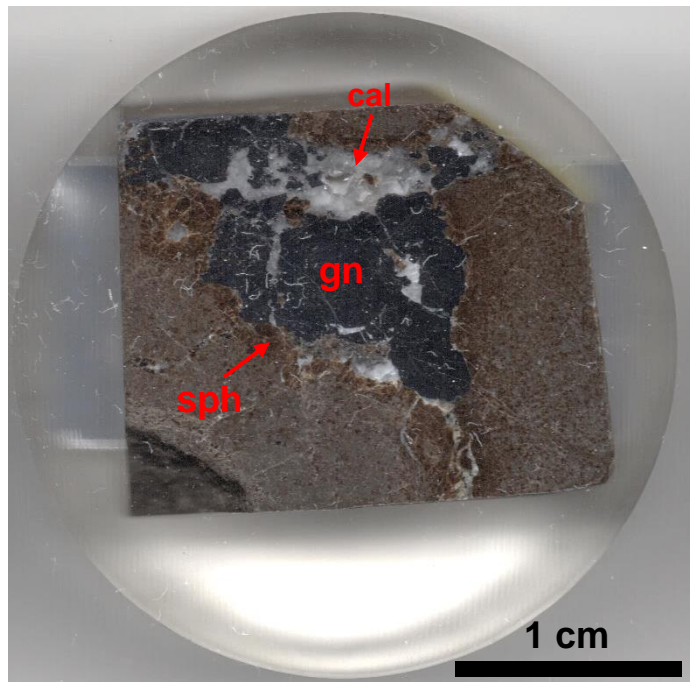
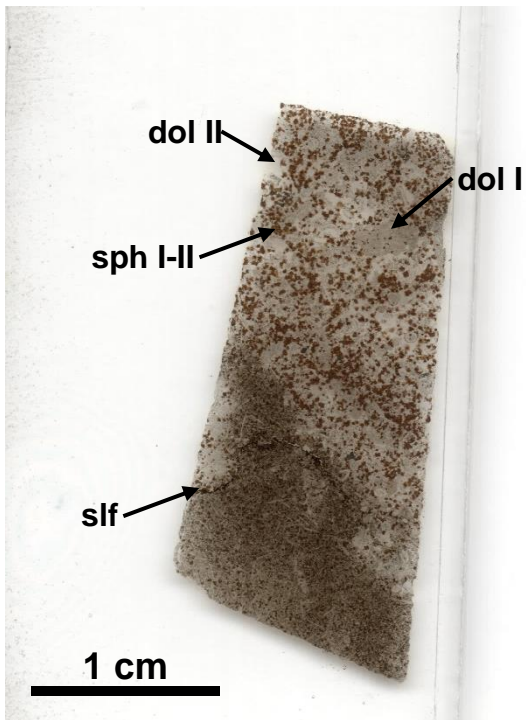
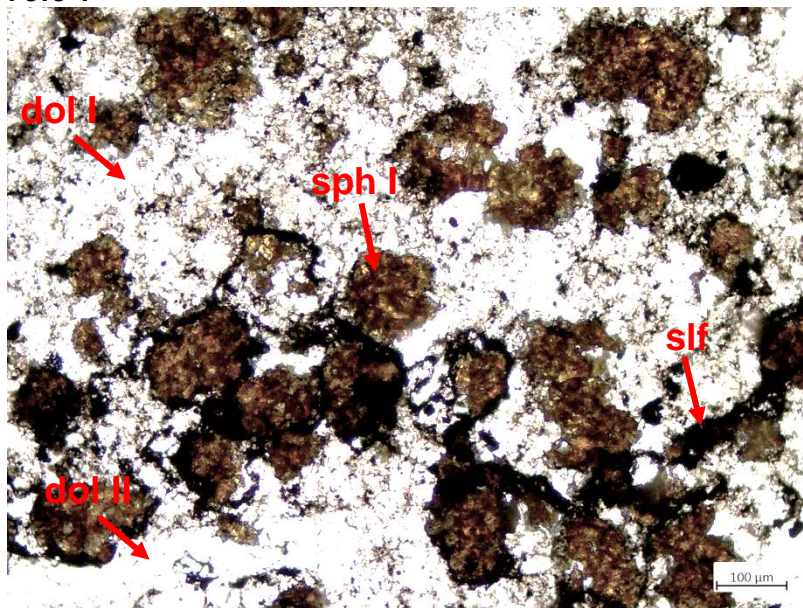


Foto 1



Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada del remplazo de la dolomita precoz (dol I) por esfalerita rojiza amarilla (sph I). La dolomita tardía (dol II) aparece como ligeramente posterior a esta esfalerita al igual que los sulfuros (slf) formando ribetes estilolíticos entre los granos de esfalerita.

Foto 2

Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada de la transición entre la esfalerita precoz rojiza amarilla (sph I) y la esfalerita más tardía incolora (sph II). La esfalerita incolora en esta muestra se presenta claramente como sobrecrecimientos sobre la esfalerita más oscura e asociada con la dolomita tardía (dol II).

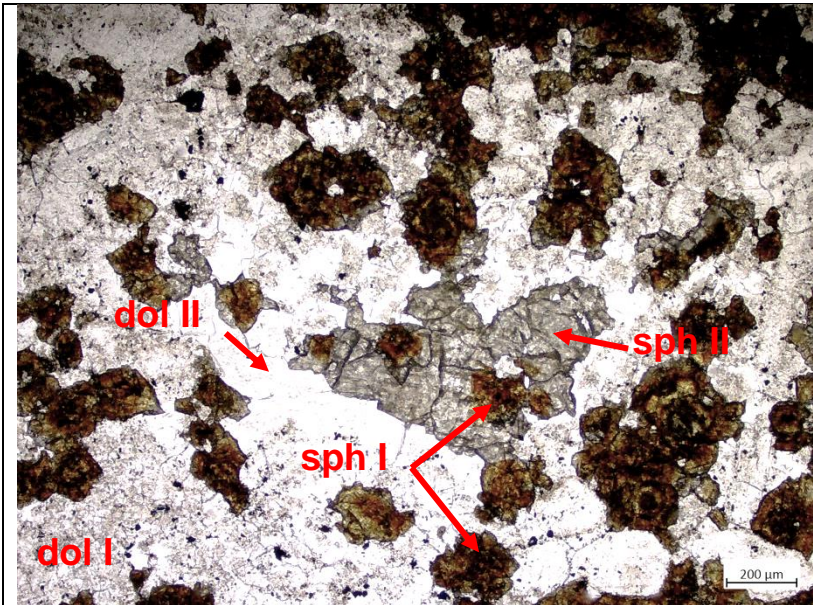


Foto 3

Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz transmitida de la dolomita tardía (dol II) más pobre en inclusiones de material orgánico (m.o.) que la dolomita precoz (dol I) y en parte posterior a la esfalerita rojiza amarilla (sph I) y a los sulfuros (slf).

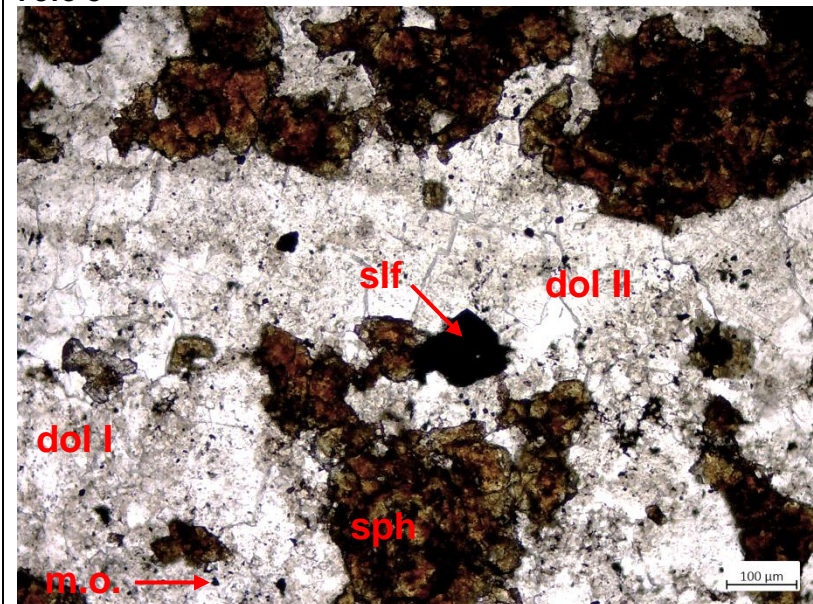


Foto 4

Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz reflejada de esfalerita (sph) en contacto con galena (gn) y granos finos de pirita (py), incluidas en una playa intersticial de dolomita tardía (dol II).

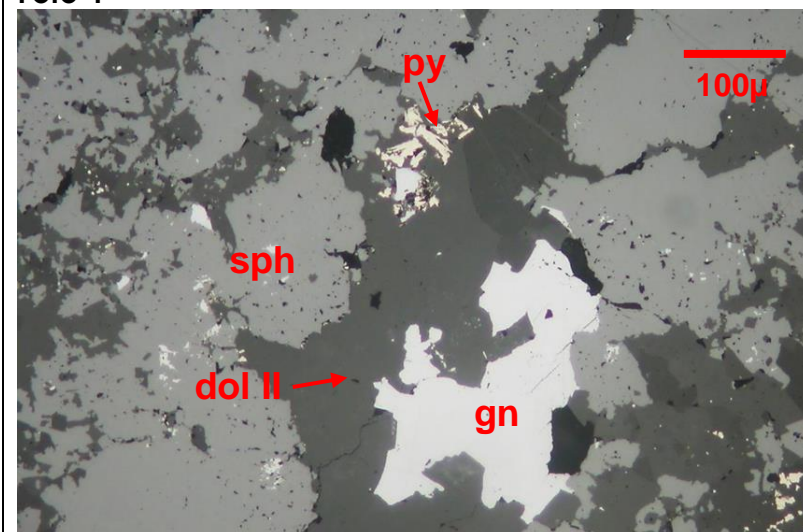
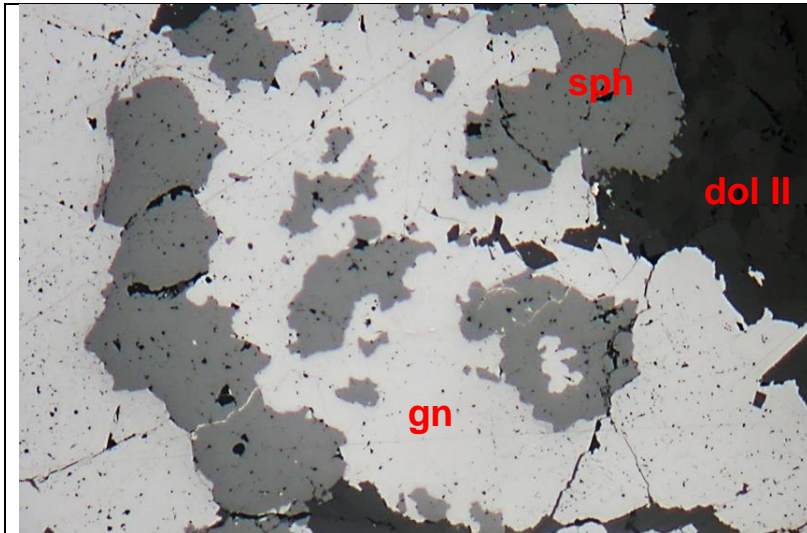


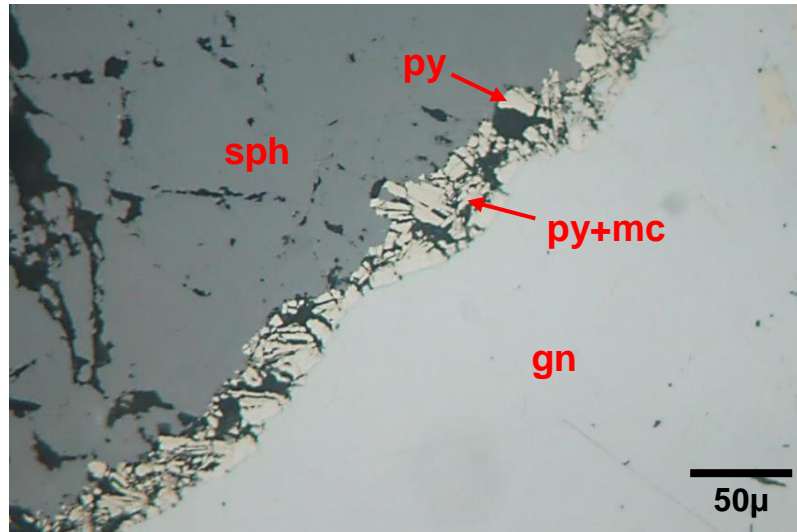
Foto 5

Comentarios: vista al objetivo 5 en luz reflejada de una playa de galena (gn) con restos de



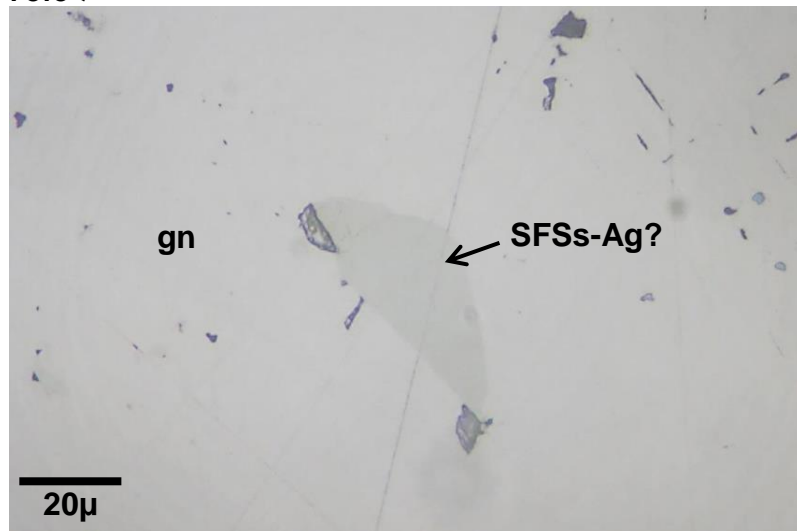
esfalerita (sph) que ha sido reemplazada por la primera.
Dol II: dolomita tardía

Foto 6



Comentarios: Vista al objetivo 20 en luz reflejada de una playa alargada en forma de venilla de pirita (py) y marcasita (mrc) en el contacto entre esfalerita (sph) y galena (gn).

Foto 7



Comentarios: Vista al objetivo 50 en luz reflejada de una inclusión de un tamaño de aproximadamente 50µ dentro de la galena (gn). Se trata muy probablemente de un sulfosal de Ag (SFSSs-Ag).



100 años
PUCP

Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica

Pontificia Universidad Católica del Perú
Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32
Contacto: jvallance@pucp.pe

Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida

Compañía: Votorantim SA
Proyecto: Shalipayco
Persona de contacto: Dr. Jonas Mota

Referencia muestra: TP-1511242
Referencias secciones: TP-1511242_idc y TP-1511242_sp

Nombre de la roca: **Caliza grainstone con fuerte dolomitización y diseminación de esfalerita zonada, con menor marcasita, pirita, galena y calcita tardía.**

COMPOSICIÓN

	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca	Dolomita micrítica (dol 0)	La roca original corresponde a una caliza oolítica tipo grainstone dolomitizada con micritización de los oolitos, borrando en parte la textura original.
Alteración hidrotermal/mineralización	<p>Dolomita I: muy abundante, en granos xenomórficos <20 µm;</p> <p>Dolomita II: poco abundante, en granos subidiomórficos a idiomórficos ≤300 µm;</p> <p>Esfalerita: ~10%, en granos ≤100 µm xenomórficos a subidiomórficos rojizos amarillos evolucionando hacia amarillo e incoloro al final;</p> <p>Marcasita: trazas, granos subidiomórficos lamelares de hasta 100 µm</p> <p>Pirita: ~10%, en granos ≤100 µm xenomórficos a subidiomórficos;</p> <p>Galena: trazas, agregados xenomórficos de hasta 1 mm;</p> <p>Calcita: poco abundante, en granos xenomórficos ≤250 µm</p>	<p>La matriz de dolomita micrítica ha sido en parte obliterada por dolomita fina (dol I) y luego, progresivamente, por playas de dolomita gruesa (dol II) formando localmente hasta granos idiomórficos de 300 µm.</p> <p>La esfalerita y la marcasita son sincrónicas a posteriores a la dolomita II. La esfalerita presenta una zonación de color desde rojizo amarillo hasta incoloro en su variedad más tardía (los granos más gruesos de esfalerita incolora están en particular sistemáticamente asociados a las zonas abiertas con relleno de calcita tardía).</p> <p>La pirita (py) reemplaza a ambos tipos de esfalerita, pero sobre todo a la esfalerita rojiza amarilla (esta tiene probablemente más contenido de Fe lo que habría facilitado el reemplazamiento). La galena está presente solo a niveles de trazas pero puede formar playas de hasta 1 mm, posteriores a la esfalerita y a la pirita.</p> <p>Posteriormente a la esfalerita incolora, precipita calcita xenomórfica en relleno de espacios abiertos.</p>
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

Caliza grainstone dolomitizada, con remplazo progresivo por dolomita cada vez mas gruesa y xenomórfica y posterior precipitación de esfalerita rojiza amarilla evolucionando hacia esfalerita incolora. La deposición de la esfalerita la más precoz ha sido acompañada por marcasita, a niveles de trazas. Posterior corrosión por pirita y menor galena. Los espacios abiertos están rellanados por calcita tardía xenomórfica.

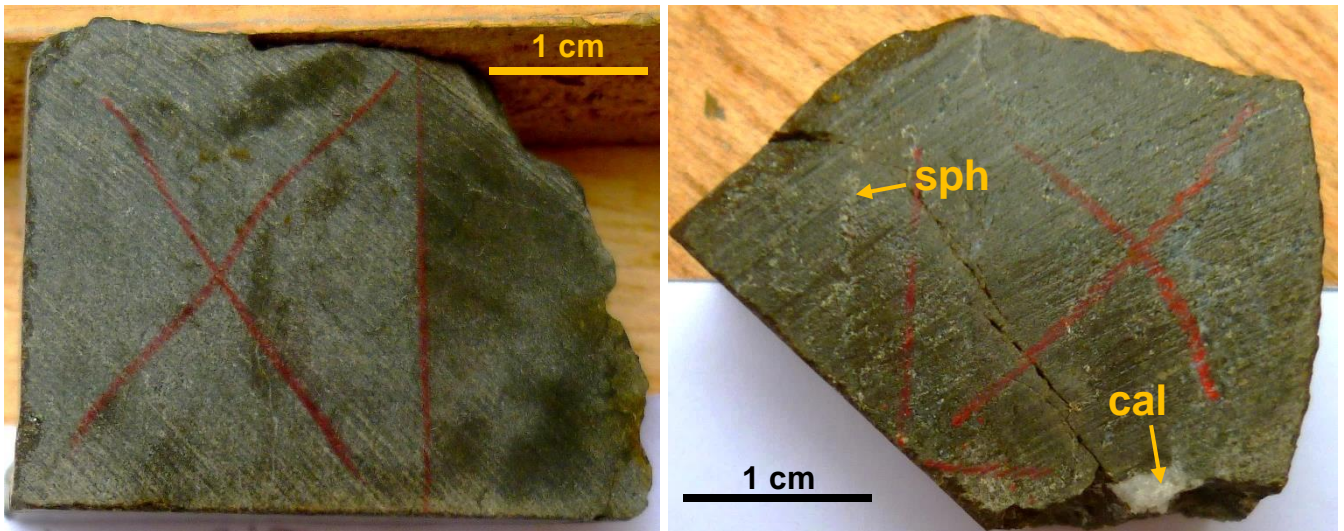
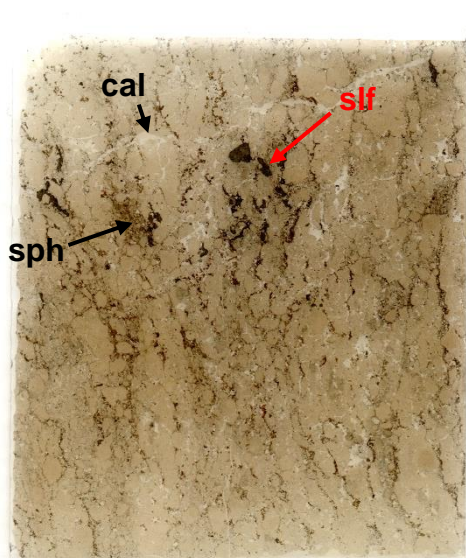


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. sph: esfalerita; cal: calcita tardía



Izquierda: Escaneo de la lámina delgada. slf: sulfuros opacos; sph: esfalerita; cal: calcita tardía

Abajo: Escaneo de la sección pulida

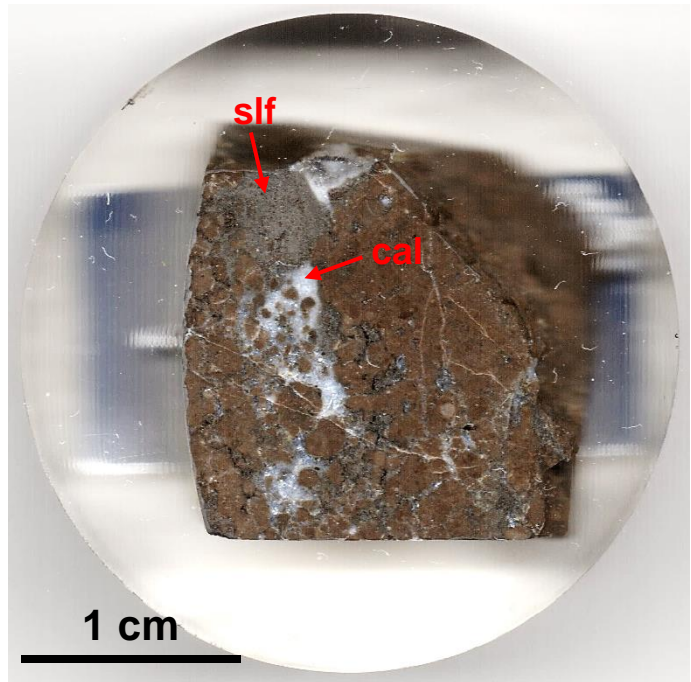
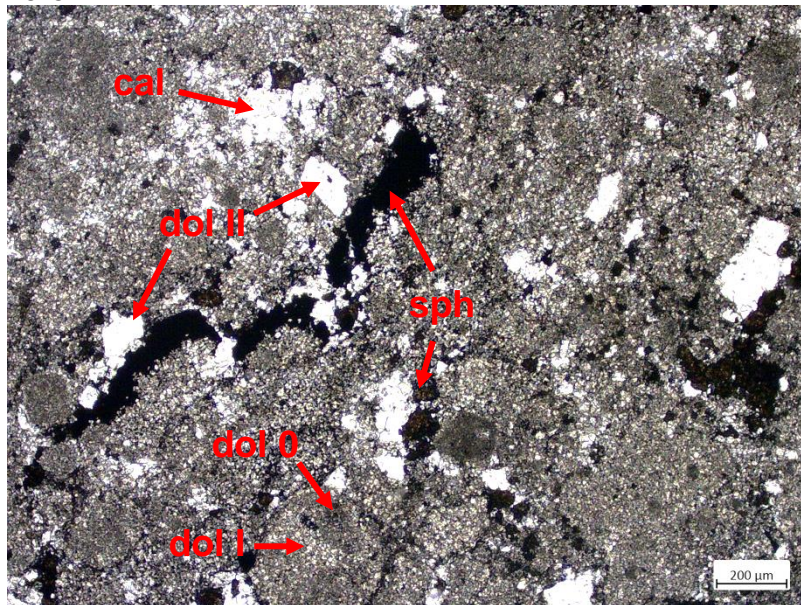


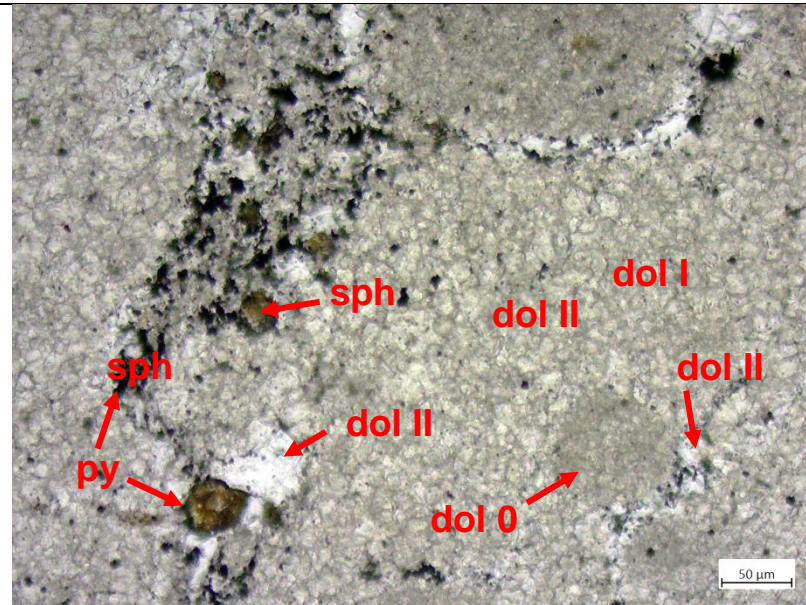
Foto 1



Comentarios: Vista al objetivo 5 en luz polarizada. La roca original comprende una dolomita micrítica (dol 0, <math><5\ \mu\text{m}</math>) que remplazo oolitos. Esta dolomita diagenética ha sido remplazada posteriormente por una dolomita precoz xenomórfica muy fina (<math><20\ \mu\text{m}</math>) pasando progresivamente a una dolomita más gruesa y más idiomórfica (dol II), formando localmente hasta granos idiomórficos de 300 μm . La esfalerita (sph) es sincrónica a posterior a la dolomita II y presenta una zonación de color desde rojizo amarillo hasta incoloro en su variedad más tardía. Posteriormente a la esfalerita incolora, precipita calcita xenomórfica en relleno de espacios abiertos.

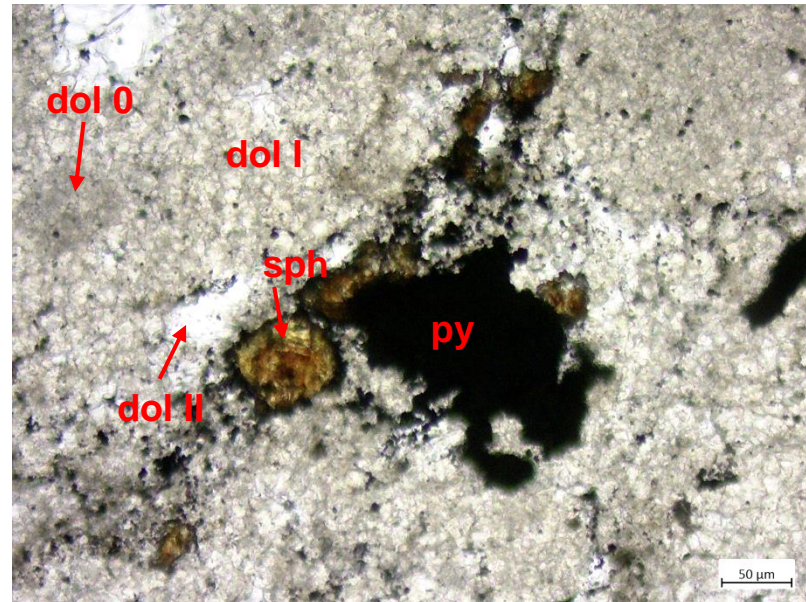
Foto 2

Comentarios: Vista al objetivo 20 en luz polarizada. La dolomita micrítica (dol 0) ha sido remplazada por dolomita precoz (dol I) de grano más grueso. La dolomita precoz ha sido a su turno remplazada por



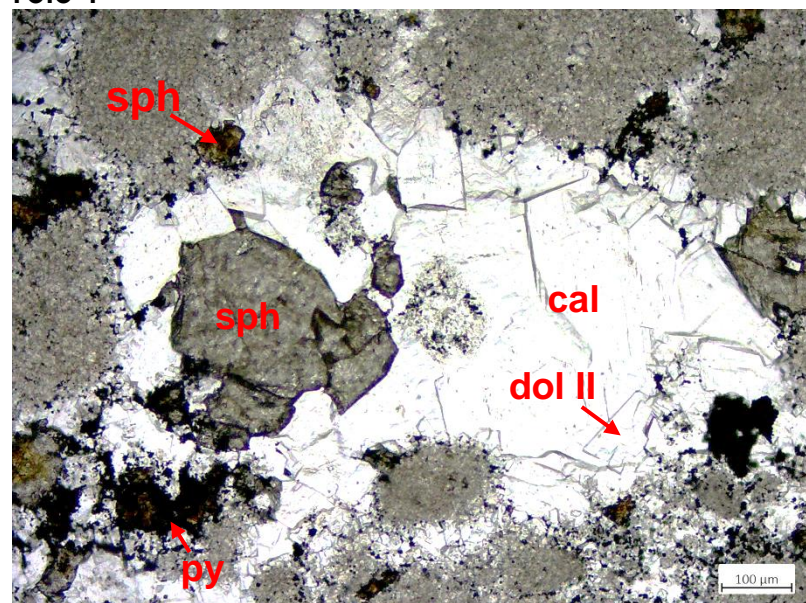
dolomita más gruesa (dol II) en parte contemporánea con la deposición de esfalerita (sph) y pirita (py). En el detalle, se puede notar que la esfalerita es de color rojiza amarilla al principio, y en parte remplazada/corroída por la pirita.

Foto 3



Comentarios: Vista al objetivo 20 en luz polarizada de granos de esfalerita rojiza amarilla (sph) en parte remplazados por la pirita (py).

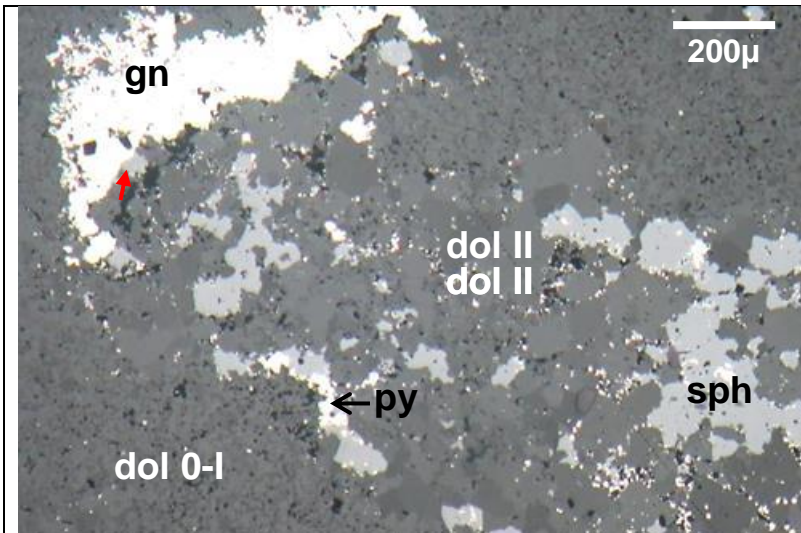
Foto 4



Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada de esfalerita incolora subidiomórfica (sph) asociada a una cavidad rellena por dolomita gruesa (dol II) y calcita tardía (cal).
 Notes como la esfalerita rojiza amarilla (sph) es una fase precoz ocurriendo únicamente en periferia de la zona abierta. La pirita (py) remplaza a ambos tipos de esfalerita, pero sobretodo a la esfalerita rojiza amarilla (esta tiene probablemente más contenido de Fe).

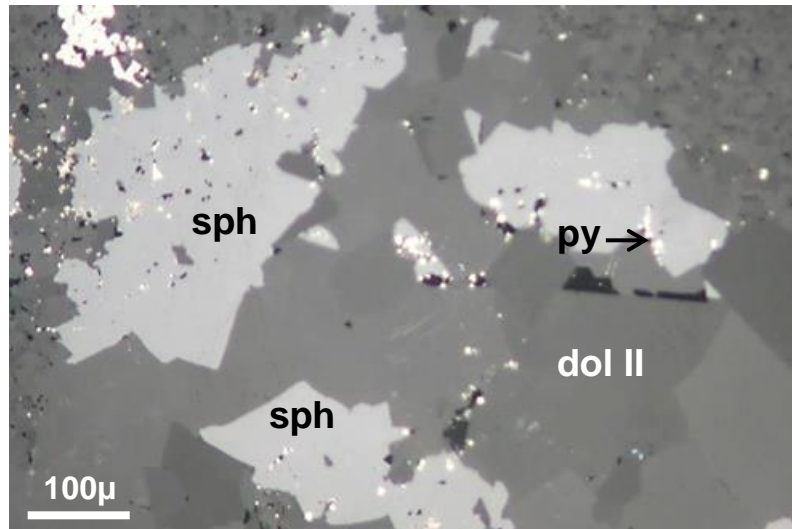
Foto 5

Comentarios: vista al objetivo 5



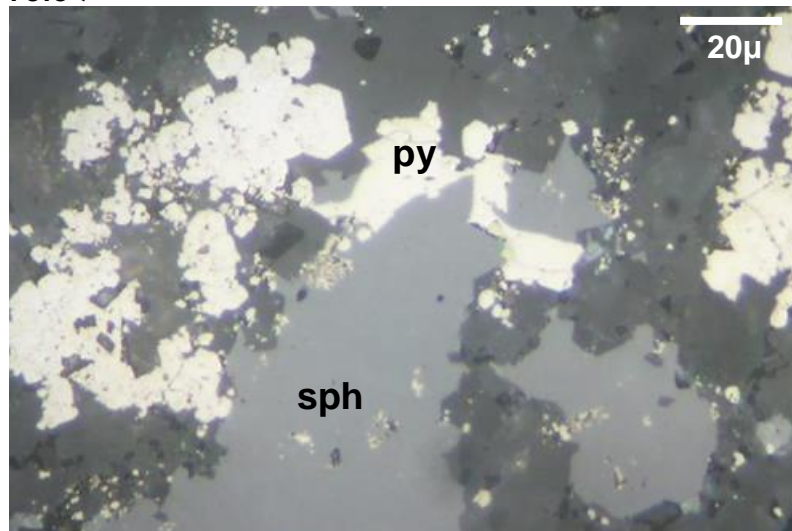
en luz reflejada. Se observan playas de esfalerita (sph) y de pirita (py), en el contacto entre la dolomita fina (dol 0-I) y la gruesa (dol II), o dentro de esta última. Arriba, playa de galena (gn) en remplazo de dolomita y esfalerita (flecha roja).

Foto 6



Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de una una playa de dolomita gruesa (dol II) con esfalerita intersticial (sph). Esta tiene inclusiones finas de pirita (py).

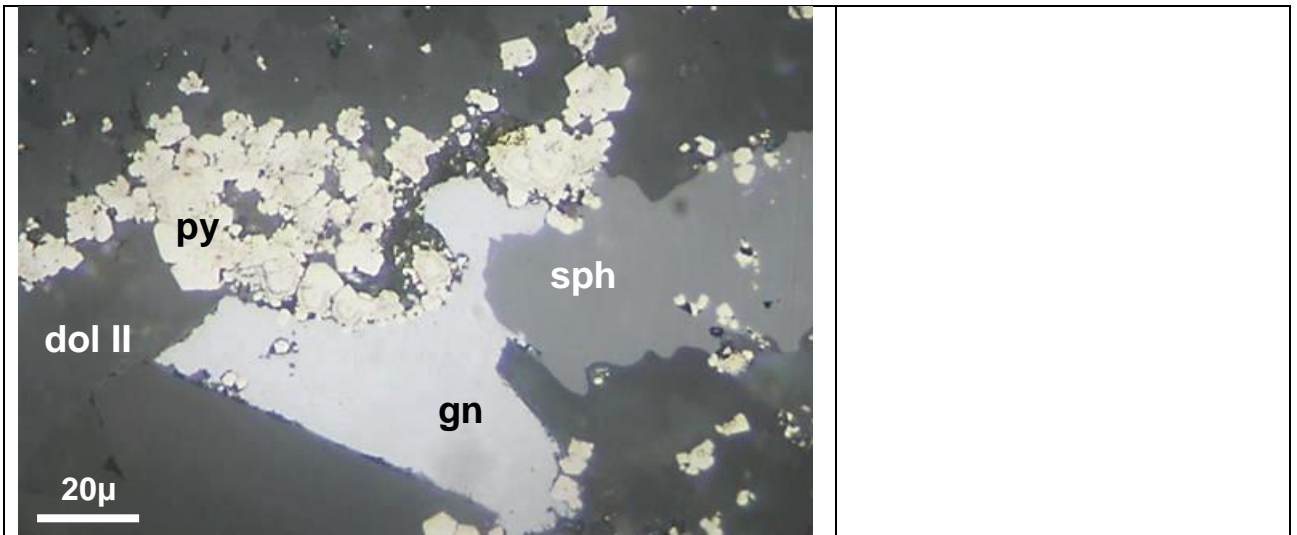
Foto 7




Comentarios: vista al objetivo 50 en luz reflejada de una playa de esfalerita (sph) que ha sido alterada en uno de sus bordes por playa de pirita (py).

Foto 8

Comentarios: vista al objetivo 50 en luz reflejada de granos de galena (gn) asociada a esfalerita (sph), pirita (py) y a dolomita (dol II).



		Ingeniería de Minas e Ingeniería Geológica Pontificia Universidad Católica del Perú Av. Universitaria 1801, San Miguel - Lima-32 Contacto: jvallance@pucp.pe
Reporte compendio de estudio de lámina delgada y sección pulida		Compañía: Votorantim SA Proyecto: Shalipayco Persona de contacto: Dr. Jonas Mota
Referencia muestra: TP-1511385 Referencias secciones: TP-1511385_idc y TP-1511385_sp	Nombre de la roca: Muestra de mena de esfalerita con menos galena, dolomita, pirita, marcasita y cuarzo con fracturas rellenas por calcita tardía	
COMPOSICIÓN		
	MINERALOGIA Y ABUNDANCIA	TEXTURA/OBSERVACIONES
Roca		La roca original ha sido remplazada por completo y no es más estudiada tanto a escala de la muestra de mano como de lámina delgada

Alteración hidrotermal/mineralización	<p>Esfalerita: 50%, en granos $\leq 200 \mu\text{m}$ xenomórficos a subidiomórficos;</p> <p>Dolomita II: ~35%, en granos subidiomórficos a idiomórficos $\leq 300 \mu\text{m}$ intercrecidos con esfalerita;</p> <p>Cuarzo: 3%, en granos xenomórficos a idiomórficos $\leq 300 \mu\text{m}$</p> <p>Pirita: <1%, en granos de textura framboidal <200 μm</p> <p>Marcasita: en granos <20 μm, en remplazo de pirita</p> <p>Galena: 3%, en granos/agregados xenomórficos de hasta 200 μm + en vetilla</p> <p>Calcita: 10%, en granos xenomórficos $\leq 400 \mu\text{m}$</p> <p>Material orgánico: 1%, racimos de pelotas negras de tamaño <10 μm</p>	<p>La roca original ha sido remplazada por muy abundante esfalerita translúcida incolora a amarillo en granos $\leq 200 \mu\text{m}$ xenomórficos a subidiomórficos. La esfalerita coprecipitó con una generación de dolomita "tardía" (dol II) caracterizada por sus formas subidiomórficos a idiomórficos y con cuarzo en granos subidiomórficos a idiomórficos en general, y más excepcionalmente xenomórficos con textura mosaica en lentes <2 mm.</p> <p>Hay presencia de una vetilla de galena dentro de la esfalerita que la ha englobado y alterado. En esta galena hay inclusiones escasas y pequeñas de un probable sulfosal de plata, algo cubierta por una pátina de alteración. En la galena, en la esfalerita, y en la dolomita hay inclusiones finas de pirita. Además, se observa en la galena y en la esfalerita granos redondeados de pirita que parece provenir de pirita framboidal. Esta pirita tiene inclusiones de marcasita y ha sido alterada por galena. En las playas de esfalerita hay granos pequeños y aislados de este mineral, rodeados por coronas de pirita y marcasita.</p> <p>La calcita tardía gruesa y xenomórfica no está asociada con otros minerales e ocurre en vetillas de hasta 3 mm de potencia localmente, cementando clastos de esfalerita, dolomita II y sulfuros.</p>
Alteración supergénica	No observada	

DESCRIPCIÓN

Muestra muy rica en esfalerita en granos $\leq 200 \mu\text{m}$ intercrecida con dolomita tardía bien cristalizada cortada por vetillas posteriores con relleno de galena. La galena contiene algunas inclusiones de un muy probable sulfosal de Ag. La calcita tardía blanca estéril es poco abundante y ocurre como relleno de vetillas cortando los minerales anteriores.

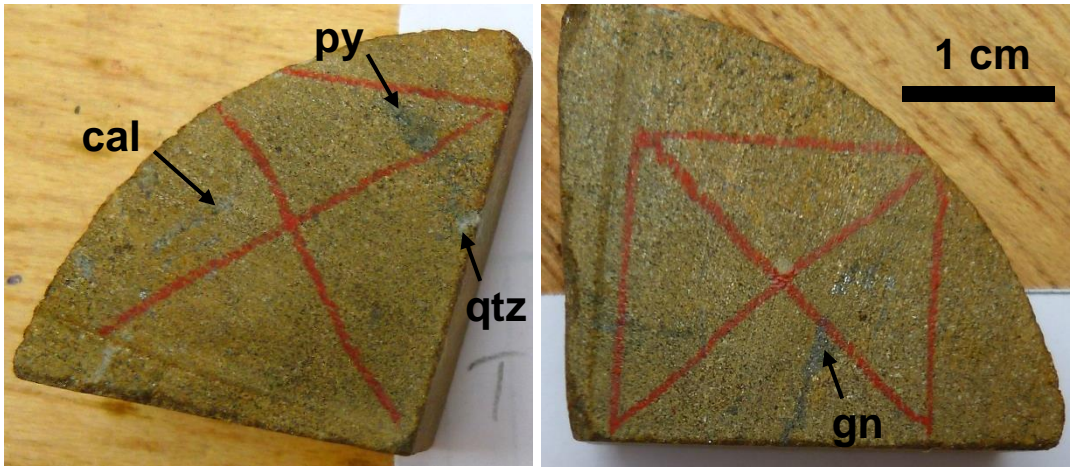
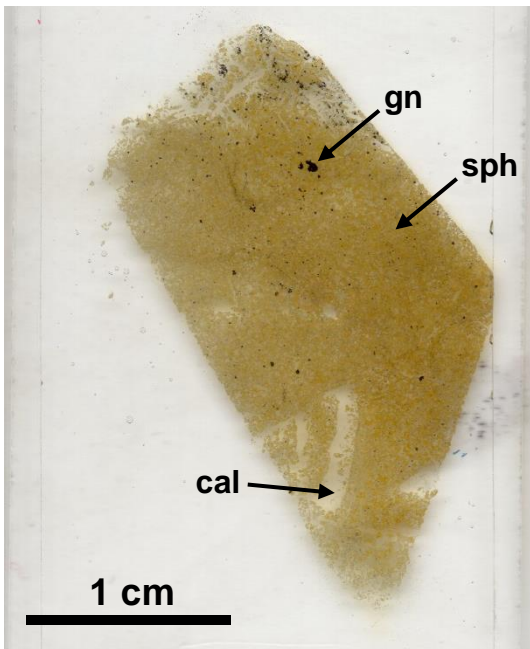


Foto de las partes de la muestra de mano en la cual se realizó la lámina delgada. Izquierda: fragmento para lámina delgada cubierta; derecha: fragmento para sección pulida. cal: calcita tardía; qtz: cuarzo; py: pirita; gn: galena



Izquierda: Escaneo de la lámina delgada.

Abajo: Escaneo de la sección pulida

sph: esfalerita; gn: galena; cal: calcita tardía

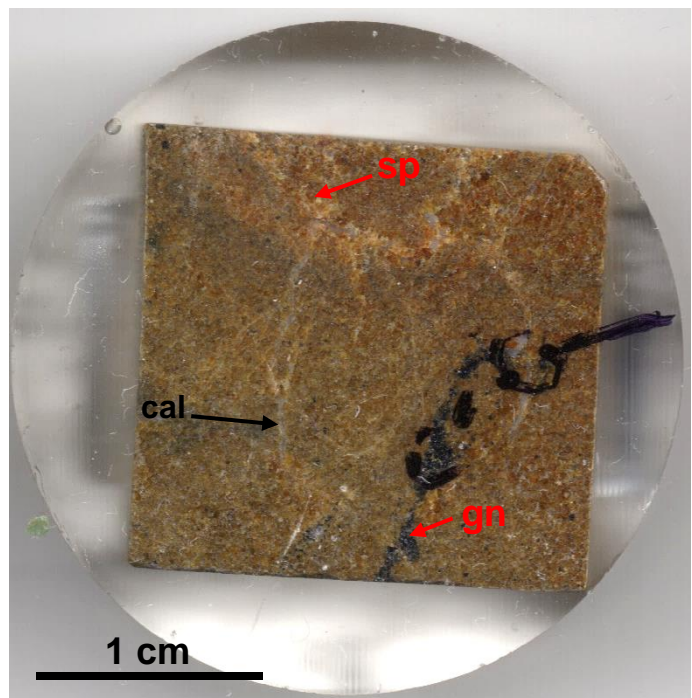
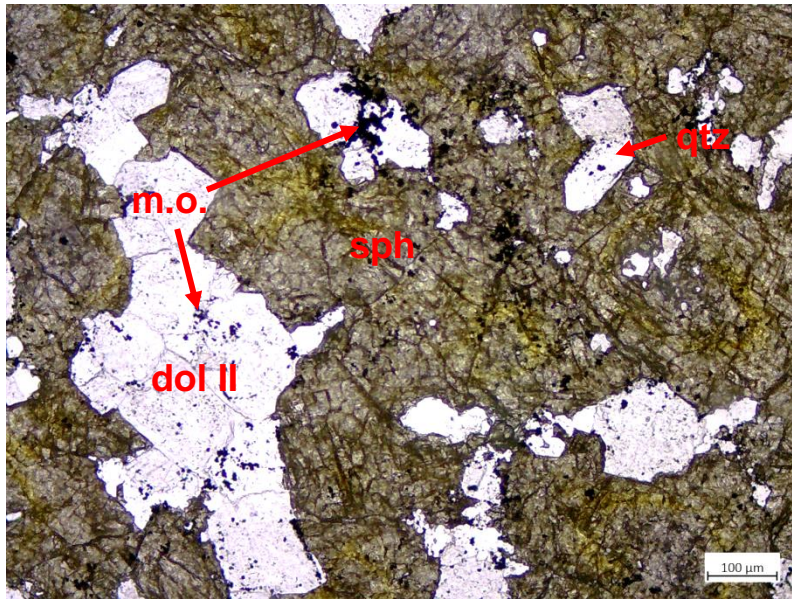


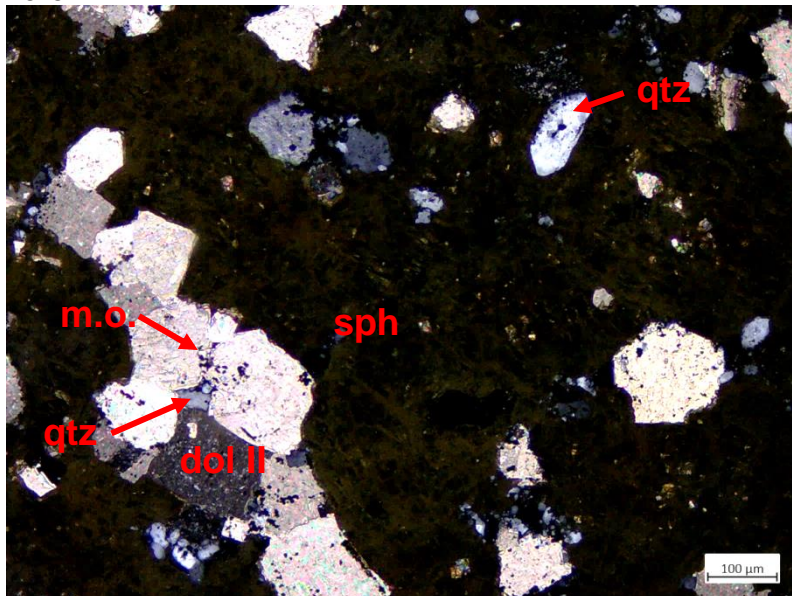
Foto 1



Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada de los intercrecimientos entre la esfalerita (sph) y la dolomita tardía (dol II).

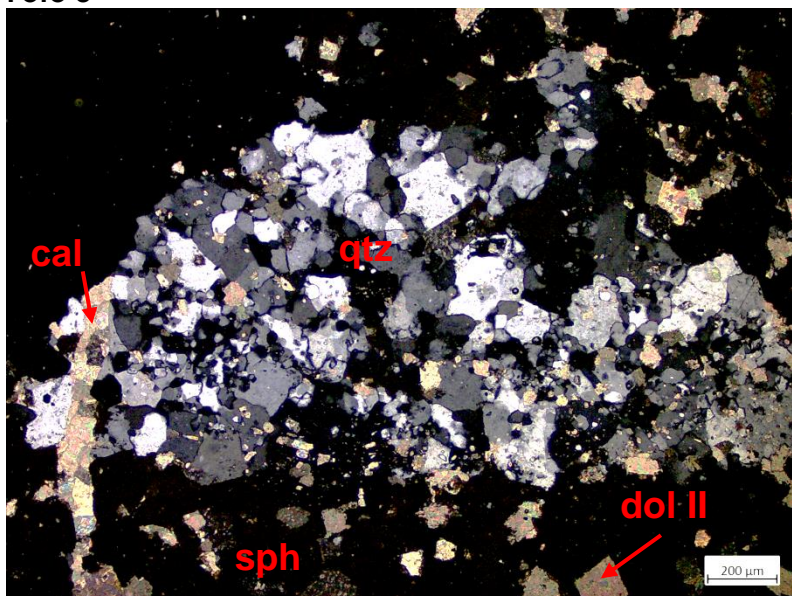
La esfalerita presenta una zonación de color desde amarillo a beige casi incoloro. La dolomita concomitante de la esfalerita presenta típicamente formas subidiomórficas a idiomórficas. Esos dos minerales están acompañados por cuarzo (qtz) con formas subidiomórficas a idiomórficas. El material orgánico (m.o.) esta mayormente concentrado dentro de la dolomita bajo forma de racimos de pelotas negras de tamaño <10 μm.

Foto 2



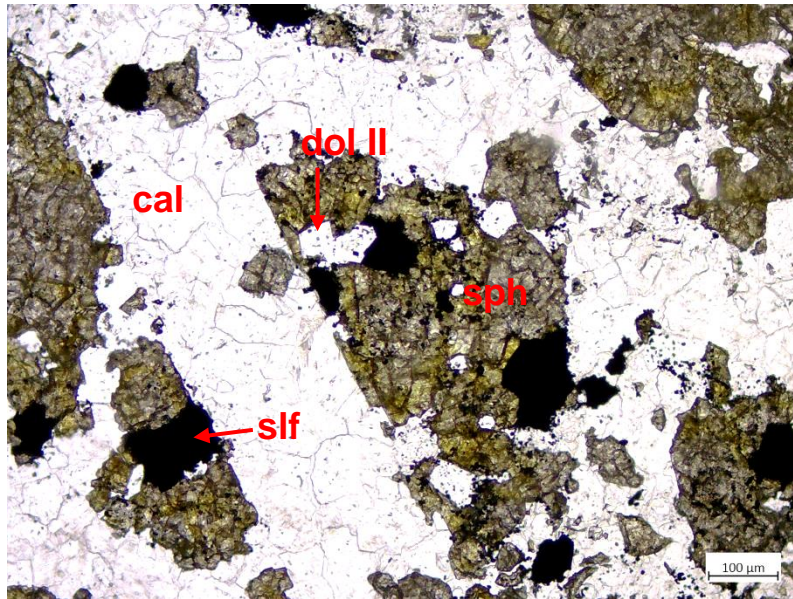
Comentarios: Misma vista que foto previa, en modo polarizadores cruzados, resaltando la abundancia del cuarzo (qtz) con respecto a la dolomita (dol II)

Foto 3



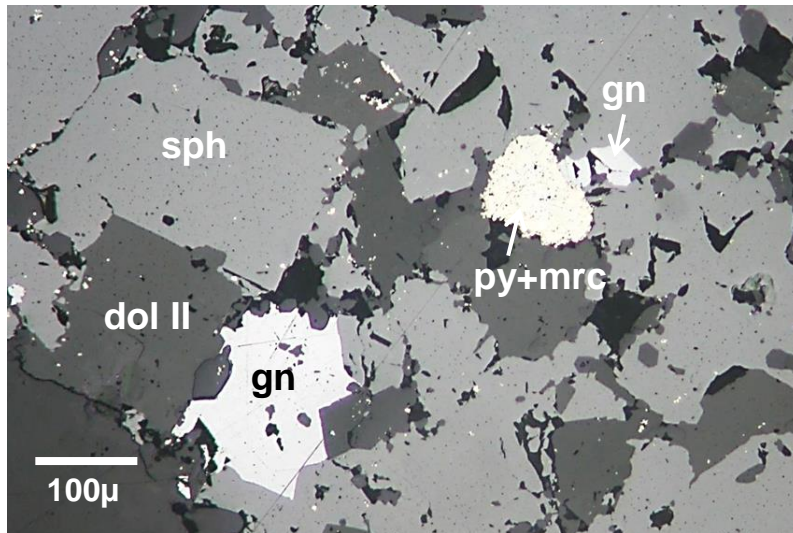
Comentarios: Vista al objetivo 5 en modo polarizadores cruzados de un lente de cuarzo (qtz) intercrecida con esfalerita (sph) y dolomita tardía (dol III). En el lente los granos de cuarzo adoptan una textura mosaico con formas subidiomórfica a xenomórfico. El conjunto está cortado por una veta de calcita tardía, formando granos xenomórficos (cal).

Foto 4



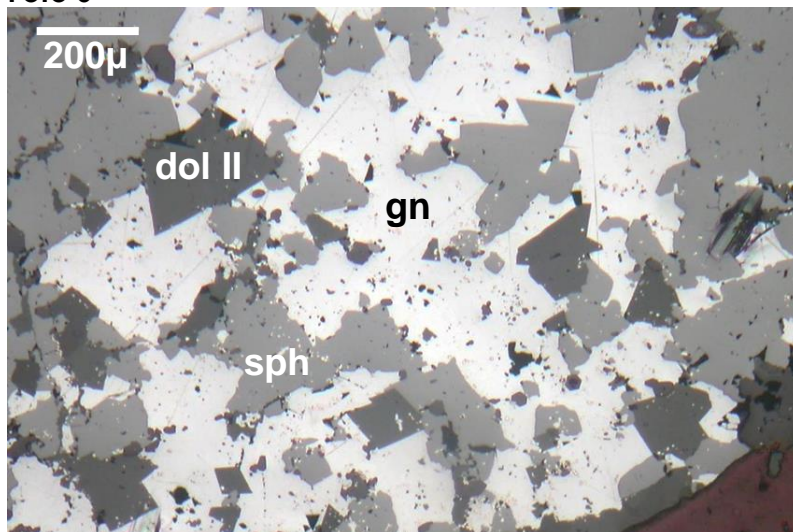
Comentarios: Vista al objetivo 10 en luz polarizada de calcita tardía xenomórfica (cal) relleno de fracturas dentro de la esfalerita (sph), dolomita tardía (dol II) y sulfuros (slf), y hasta cementando clastos de esta localmente.

Foto 5



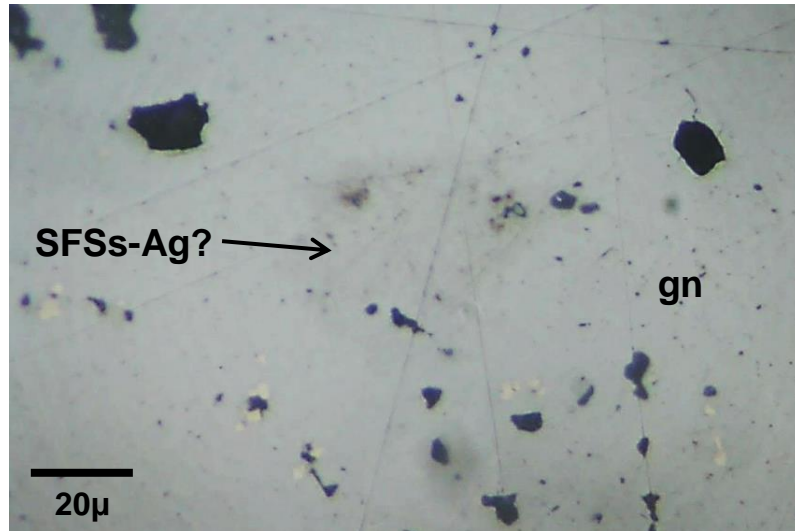
Comentarios: vista al objetivo 10 en luz reflejada de una playa de esfalerita (sph) con dolomita tardía (dol II). Entre estas dos hay galena (gn), y pirita (py) con inclusiones finas de marcasita (mrc).

Foto 6



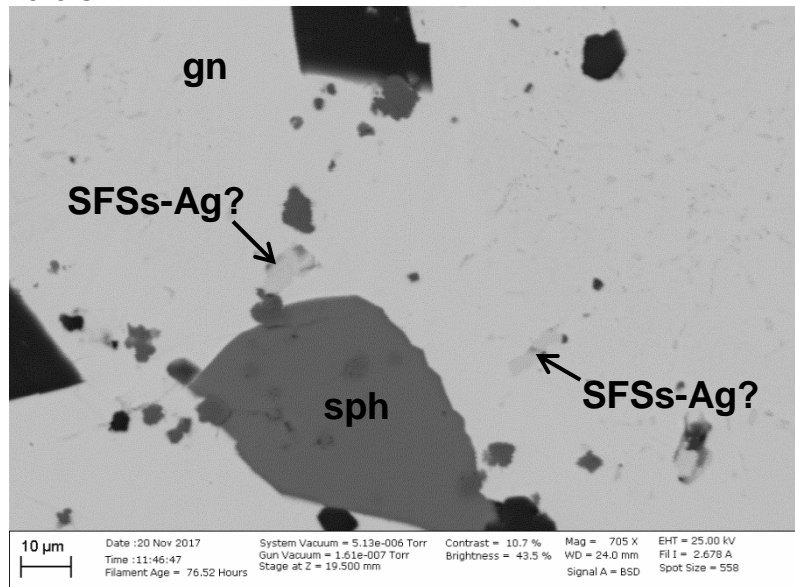
Comentarios: vista al objetivo 5 en luz reflejada de una parte de una venilla de galena (gn) con inclusiones de esfalerita (sph) y de cristales de dolomita (dol II). En estos tres minerales hay inclusiones muy finas de pirita (py).

Foto 7



Comentarios: vista al objetivo 50 en luz reflejada. Se observa dentro de galena (gn) una inclusión (aprox. 50 μ) de una probable sulfosal de Ag, blanda (SFSSs-Ag?), con rayado y algo cubierta por pátina de alteración.

Foto 8



Comentarios: vista al microscopio electrónico de barrido en modo electrones retrodispersado de inclusiones de sulfosal de Pb, As, Sb, S (SFSSs-Ag) con posible presencia de Ag, dentro de la galena (gn). Las inclusiones son relativamente abundante en esta zona, nótese en particular en la parte superior derecha de la foto
Sph: esfalerita

Análisis EDS de 2 inclusiones:

Element	[norm. at.%]	[norm. at.%]
Sulfur	46.79	47.01
Lead	40.77	43.29
Antimony	6.34	9.69
Arsenic	6.09	0

hole_id	depth_from_assay	depth_to_assay	depth_from_petrography	depth_to_petrography	length_petrography_meters	Manto	sample	X	Y	Z	litho	texture
PESH000001	79.2	79.9	79.70	79.80	0.10	Resurgidora	PEDC0000173	394499	8799242	4425	dolomito, metadolomito	
PESH000004	170.85	171.35	171.25	171.35	0.10	Resurgidora	PEDC0000018	394301	8799282	4348	dolomito, metadolomito	
PESHDD0227	151.7	153	153.45	153.54	0.09	Intermedio	TP-1549036	393010	8800495	4226	dolomito, metadolomito	brechada
PESHDD0227	159.1	160.1	159.90	159.99	0.09	Intermedio	TP-1549044	393013	8800490	4221	dolomito, metadolomito	
PESHDD0231	138.7	139.7	139.45	139.54	0.09	Intermedio	TP-1549473	393085	8800325	4198	dolomito, metadolomito	
PESHDD0233	102.2	102.9	102.60	102.69	0.09	Intermedio	TP-1549582	393150	8800386	4251	dolomito, metadolomito	
SH-101	375.3	376.1	375.80	375.90	0.10	Intermedio	TP-1526078	392421	8800696	3998	dolomito, metadolomito	
SH-104	229.2	229.7	229.25	229.34	0.09	Intermedio	TP-1526158	392712	8800631	4099	dolomito, metadolomito	
SH-108	134.5	135.4	134.95	135.04	0.09	Resurgidora	TP-1527196	392685	8800636	4197	dolomito, metadolomito	
SH-109	56.9	57.7	57.05	57.14	0.09	Resurgidora	TP-1527254	392903	8800614	4279	dolomito, metadolomito	
SH-113	90.4	91.3	90.45	90.54	0.09	Intermedio	TP-1527647	392906	8800612	4242	dolomito, metadolomito	
SH-120	121.5	122.8	121.55	121.64	0.09	Resurgidora	TP-1528293	392737	8800650	4208	evaporito	brechada
SH-120	128.7	129.9	129.45	129.54	0.09	Resurgidora	TP-1528304	392738	8800650	4201	evaporito	brechada
SH-132	44.1	45.4	44.55	44.60	0.05	Resurgidora	TP-1541180	392925	8800617	4289	dolomito, metadolomito	
SH-149	211.2	212.2	211.70	211.80	0.10	Intermedio	TP-1538148	392406	8801079	4121	dolomito, metadolomito	
SH-150	186	187.3	187.10	187.20	0.10	Intermedio (possibly)	TP-1538462	392782	8800554	4171	dolomito, metadolomito	
SH-157	156.3	157.3	156.55	156.62	0.07	Resurgidora	TP-1538979	392734	8800570	4185	dolomito, metadolomito	
SH-157	250.5	251.5	251.60	251.69	0.09	Intermedio	TP-1539052	392745	8800532	4100	dolomito, metadolomito	
SH-16	159.85	160.85	160.55	160.64	0.09	Resurgidora (possibly)	TP-1510736	395322	8797371	4133	dolomito, metadolomito	
SH-167	136	137	136.60	136.69	0.09	Intermedio	TP-1545465	392275	8801430	4247	dolomito, metadolomito	
SH-178	213.7	214.7	213.95	214.05	0.10	Intermedio	TP-1546504	392348	8801036	4130	dolomito, metadolomito	
SH-183	125.3	126.1	125.50	125.60	0.10	Intermedio	TP-1546714	392303	8801387	4249	brecha sedimentar	
SH-187	248.7	249.7	248.70	248.79	0.09	Intermedio	TP-1542565	393246	8799807	4093	dolomito, metadolomito	
SH-188	248.3	249.5	249.40	249.50	0.10	Intermedio	TP-1542801	392314	8801118	4105	dolomito, metadolomito	
SH-191	205.4	206.6	205.90	206.00	0.10	Resurgidora	TP-1542927	393506	8799598	4154	dolomito, metadolomito	
SH-192	185.4	186.3	185.00	185.10	0.10	Intermedio	TP-1543077	392353	8801129	4163	brecha sedimentar	homolitica
SH-209	48.2	48.9	48.25	48.35	0.10	Intermedio	TP-1547759	391912	8802367	4392	dolomito, metadolomito	
SH-210	225.1	226.1	225.10	225.19	0.09	Intermedio	TP-1547897	392785	8800482	4123	dolomito, metadolomito	
SH-212	179.5	180.5	179.55	179.65	0.10	Intermedio (lower than)	TP-1548884	391987	8802289	4300	dolomito, metadolomito	
SH-26	189.25	190.25	189.95	190.05	0.10	Resurgidora	TP-1511157	394471	8798609	4158	dolomito, metadolomito	laminao algal
SH-28	209.2	210.2	209.80	209.85	0.05	Resurgidora	TP-1511242	394576	8798609	4166	dolomito, metadolomito	
SH-31	364.7	365.7	365.00	365.10	0.10	Intermedio	TP-1511385	392185	8801171	4053	dolomito, metadolomito	
SH-35	506.8	507.8	508.70	508.80	0.10	Resurgidora	TP-1511922	392952	8799482	3876	dolomito, metadolomito	
SH-35	584.8	586.1	584.80	584.90	0.10	Intermedio	TP-1511996	392925	8799484	3803	dolomito, metadolomito	
SH-38	143.45	143.75	143.40	143.49	0.09	Resurgidora	TP-1513257	392648	8800681	4209	dolomito, metadolomito	
SH-44	315	315.6	315.45	315.54	0.09	Intermedio (lower than)	TP-1518754	392138	8801470	4129	dolomito, metadolomito	
SH-48	6.8	7.2	6.80	6.89	0.09	Intermedio	TP-1519010	392204	8801772	4330	dolomito, metadolomito	
SH-54	400.4	401.4	400.95	401.01	0.06	Intermedio (lower than)	TP-1519930	394107	8799130	4104	dolomito, metadolomito	
SH-57	155.9	157	156.90	156.98	0.08	Resurgidora	TP-1520806	394349	8799094	4293	dolomito, metadolomito	
SH-59	209.8	210.8	210.10	210.20	0.10	Intermedio	TP-1521040	392796	8800531	4123	dolomito, metadolomito	pseudobrecha
SH-64	199.9	200.3	200.00	200.09	0.09	Resurgidora	TP-1521720	394671	8798531	4194	dolomito, metadolomito	
SH-66	178.9	179.8	179.50	179.60	0.10	Resurgidora	TP-1521750	394476	8798815	4246	dolomito, metadolomito	
SH-70	220	221	220.25	220.34	0.09	Resurgidora	TP-1522258	394032	8799305	4258	dolomito, metadolomito	
SH-72	838.9	840.1	839.70	839.80	0.10	Inferior (possibly)	TP-1523027	392709	8800101	3628	calcario, metacalcario	nodular
SH-74	238	238.4	238.25	238.35	0.10	Upper	TP-1523247	392352	8800099	4131	andesito	
SH-76	110.1	111	110.50	110.59	0.09	Intermedio	TP-1524437	392924	8800668	4244	dolomito, metadolomito	
SH-79	177.3	177.6	177.35	177.44	0.09	Intermedio	TP-1524809	392652	8800852	4193	dolomito, metadolomito	
SH-84	135.6	136.5	135.70	135.79	0.09	Resurgidora	TP-1524992	392755	8800621	4198	dolomito, metadolomito	bituminosa
SH-84	191.9	192.2	191.90	191.99	0.09	Intermedio	TP-1525057	392769	8800616	4144	evaporito	brechada
SH-94	50.8	51.5	51.10	51.18	0.08	Resurgidora	TP-1525595	392930	8800581	4282	dolomito, metadolomito	bituminosa
SH-99	120.3	120.9	120.65	120.75	0.10	Inferior	TP-1525873	393640	8800344	4222	dolomito, metadolomito	pseudobrecha

sample	Ag_ppm	Al2O3_pct	As_ppm	Au_ppm	CaO_pct	Cd_ppm	Co_ppm	Cr_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Fe_pct	MgO_pct	Mn_ppm	Ni_ppm	P_ppm	Pb_pct	S_pct	Sb_ppm	Sc_ppm	Sr_ppm	Ti_pct	Zn_pct	C organic_%	Zn-eq_pct
PEDC0000173	49.9	0.9	169	0.003	22.8	155	1.6	5	9		3.5	13.4	8230	5.3	80	1.81	4.39	77	1	149	0.03	6.93	0.19	9.6
PEDC0000018	29	0.7	291	0.003	23.7	74	4.8	4	10		3.5	14.2	5380	8.1	90	0.0527	4.04	46	1	1260	0.03	3.63	0.09	4.5
TP-1549036	35	0.0	94		23.7	171	0.5	1	16		1.4	16.1	3180	0.5	50	0.23	3.21	24	0.5	41	0.01	5.14		6.3
TP-1549044	11.7	0.1	61		25.2	50	0.5	2	17		0.9	17.7	1855	3.0	130	0.17	1.56	24	0.5	49	0.01	2.05		2.5
TP-1549473	76.8	0.1	326		16.5	457	0.5	1	120		2.6	11.3	1170	0.5	100	1.56	11.85	126		44	0.01	19.35		22.6
TP-1549582	110	0.1	191		15.6	668	0.5	2	125		1.3	11.6	1460	0.5	160	0.53	11.6	60		54	0.01	23.2		26.6
TP-1526078	189	0.1	1810	0.010	15.6	963	13.0	4	32	169	3.9	10.0	705	1.0	450	1.05	18.45	335	0.5	135	0.01	26.9		32.8
TP-1526158	11.3	0.1	30	0.003	24.2	104	0.5	2	68	24	0.5	16.5	1300	0.5	140	0.0068	1.84	29	1	85	0.01	2.89		3.2
TP-1527196	7.4	0.8	191	0.003	29.1	44	1.0	2	4	7	1.2	17.7	2070	4.0	80	0.16	2.76	17	1	162	0.03	3.65		4.0
TP-1527254	16.6	0.4	551	0.003	29.7	68	2.0	2	2	10	2.1	19.7	4720	4.0	80	0.04	3.12	51	0.5	130	0.01	3.35		3.8
TP-1527647	30.2	0.1	47	0.003	26.7	183	2.0	1	51	28	1.0	18.1	1720	0.5	120	0.0054	3.59	42	0.5	56	0.01	5.1		5.9
TP-1528293	50.8	0.6	220	0.005	23.5	248	0.5	3	2	88	3.6	15.5	2070	2.0	330	0.05	8.94	102	0.5	477	0.02	9.95		11.4
TP-1528304	42.4	0.3	51	0.003	24.1	255	1.0	1	0.5	119	1.2	15.0	2140	0.5	60	0.39	6.06	102	0.5	123	0.01	11		12.4
TP-1541180	13.1	0.1	162	0.003	26.9	114	2.0	2	0.5	31	1.6	18.8	1970	3.0	180	0.1	3.74	58	0.5	85	0.01	4.44		4.9
TP-1538148	5.2	0.1	40	0.003	26.7	77	2.0	2	39	13	0.6	17.1	1420	2.0	170	0.0018	1.57	19	0.5	64	0.01	2.61		2.8
TP-1538462	11.5	0.1	133	0.003	29.4	28	2.0	1	0.5	8	1.6	18.3	2350	4.0	50	0.31	2.61	23	0.5	83	0.01	1.57		2.1
TP-1538979	45	0.5	542	0.005	28.8	49	0.5	4	2	9	2.6	17.1	2990	3.0	100	1.84	3.86	50	1	166	0.01	2.07		4.7
TP-1539052	34.6	0.2	212	0.006	19.9	492	3.0	1	266	105	1.2	10.8	1005	0.5	230	0.01	9.39	103	0.5	48	0.01	15.75		16.7
TP-1510736	35.2	1.5	666	0.010	34.9	47	1.4	10	6.1	19	3.3	9.5	1400	14.6	1050	0.2	5.43	103	0.7	655	0.05	0.956		2.1
TP-1545465	18.4	0.1	177	0.003	28.4	80	1.0	3	30	7	1.6	18.6	2290	0.5	180	0.0079	2.21	31	0.5	134	0.01	1.825		2.3
TP-1546504	12.8	0.1	66	0.003	28.3	50	1.0	3	2	1	0.8	18.5	1240	2.0	120	0.17	1.81	13	0.5	137	0.01	1.775		2.2
TP-1546714	19.5	0.1	41	0.003	28.6	90	0.5	1	24	8	0.7	17.2	1940	0.5	170	0.003	1.6	17	1	120	0.01	2.38		2.9
TP-1542565	68.6	0.1	223	0.003	23.5	447	4.0	1	0.5	76	1.7	15.4	1200	2.0	200	0.06	8.41	96	0.5	41	0.01	13		14.9
TP-1542801	195	0.2	4280	0.005	21.0	85	5.0	2	162	16	5.4	14.5	1105	0.5	420	1.11	8.45	165	0.5	92	0.01	2.94		9.0
TP-1542927	18.5	0.3	162	0.003	24.4	41	0.5	3	0.5	17	1.7	13.5	5040	1.0	80	0.12	1.67	37	0.5	838	0.01	2.24		2.8
TP-1543077	34.1	0.5	199	0.003	19.1	199	3.0	5	0.5	41	7.0	11.4	941	1.0	360	0.59	13.35	57	0.5	344	0.02	9.07		10.4
TP-1547759	18.5	0.1	103	0.003	26.0	78	3.0	1	6	4	0.6	18.4	1160	2.0	240	0.04	2.21	25	0.5	128	0.01	3.15		3.7
TP-1547897	153	0.1	1930	0.003	8.0	477	2.0	8	3	39	16.0	5.3	503	2.0	130	1.74	26.3	186	0.5	56	0.01	13.75		19.2
TP-1548884	25.7	0.1	59	0.003	28.0	97	1.0	3	4	2	0.7	20.0	1750	2.0	810	0.0034	1.82	3	0.5	43	0.01	2.71		3.4
TP-1511157	46.5	0.6	270	0.009	25.8	110	0.8	3	3.7	25	3.4	16.4	6450	3.2	130	0.32	4.24	76	0.6	220	0.02	4.13		5.6
TP-1511242	45.6	0.8	676	0.007	24.5	137	1.4	3	5.6	29	4.4	16.7	2440	2.8	220	0.31	8.34	100	0.9	341	0.02	6.22		7.7
TP-1511385	490	0.0	158	0.008	6.6		0.7	0.5	384		0.5	4.2	278	1.7	30	4.31	24.1	190	0.05	18.5	0.00	43.72		60.2
TP-1511922	3.2	0.6	163	0.003	25.6	38	1.2	0.5	2	8	3.3	16.2	9620	0.1	90	0.105	1.88	20	0.5	235	0.01	2.25		2.4
TP-1511996	69.2	0.1	143	0.008	24.1	223	1.0	1	4.9	24	1.5	17.7	2190	0.1	70	0.0205	4.54	24	0.2	35	0.00	5.42		7.3
TP-1513257	3.58	0.1	182	0.003	27.1	27	0.4	0.5	1.6	4	2.6	17.7	2580	0.7	30	0.1575	3.5	15	0.2	76.1	0.00	1.785		2.0
TP-1518754	25.1	0.2	130	0.003	25.8	193	1.0	0.5	36.3	25	0.8	15.8	1190	2.9	130	0.0081	4.14	21	0.05	49.2	0.00	5.9		6.6
TP-1519010	24.7	0.2	851	0.003	24.6	92	1.0	2	3	6	7.1	17.8	830	0.5	350	0.0446	5.05	51	0.5	112	0.01	2.4		3.1
TP-1519930	19.3	0.0	110	0.003	19.5	149	1.0	0.5	36	23	0.6	15.3	1170	3.0	40	0.43	6.81	46	0.5	23	0.01	12.55		13.4
TP-1520806	19.7	0.6	61	0.003	24.5	65	0.5	3	0.5	12	3.3	14.7	8280	4.0	100	0.54	1.93	34	0.5	634	0.02	2.36		3.3
TP-1521040	22.8	0.1	34	0.003	26.7	143	0.5	0.5	23	12	0.6	17.0	1520	1.0	90	0.0014	1.87	5	0.5	39	0.01	2.93		3.5
TP-1521720	18.8	0.5	70	0.003	26.3	85	0.5	1	1	19	2.7	15.1	6540	0.5	80	0.75	2.92	51	0.5	152	0.01	4.26		5.3
TP-1521750	56.5	1.2	87	0.003	25.1	220	3.0	4	3	33	1.3	16.7	1890	9.0	90	0.197	4.78	18	0.5	179	0.04	6.85		8.5
TP-1522258	27.1	0.5	63	0.003	22.5	80	0.5	3	0.5	15	3.1	14.8	6700	8.0	90	0.588	4.38	36	0.5	582	0.02	3.14		4.3
TP-1523027	23.2	1.8	288	0.003	20.9	114	7.0	16	37	18	3.3	13.4	3800	22.0	3410	0.0401	5.44	52	2	67	0.03	4.42		5.1
TP-1523247	0.25	11.4	2.5	0.005	16.6	20	56.0	84	61	0	2.4	1.9	288	101.0	990	0.0018	2.62	10	11	107	1.08	2.56		2.6
TP-1524437	18.6	0.1	293	0.003	23.9	196	1.0	1	118	42	1.3	17.2	1500	1.0	110	0.01	4.72	59	0.5	41	0.01	6.43		6.9
TP-1524809	9.3	0.1	139	0.003	24.9	50	3.0	3	13	8	3.0	17.0	1340	0.5	60	0.01	4.69	20	0.5	52	0.01	2.4		2.7
TP-1524992	12.5	0.9	105	0.003	25.8	63	3.0	9	4	22	1.5	16.6	1865	9.0	510	0.16	2.92	58	0.5	688	0.03	2.55		3.0
TP-1525057	11.2	0.1	210	0.003	24.8	135	3.0	3	30	24	1.2	17.2	1265	2.0	260	0.0079	5.48	14	1	63	0.01	7.75		8.1
TP-1525595	4.9	0.2	31	0.003	27.3	35	3.0	5	1	19	0.7	18.5	1995	0.5	450	0.13	1.58	13	0.5	241	0.01	1.955		2.2
TP-1525873	15	0.2	205	0.003	29.0	78	2.0	4	1	8	1.9	16.1	4840	4.0	2650	0.09	3.14	7	0.5	91	0.01	3.67		4.1