



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“CARACTERIZACIÓN MINERAGRÁFICA Y PETROGRÁFICA
DE LA VETA TRAMPOSA, MINA 24 DE ABRIL- SUD YUNGAS –
BOLIVIA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. WILLIAMS REMIGIO NUÑEZ ESPETIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

**CARACTERIZACIÓN MINERAGRÁFICA Y
PETROGRÁFICA.df**

AUTOR

WILLIAMS REMIGIO NUÑEZ ESPETIA

RECuento DE PALABRAS

13302 Words

RECuento DE CARACTERES

77825 Characters

RECuento DE PÁGINAS

92 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.2MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 8, 2023 12:50 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 8, 2023 12:52 PM GMT-5

● **12% de similitud general**


El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)




Dra. Sofia Lourdes Escobedo Fernandez
Directora de la Unidad de Investigación
EPIG


Roger Gonzales Avila
09/06/2023



DEDICATORIA

Un eterno agradecimiento a mi querida madre Quintina Espetia Aroni y a mi querido padre Narciso Nuñez Ccallo, por su sacrificio, abnegación, perseverancia y ejemplo, que siempre fueron mi motivo de inspiración y superación.

A mis hermanos por su apoyo constante en mi formación profesional,



AGRADECIMIENTOS

A Dios, todo poderoso.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, quienes han contribuido en mi formación profesional.

A mi asesor de tesis M.Sc. Roger Gonzales Aliaga, que sin su apoyo este trabajo no sería posible.

A la sección Mina 24 de Abril, Sud Yungas Bolivia, por haberme brindado los recursos necesarios para realizar el trabajo de investigación.

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron de alguna manera, para que este trabajo pudiera ser realizado.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	16
1.2.1 Problema General.....	16
1.2.2 Problemas Específicos.	16
1.3 HIPÓTESIS	16
1.4 OBJETIVOS.....	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 JUSTIFICACIÓN	17
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 ASPECTOS PETROGRÁFICOS.....	18
2.1.1 Estudio microscópico	18



2.1.2	Identificación sistemática de minerales transparentes por sus propiedades ópticas	19
2.1.2.1	Nicoles paralelos	20
2.1.2.2	Nicoles cruzados	22
2.2	ASPECTOS MINERAGRÁFICOS.....	26
2.2.1	Estudio en microscopía de luz reflejada.....	26
2.2.2	Secciones pulidas	26
2.2.3	Identificación sistemática de minerales polarización con luz reflejada y sus propiedades ópticas	27
2.3	PARAGÉNESIS.....	33
2.4	ANTECEDENTES	34

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	MATERIALES.....	36
3.1.1	Equipos y materiales de campo.....	36
3.1.2	Equipos y materiales en gabinete	36
3.1.3	Equipos de laboratorio	37
3.2	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.2.1	Etapa de gabinete I.....	37
3.2.2	Etapa de campo	37
3.2.3	Etapa de gabinete II.....	39

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1	UBICACIÓN	42
4.2	ACCESIBILIDAD	42



4.3	CLIMA Y VEGETACIÓN.....	43
4.4	GEOLOGÍA LOCAL	44
4.4.1	Litología.....	44
4.4.2	Geología Estructural.....	46
4.4.3	Mineralización.....	48
4.4.4	Yacimiento	48
5CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIONES	
	49
5.1	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE LOS	
	MINERALES DE LA VETA TRAMPOSA	49
5.1.1	Descripción macroscópica	49
5.1.2	Descripción mineragráfica.	61
5.1.3	Descripción petrográfica.	72
5.2	PARAGÉNESIS MINERAGRÁFICA DE LA VETA LA TRAMPOSA	82
5.2.1	Paragénesis de la veta Tramposa.....	82
VI.	CONCLUSIONES	87
VII.	RECOMENDACIONES	88
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	91



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades ópticas en microscopio de polarización.....	20
Tabla 2. Minerales anisótropos	23
Tabla 3. Mostrando rangos de birrefringencia de los principales minerales	25
Tabla 4. Minerales distinguibles por su color en luz reflejada	31
Tabla 5. Reflectancia con luz blanca en aire de los principales minerales de mena..	31
Tabla 6. Minerales de reflexiones internas	32
Tabla 7. Accesibilidad al área de estudio.....	42
Tabla 8. Distribución para genética de la veta Tramposa	86



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Polarización y desviación de la luz en el prisma (KERR, 1965).....	19
Figura 2: Tipos de extinción en posición de extinción, relacionado entre la forma del cristal y las direcciones de los índices de refracción (Heinrich, 1977).	24
Figura 3: Proceso de preparación de una muestra de roca en sección pulida (Rivera, 2010).....	27
Figura 4: Curva de dispersión de longitud de onda de rayo incidente vs reflectancia de diversos minerales y del patrón de Si (Baumann & Leeder 1991).	29
Figura 5: Punto de muestreo Veta Tramposa con potencia de 20-25cm.....	38
Figura 6: Punto de Muestreo Veta Tramposa Zona de menor potencia.....	38
Figura 7: Corte de las muestras para su posterior marcado	39
Figura 8: Muestras marcadas para la elaboración de secciones pulidas y delgadas VTR-05 al VTR-12.....	40
Figura 9: Secciones delgadas.	41
Figura 10: Secciones pulidas.....	41
Figura 11: Casquete glacial y vegetación del área de estudio.	43
Figura 12: Afloramientos de la Formación Amutara.	44
Figura 13: Afloramiento de sill cortando rocas metamórficas de la Formación Amutara.	45
Figura 14: Las instalaciones del campamento minero 24 de Abril.....	46
Figura 15: Flancos del pliegue anticlinal erosionado.....	47
Figura 16: Fotomicrografía sección pulida VTR-1.....	61
Figura 17: Fotomicrografía sección pulida VTR-2.....	62
Figura 18: Fotomicrografía sección pulida VTR-3.....	63



Figura 19:	Fotomicrografía sección pulida VTR-4.....	64
Figura 20:	Fotomicrografía sección pulida VTR-6.....	66
Figura 21:	Fotomicrografía sección pulida VTR-7.....	67
Figura 22:	Fotomicrografía sección pulida VTR-8.....	68
Figura 23:	Fotomicrografía sección pulida VTR-10.....	69
Figura 24:	Fotomicrografía sección pulida VTR-11.....	70
Figura 25:	Fotomicrografía sección pulida VTR-12.....	71
Figura 26:	Fotomicrografía sección delgada VTR-1.	72
Figura 27:	Fotomicrografía sección delgada VTR-3.	73
Figura 28:	Fotomicrografía sección delgada VTR-5.	74
Figura 29:	Fotomicrografía sección delgada VTR-6.	75
Figura 30:	Fotomicrografía sección delgada VTR-7.	76
Figura 31:	Fotomicrografía sección delgada VTR-8.	77
Figura 32:	Fotomicrografía sección delgada VTR-9.	78
Figura 33:	Fotomicrografía sección delgada VTR-10.	79
Figura 34:	Fotomicrografía sección delgada VTR-11.	81
Figura 35:	Fotomicrografía sección delgada VTR-12.	82
Figura 36:	Paragénesis mineralógica de la veta Tramposa	85



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

%:	Porcentaje
Aspy:	Arsenopirita
Au:	Oro
CLOs:	Cloritas
Cpy:	Calcopirita
Qz:	Cuarzo
Qz M:	Cuarzo con megacristales
Qz m:	Cuarzo con microcristales
Ef:	Esfalerita
hr:	Hora
min:	minutos
km:	Kilómetros
m.s.n.m.:	Metros sobre nivel del mar
cm.	centímetros
mm:	milímetros
m:	Metros
NII:	Nicoles paralelos
NX:	Nicoles cruzados
MO:	Minerales opacos
OxsFe:	Óxidos de hierro
Po1:	Pirrotita mirmequitica
Po2:	Pirrotita Masiva
Py:	Pirita



PETS:	Procedimiento escrito de trabajo seguro.
UTM:	Sistema de coordenadas (Universal Transversal de Mercator)
UNA:	Universidad Nacional del Altiplano
VTR:	Veta la Tramposa
Ser:	Sericita
Vnll	Venilla
Bt:	Biotita



RESUMEN

El proyecto de tesis, se encuentra ubicado en la Cordillera Oriental, en la comunidad de alto Ocobaya, Sud Yungas, departamento de La Paz. Las estructuras (vetas) mineralizadas en este yacimiento minero no cuentan con información microscópica, por eso se planteó, el objetivo de caracterizar mineragráfica y petrográficamente los minerales asociados al oro y la interacción de la roca encajonante con la estructura mineralizada. La metodología seguida en esta investigación es descriptiva cuantitativa, que inicia con trabajos de gabinete, campo, laboratorio y la elaboración del informe final de tesis. Como resultado del trabajo de investigación se obtuvo que la veta tiene 3 fases de mineralización, donde la primera fase pegada a la caja techo contiene oro encapsulado en arsenopirita, disseminaciones, relleno de fracturas, y como oro libre, los tamaños de las partículas van desde 0.0164 mm hasta 0.103 mm; en la segunda fase ocurre oro, pirita, calcopirita, arsenopirita y pirrotita masiva; la tercera fase no contiene oro, pero si se evidencia disseminaciones de pirita, pirrotita y esfalerita. La paragénesis mineralógica indica que la pirita se encuentra asociada a los 3 eventos de mineralización y también a las rocas caja; la calcopirita se encuentra disseminada y ocurre en la fase 1 y 2; la arsenopirita esta disseminada y se forma en las fases 1, 2; y 3; la pirrotita se presenta en las rocas caja y 3 fases de mineralización, con textura mirmequítica y masiva; la calcopirita esta disseminada entre las fases 1 y 2; la esfalerita solo ocurre en la fase 2. En las rocas caja existe cloritización y sericitización; el cuarzo de la veta presenta texturas granoporfidoblásticas y granoblásticas.

Palabras clave: Mineragrafia, Petrografía, Sud Yungas, Oro.



ABSTRACT

The thesis project is located in the eastern mountain range, in the community of Alto Ocobaya, Sud Yungas, department of La Paz. The structures (veins) mineralized in this mining deposit do not have microscopic information, that is why the objective was to characterize mineragraphically and petrographically the minerals associated to gold and the interaction of the encasing rock with the mineralized structure. The methodology followed in this research is quantitative descriptive, which starts with cabinet, field and laboratory work and the elaboration of the final thesis report. As a result of the research work it was obtained that the vein has 3 phases of mineralization, where the first phase attached to the roof box contains gold encapsulated in arsenopyrite, disseminations, fracture filling, and as free gold, the particle sizes range from 0.0164 mm to 0.103 mm; in the second phase occurs gold, pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite and massive pyrrhotite; the third phase does not contain gold, but if disseminations of pyrite, pyrrhotite and sphalerite are evidenced. The mineralogical paragenesis indicates that pyrite is associated to the 3 mineralization events and also to the box rocks; chalcopyrite is disseminated and occurs in phase 1 and 2; arsenopyrite is disseminated and forms in phases 1, 2 and 3; pyrrhotite occurs in the box rocks and 3 mineralization phases, with myrmektitic and massive texture; chalcopyrite is disseminated between phases 1 and 2; sphalerite only occurs in phase 2. In the box rocks there is chloritization and sericitization; the quartz of the vein has granoporhidoblastic and granoblastic textures.

Keywords: Mineragraphy, Petrography, South Yungas, Gold.



1 CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El proyecto 24 de Abril se encuentran en el flanco Este de la Cordillera Real dentro del corredor metalogénico de oro orogénico en rocas del Paleozoico inferior, el cual se caracteriza por su contenido de rocas metamórficas de bajo grado de metamorfismo, intruído por el Plutón de Illimani (Paleógeno - Oligoceno) y otros intrusivos tipo sill. Este trabajo se realizó dentro del petitorio Calatrava del proyecto minero 15 de Agosto, cuyas estructuras mineralizadas afloran en superficie con direcciones de N300- N315 Y BZ DE 20°-65°NE. Los petitorios mineros tienen labores de exploración y extracción con mena aurífera. El estudio de la veta Tramposa es de gran importancia, porque brinda información útil para la exploración y el desarrollo de recursos minerales en el área de Sud Yungas. Además, la caracterización mineralógica y petrográfica de la veta contribuye a una mejor comprensión de la geología y mineralización del área estudiada, lo que puede ayudar en la planificación de futuros proyectos mineros.

El primer capítulo contempla la importancia del trabajo realizado, el segundo capítulo muestra los antecedentes de la investigación, el tercer capítulo indica los materiales y métodos utilizados para la investigación, el cuarto capítulo muestra la caracterización de la zona de estudio, el quinto capítulo contempla los resultados y discusión, el sexto y séptimo capítulo señalan las conclusiones y recomendaciones futuras.

El objetivo en esta investigación es caracterizar la minerografía y petrografía de los minerales asociados al oro y la interacción con la roca encajonante, con esta información se muestra la distribución aurífera y mineralógica en las facies de mineralización de la veta Tramposa.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Debido a la gran demanda en la última década, el oro se ha convertido en un metal precioso muy requerido para incrementar reservas en las diferentes labores mineras donde se extrae este mineral, lo cual conlleva a conocer la geología de Bolivia y en especial la zona estudiada. Las estructuras mineralizadas de la Mina 24 de Abril Sud Yungas, no cuentan con estudios petrográficos y mineragráficos, por lo tanto, es necesario realizar la caracterización a nivel microscópico, para optimizar la recuperación de mineralización y utilizar los procesos metalúrgicos adecuados. Actualmente, los trabajos de exploración y explotación se hacen de manera intuitiva artesanal, lo cual conlleva a tener costos excesivos en el ciclo de minado y condiciones inseguras dentro de las labores mineras.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema General

¿Qué características mineragráficas y petrográficas tiene la veta tramposa de la mina 24 de Abril- Sud Yungas – Bolivia?

1.2.2 Problemas Específicos.

¿Cómo están distribuidos de los minerales económicos presentes en la veta Tramposa a través de estudio microscópico?

¿Cuáles es la paragénesis de la veta Tramposa en la Mina 24 de Abril Sud Yungas Bolivia?

1.3 HIPÓTESIS

Con la caracterización mineragráfica y petrográfica se identificarán los minerales presentes en la veta y se evaluará la relación y su distribución espacial con la roca encajonante.



1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Caracterizar los minerales asociados al oro a través del estudio de minerografía y petrografía y su interacción con la roca encajonante.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir la distribución de los minerales presentes en la veta Tramposa a través del estudio microscópico.
- Determinar la asociación paragénética a través del análisis minerográfico de la veta la Tramposa de la Mina 24 de Abril- Sud Yungas Bolivia.

1.5 JUSTIFICACIÓN

El entendimiento de las características mineralógicas en la veta Tramposa ayudará a mejorar la recuperación del mineral, reducir costos operacionales y entender la geología que circunscribe la estructura mineralizada. Las rocas del Paleozoico inferior que encajonan a la veta y guardan una historia geológica que debe ser estudiada por la presencia de oro; relacionado a las rocas metamórficas de bajo grado.

La información de yacimientos orogénicos en la zona de estudio es incipiente y restringida, donde no se conoce de manera pública los minerales relacionados que contengan oro y la interacción de la roca caja con la estructura mineralizada. Adicionalmente, esta investigación brinda una información actualizada de la petrografía y minerográfica de la veta la Tramposa, las cuales se pueden correlacionarse con el resto de las estructuras mineralizadas ricas con oro.



2 CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS PETROGRÁFICOS

El estudio petrográfico, implica la descripción que examina el origen, la evolución y la composición de las rocas, también implica una serie de meticulosas observaciones, cuyos resultados se presentan en un orden sistemático y suelen incluir cuatro elementos fundamentales, como: la composición mineralógica, la textura, clasificación y observación (Castroviejo, 1998).

2.1.1 Estudio microscópico

La característica distintiva del estudio microscópico es la luz polarizada; esta se consigue mediante el Prisma de Nicol (figura 1), clásicamente constituido por dos cristales orientados de espato de Islandia, cortados en cuña y pegados de nuevo por medio de bálsamo de Canadá (isótropo). La luz incidente se polariza al entrar en el prisma, dividiéndose, como en cualquier medio anisótropo, en dos rayos, el ordinario y el extraordinario. Pero al llegar éstos a la superficie en unión de las dos partes del prisma, sucede que el ángulo de corte es tal que se elimina, por reflexión total, el rayo ordinario. Únicamente el rayo extraordinario prosigue su camino y entra en la muestra estudiada, mineral o roca (Castroviejo, 2005).

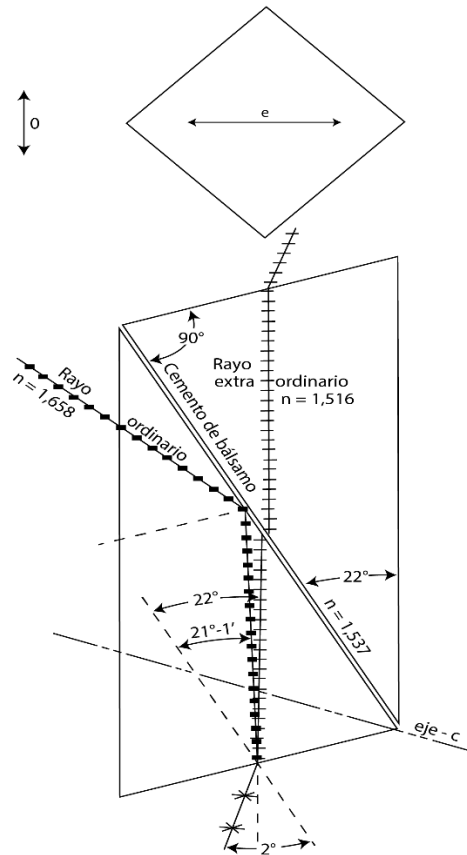


Figura 1: Polarización y desviación de la luz en el prisma (KERR, 1965)

2.1.2 Identificación sistemática de minerales transparentes por sus propiedades ópticas

Los estudios intensivos de las propiedades ópticas de los minerales durante el último siglo han proporcionado información rica y precisa que facilita la identificación de los minerales. Para poder identificar minerales de manera efectiva, sus propiedades deben ser observadas y descritas de manera sistemática y ordenada. De esta forma, unas determinaciones ópticas específicas suelen ser suficientes para identificar de forma rápida y segura los minerales más comunes (Rivera, 2010).

El protocolo que suele seguirse es primero observar las propiedades mediante Nícoles paralelos (N//), luego utilizar Nícoles cruzados (NX) y

finalmente utilizar iluminación conosópica (LC) o aplicar técnicas especiales (tinciones). Las diversas propiedades que se pueden observar utilizando cada una de estas configuraciones de microscopio se analizan a continuación (Castroviejo, 2005).

Tabla 1.

Propiedades ópticas en microscopio de polarización.

Tipo de Iluminación		Tipo de Propiedades	luz Transmitida	Luz Reflejada
Luz Ortoscopia	Nicoles paralelos	Ópticas	Color Pleocroísmo Relieve	Color Pleocroísmo Birreflectancia
		Estructurales	Tamaño Morfología Clivaje	Dureza relativa Tamaño Morfología Clivaje
		Nicoles cruzados	Ópticas	Anisotropía color de interferencia birrefringencia extinción Elongación
		Estructurales	Maclas Zonamiento	Maclas Zonamiento
Luz Conosópica	Nicoles cruzados	Ópticas	Carácter óptico Signo óptico Angulo 2V	(Carácter óptico) (signo óptico)

Fuente: Microscopía Óptica de Minerales (Rivera, 2010).

2.1.2.1 Nicoles paralelos

Las propiedades ópticas como el color, la reflectividad, la birreflectancia, el pleocroísmo de reflexión y algunas características físicas se pueden ver en nicoles paralelos. Donde la forma, el hábito, la dureza, la hendidura y la fractura son algunos ejemplos. La morfología se define



como la forma del mineral y su hábito de cristalización, también la forma de los cristales puede presentarse como euhedrales, subhedrales o anhedrales. En el cual la forma de los cristales depende en gran medida de las condiciones del medio en que éstos se han desarrollado, y por lo tanto, no es una característica distintiva del mineral. En cambio, el hábito es la apariencia del mineral, por ejemplo, si las caras principales del cristal son alargadas o planas, etc. Este hábito se puede describir o definir con términos específicos: acicular como una aguja, prismático y tabular como una mesa. Como otra propiedad se puede apreciar el color y pleocroísmo estas están relacionadas con la absorción de la luz por los minerales transparentes. El color de un mineral es el de la radiación no absorbida, es decir, el color correspondiente al valor de la onda transmitida (monocromática) más intensamente. Cuando un mineral no absorbe ondas monocromáticas, se le llama incoloro, y bajo un microscopio parece blanco (nada más que el color de la luz o la ausencia de color. El pleocroísmo es el cambio de color en función de la orientación del mineral (cuando se gira la placa), debido a que la radiación monocromática se absorbe con distintas intensidades en un sentido u otro (Castroviejo, 2005).

Relieve: Los granos minerales que tienen mayor o menor índice de refracción que sus alrededores inmediatos, muestran contornos marcados y aparecen como si estuvieran más altos o más bajos que los materiales adyacentes. El relieve es un resultado de la refracción y de la reflexión total interna de los rayos de luz en la interfaz entre el grano mineral y sus alrededores. Cuanta más diferencia exista entre los índices de refracción respectivos, más pronunciados serán el contorno del mineral y el relieve.



Ambos desaparecerán cuando los índices de refracción de los materiales adjuntos sean idénticos (Raith et al., 2012).

Clivaje: la podemos calificar como perfecta, buena, mediana, mala, imperfecta o ausente. Para el estudio de esta propiedad se debe indicar tanto la calidad como las direcciones; para ello es conveniente buscar cortes perpendiculares al plano de clivaje, esto es, cortes con trazas de clivaje nítidas y finas (Rivera, 2010).

2.1.2.2 Nícoles cruzados

Teniendo en cuenta la construcción del microscopio con orientación de níquel perpendicular, la posición N X esencialmente evita que la luz pase porque el analizador excluye las direcciones de oscilación permitidas del polarizador y viceversa. Por lo tanto, si no hay ruido (ningún objeto en la escena), la posición N X queda completamente oscurecida. ¿Qué sucede cuando se introduce un mineral? Si es isotrópica entonces no se produce ningún cambio y permanece oscuridad total, pero si es anisotrópica habrá desviaciones en el plano de oscilación de la luz transmitida, determinadas por la posición del puntero óptico, creando transiciones de luz a oscuridad en de acuerdo con la dirección del cursor resultante a medida que gira el carrete. Por lo tanto, la primera observación que se hace con N X es para determinar si un mineral es isotrópico o anisotrópico. Pero, además, las observaciones de N X nos permiten determinar otra información muy valiosa para los minerales anisotrópicos, por ejemplo, el valor de la birrefringencia. Para esto, se debe tener en cuenta la interferencia (Castroviejo, 2005).



Anisotropía: Definimos la propiedad de anisotropía como la luminosidad que tienen los minerales anisotrópicos entre nicoles cruzados y su cambio a medida que gira la placa. La apertura indicada suele ser baja, así que trabaje con la máxima intensidad de luz y retire el filtro azul si es necesario. El entorno de trabajo debe ser oscuro para que la visión pueda adaptarse a la poca luz del campo. Algunos minerales muestran un cambio repentino de brillo y color uniforme, incluso cuando el campo está poco iluminado. En otros minerales, la anisotropía será difícil de discernir. Los minerales sin luminosidad entre los nicoles que se cruzan pueden ser isotrópicos, anisotrópicos con un corte distintivo o minerales con anisotropía por debajo del límite de detección del ojo humano. Tenga en cuenta que la proyección oblicua de la luz polarizada linealmente sobre los minerales isotrópicos puede provocar una anisotropía anómala. Debido a la distorsión de la red, algunos minerales isotrópicos pueden exhibir una anisotropía anómala (por ejemplo, pirita, cobre natural, cuprita, cobaltina, etc.). Por lo tanto, es recomendable comprobar la anisotropía en algunos minerales (Rivera, 2010).

Tabla 2.

Minerales anisótropos

Mineral	Anisotropía
Covelina, marcasita, molibdenita	muy Fuerte
Jamesonita, enargita, pirrotita	Fuerte
Arsenopirita, hematita, ilmenita	media
Bornita, Calcopirita, bournonita	Débil
Calcosina, wurtzita, wolframita	muy débil

Fuente: (Rivera, 2010)

Extinción. La dirección de oscilación del haz de luz polarizado linealmente que incide sobre el mineral no cambia cuando lo atraviesa y, por lo tanto, la luz no atraviesa el analizador. Entonces el mineral está en un estado descolorido, repetido cada 90° (Heinrich, 1977).

Si tenemos un cristal semiisomorfo o un poliedro, podremos relacionar la dirección del índice de refracción con la forma exterior del cristal. Si el ángulo entre la dirección de uno de los índices y la dirección de uno de los ejes del cristal es cero, entonces decimos que el mineral es una extinción paralela; si es distinto de cero, decimos que es una extinción inclinada. Si las direcciones preferidas coinciden con las de los planos de simetría en esta sección, entonces decimos que el mineral es una extinción simétrica. Si la partícula que se está probando es xenomórfica y no hay escisión ni ninguna otra característica estructural que sirva de guía para indicar la dirección de los índices de refracción, la propiedad de extinción no puede calificarse (Heinrich, 1977).

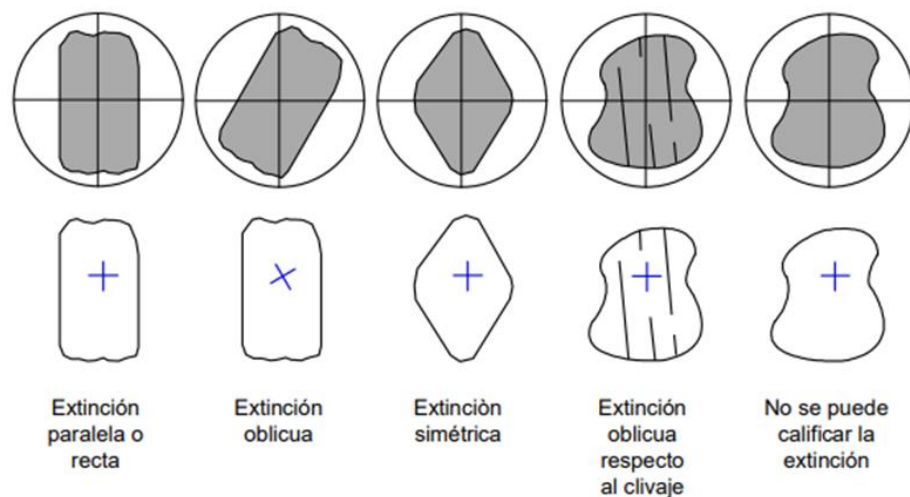
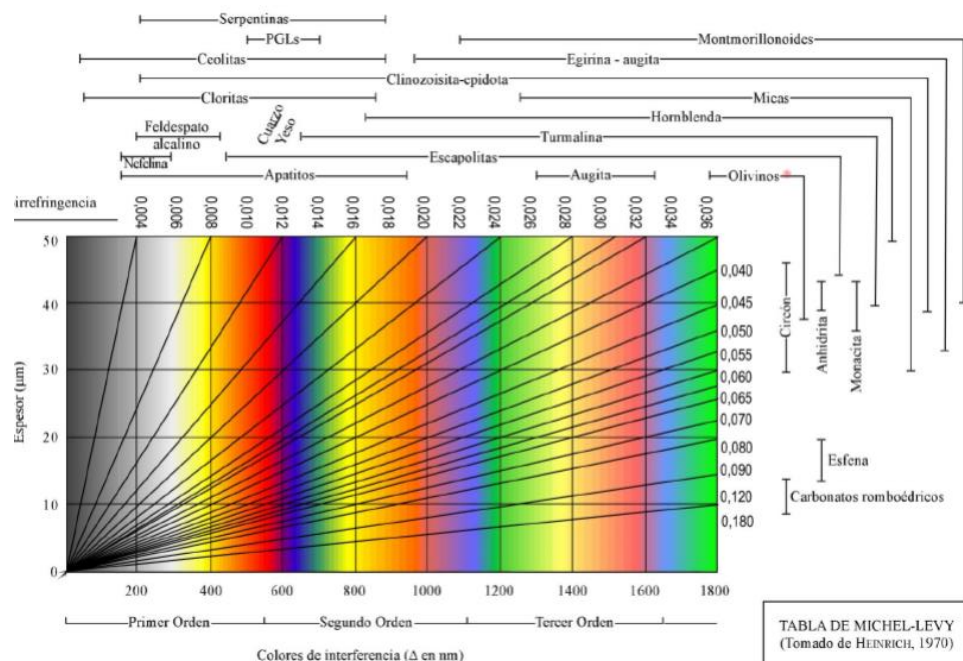


Figura 2: Tipos de extinción en posición de extinción, relacionado entre la forma del cristal y las direcciones de los índices de refracción (Heinrich, 1977).

Birrefringencia: La variación en la reflectividad de un mineral causada por su orientación. Si bien es posible verlo en un solo grano mineral girando la corredera, es más sencillo verlo cuando se comparan los diversos granos del mismo mineral en un agregado policristalino (Heinrich, 1977).

Tabla 3.

Mostrando rangos de birrefringencia de los principales minerales



Fuente. Tomado de (Heinrich, 1977).

Maclas: Las maclas se generan por el intercrecimiento de dos o más porciones de cristal individual de una misma especie mineral, según una relación de simetría definida controlada por la estructura cristalina. El maclado puede también ser resultado de deformación. Las partes individuales de un mineral maclado están intercrecidas de modo tal que una es la imagen especular de la otra (el plano de reflexión es el plano de macla) o están rotadas una en relación a la otra (el eje de rotación es el eje

de macla) o ambas cosas simultáneamente. La interfaz de macla corresponde normalmente con el plano de macla (Raith et al., 2012).

2.2 ASPECTOS MINERAGRÁFICOS

Es un campo de estudio que se enfoca en la identificación de minerales metálicos (opacos) vinculados a la mineralización y contribuye a comprender cómo se relacionan la evolución en el tiempo y el espacio. Debido a su naturaleza absorbente de luz, los minerales opacos solo pueden estudiarse bajo microscopía de luz reflejada. (Picot, 1982). Con la ayuda de esta investigación es posible identificar todos los minerales metálicos que están presentes en la veta, así como el tamaño de grano, definir las relaciones entre minerales conocidas como asociaciones mineralógicas, identificar cambios y reemplazos, así como el tipo de textura, e identificar la secuencia paragenética (Bisa, 2009).

2.2.1 Estudio en microscopía de luz reflejada

El microscopio de polarización de luz transmitida es la herramienta esencial para el estudio petrográfico de las rocas. Un equipamiento similar, pero con luz reflejada se usa para el estudio de las menas y minerales opacos en general, mayoritariamente sulfuros y óxidos, que suelen ser accesorios (< 5% en volumen) en la mayoría de las rocas (Dorado, 2015).

2.2.2 Secciones pulidas

Las muestras deben ser sólidas y representativas del área de estudio. Si la muestra es frágil o quebradiza, será conveniente impregnarla con resina o bálsamo de Canadá al vacío, lo que le dará mayor cohesión a la muestra para luego cortarla en la porción deseada. Las muestras deben estar debidamente preparadas bajo secciones pulidas para el microscopio de luz reflejada (Figura 3). La pieza cortada se colocará en una briqueta de resina epoxi u otro producto similar y se desgastará

allí antes de usarse para pulir superficies con abrasivos progresivamente más finos, comenzando con carborundum y terminando con alúmina o polvo fino de diamante. Trabajar con cada abrasivo hasta que desaparezcan las irregularidades producidas por el abrasivo anterior (Rivera, 2010).

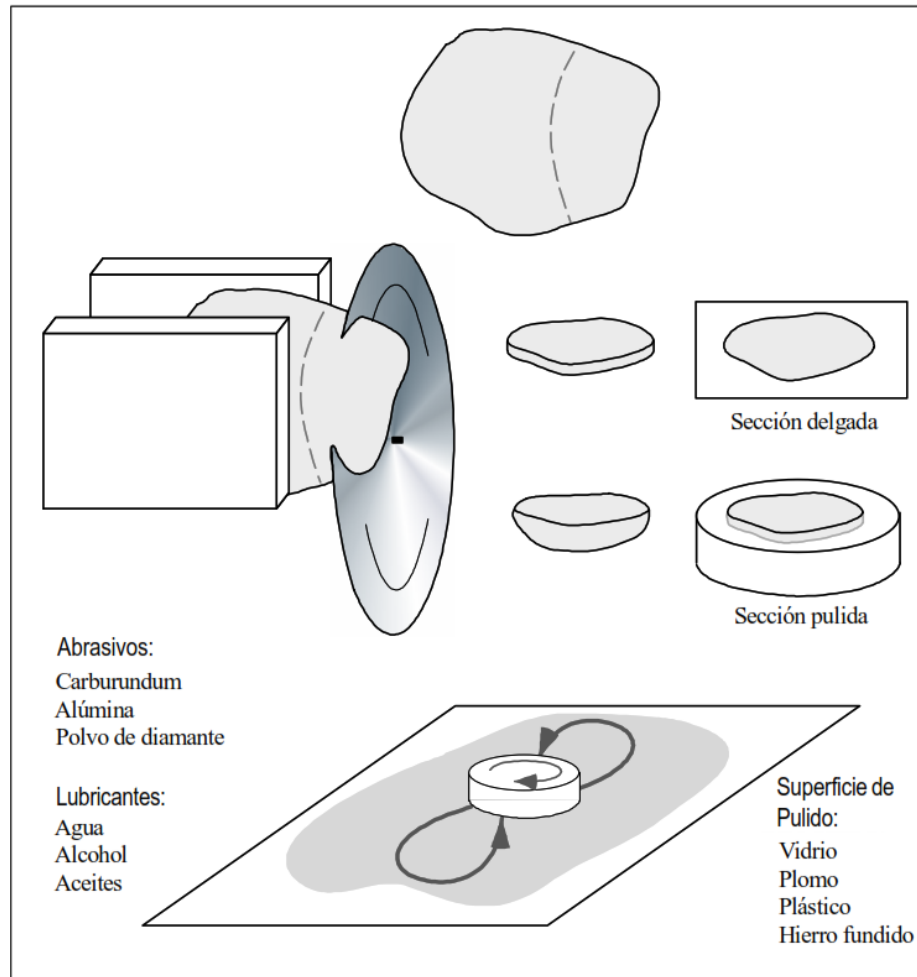


Figura 3: Proceso de preparación de una muestra de roca en sección pulida (Rivera, 2010).

2.2.3 Identificación sistemática de minerales polarización con luz reflejada y sus propiedades ópticas

La microscopía de polarización de luz reflejada se utiliza para estudiar minerales opacos, objetos que no dejan pasar la luz. Estos minerales tienen una alta tasa de absorción, un índice de refracción generalmente superior a 2,4 y una



alta reflectividad. Con pocas excepciones, la mayoría de ellos se encuentran en depósitos de metales. Las propiedades ópticas de los minerales opacos que se estudian al microscopio son: color, reflectividad, doble reflectividad y pleocroísmo para Nicoles paralelos, y anisotropía y reflexión interna para Nicoles cruzados. El color y la reflectancia se pueden medir cuantitativamente. En general, las propiedades ópticas cualitativas son difíciles de determinar con precisión porque se ven afectadas por las propiedades de los granos adyacentes, la intensidad y tipo de iluminación, la calidad de la óptica del microscopio, la calidad del pulido, la homogeneidad o heterogeneidad del grano observado. composición, orientación cristalográfica, posición en la placa, grado de variación de la muestra y grado de entrenamiento del observador. Por lo tanto, la microscopía de luz reflejada requiere un trabajo muy cuidadoso y mucha práctica (Phillips, 1986).

Color y reflectancia: Estas propiedades se refieren al color de la superficie pulida de un mineral como se observa en la luz reflejada y la capacidad del mineral para reflejar la luz (la relación entre la intensidad de la luz reflejada y la intensidad de la luz incidente, expresada como porcentaje), respectivamente. Ambas propiedades están fuertemente influenciadas por la iluminación, el color y la reflectividad de los granos adyacentes, la calidad del pulido y la composición química del mineral. Ambas propiedades se pueden medir cuantitativamente, como se mencionó anteriormente. En las observaciones cualitativas, se recomienda utilizar una intensidad de iluminación constante, utilizando un filtro azul claro, el diafragma debe estar cerrado en la medida en que solo se dejen ver las partículas que queremos caracterizar, y debemos utilizar filtros bien pulidos. secciones. Las condiciones de visualización se pueden calibrar con la ayuda de minerales de colores característicos como la galena (blanco), la piritita

(amarillento) o la calcopirita (amarillo brillante). La mayoría de los minerales minerales son de color blanco, gris claro o de color, pero el color siempre es pálido. Podemos expresar la reflectividad relativa a ciertos minerales. Si un mineral tiene una reflectancia mayor que la galena (42,9%), decimos que tiene una reflectividad alta; si es menor que la galena, pero mayor que la esfalerita (18,4%), decimos que tiene un albedo medio, diríamos que tiene un albedo bajo si es menor que la esfalerita. Los minerales de ganga tienen una reflectancia muy baja (< 9 %) y son de color gris (Rivera, 2010).

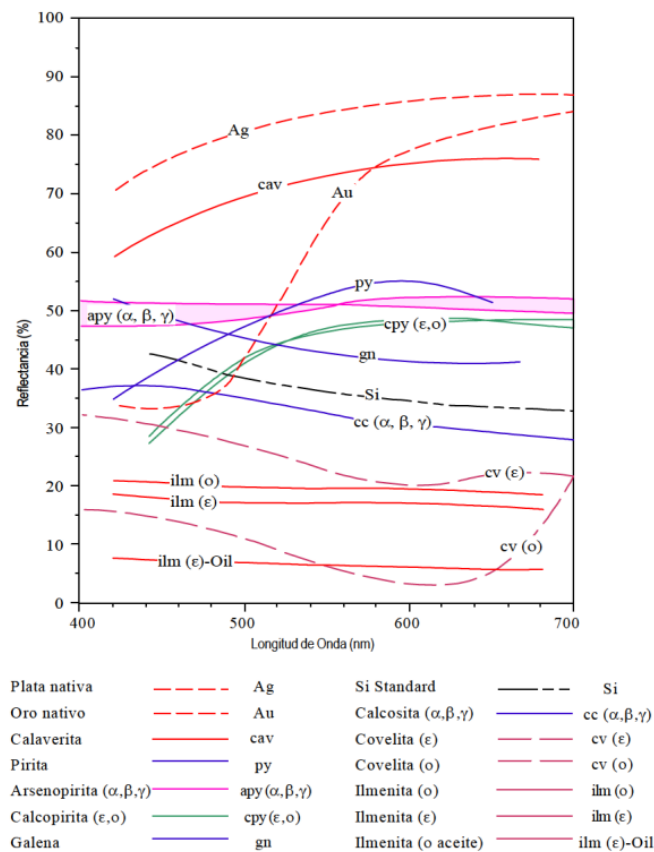


Figura 4: Curva de dispersión de longitud de onda de rayo incidente vs reflectancia de diversos minerales y del patrón de Si (Baumann & Leeder 1991).

Birreflectancia y pleocroísmo: Similar con el índice de refracción de los minerales transparentes, los minerales opacos isótropos presentan un único valor



de reflectancia, mientras que en los anisótrpos 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 isótrpos, en los anisótrpos con corte perpendicular a algún eje óptico y en los anisótrpos 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 anisótrpos 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 nícoles 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 4 se presentan algunos ejemplos de minerales birreflectantes y pleocroico. El fenómeno es análogo al pleocroísmo o dicroísmo de los minerales transparentes y obedecen a la luz polarizada reflejada por dos direcciones diferentes de una sección mineral anisótropa. Se llama birreflectancia cuando se gira una sección en el microscopio y al cambio del color se conoce como pleocroísmo de reflexión (Espinoza, 2018).

Tabla 4.

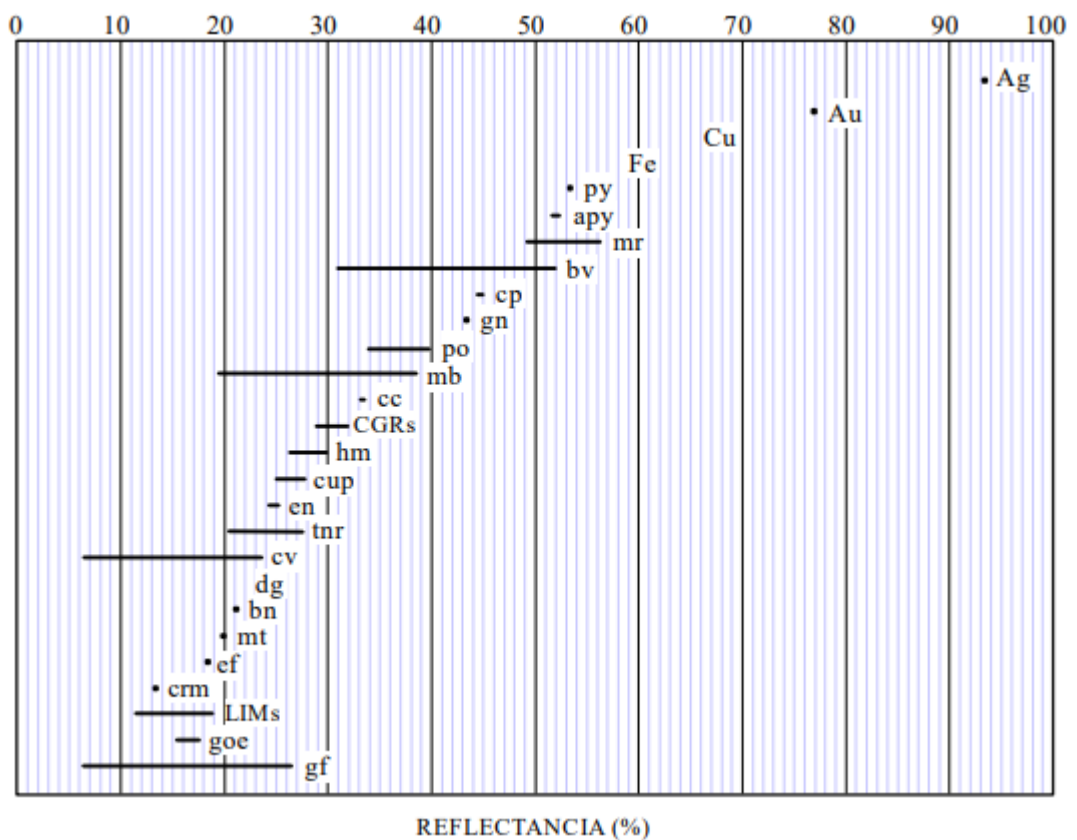
Minerales distinguibles por su color en luz reflejada

Color	Mineral	Color	Mineral
Blanco a gris blanquecino	Galena	Blanco amarillento	Pirita
	Tennantita		Marcasita
	Arsenopirita		Rutilo
Gris	Esfalerita	Amarillo	Oro
	Cuarzo		Nativo
	Limenita		Calcopirita
	Magnetita		
Azul a gris Azulado	Covelina	Rosáceo, Rojo a Marrón	Bornita
	Calcosina		Cobre nativo
	Digenita		Enargita

Fuente: (Rivera, 2010).

Tabla 5.

Reflectancia con luz blanca en aire de los principales minerales de mena



Fuente: (Rivera, 2010).

Reflexiones internas: Cuando la luz penetra en minerales translúcidos y se refleja en interfaces, planos de fisura, microfisuras o inclusiones, la superficie del grano se iluminará con la coloración relativa característica de cada mineral. Tal iluminación se llama reflexión interna. Los minerales altamente reflectantes generalmente no exhiben reflexión interna, mientras que algunos minerales de reflectividad media y la mayoría de los minerales de baja reflectividad sí lo hacen. Cuanto mayor sea la transparencia y menor la reflectancia, más pronunciados serán los reflejos internos. Se observan reflejos internos con cruz nicoles. Se diferencia de la anisotropía en que no cambia cada 90° (atenuación) y es menos intensa. El color de reflexión interna es relativamente típico para cada tipo de mineral; sin embargo, hay minerales que tienen un color o matiz reflectante interno dependiendo de su composición, y otros que tienen reflejos internos muy similares (Castroviejo, 2005).

Tabla 6.

Minerales de 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 parduzco
Limonita	Amarillo pardo hasta rojo pardo oscuro
Cinabrio	Rojo bermellón
Wolframita, hematina	Rojo oscuro

Fuente: (Castroviejo, 2005).

Dureza relativa: La dureza relativa es una evaluación cualitativa obtenida al comparar el rendimiento de pulido de diferentes minerales con diferente resistencia a la abrasión. Los minerales más duros aliviarán más el dolor que los minerales menos duros. Al desviar el punto de contacto, aumentando ligeramente

la distancia entre el objetivo y la muestra, observaremos una tenue línea brillante, conocida como línea de Kalb, moviéndose hacia el mineral menos duro. Cabe señalar que esto se debe a una diferencia en la flotabilidad de la superficie de la muestra y esta es una propiedad completamente diferente al relieve y las líneas de Becke, otra forma de comparar la dureza de un mineral es a través de grietas. Defectos de pulido: en minerales de baja dureza, los arañazos serán fuertes, pero al cambiar a superficies minerales más duras, los arañazos serán débiles, discontinuos o desaparecerán (Rivera, 2010).

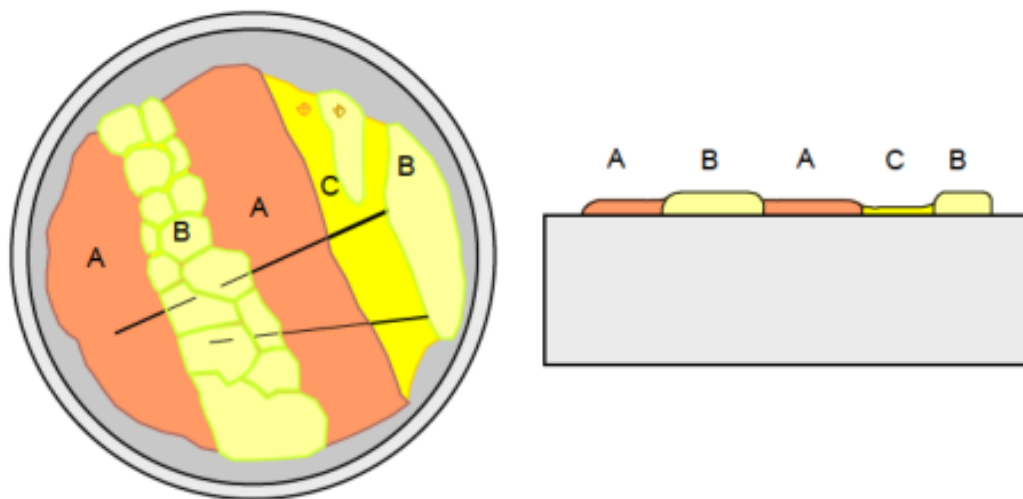


Figura 5. Dureza relativa de los minerales (Rivera, 2010).

A la izquierda de la imagen hay una sección transversal pulida del plano, ya la derecha hay una vista de sección transversal ampliada en escala vertical. La reducción de minerales más duros (mayor resistencia al desgaste) es diferente de la disminución de minerales menos duros Otra forma de comparar la dureza de los minerales son los arañazos causados por un pulido incompleto (Rivera, 2010).

2.3 PARAGÉNESIS.

La mineralización cambia gradualmente su composición fisicoquímica, pH y otras propiedades a medida que se aleja de su fuente e interactúa con las rocas. Migra a zonas



de menor presión y pierde calor cuando entra en contacto con rocas más frías. Los minerales de mena y ganga se acercan a sus respectivas constantes de equilibrio y se depositan en un orden específico a medida que ocurren estos cambios físicos y químicos. Esta deposición secuencial ofrece una descripción completa de cómo una solución mineralizante cambió con el tiempo y el espacio. La secuencia paragenética o paragénesis de un depósito mineral se refiere al orden cronológico del depósito mineral. Los criterios texturales se utilizan para determinar esto principalmente a través de exámenes microscópicos de secciones pulidas a la luz de la reflexión, pero las relaciones entre varias vetas también son importantes en este contexto. La paragénesis, por otro lado, es un signo de la evolución de los fluidos durante la formación de depósitos minerales (Maksaev, 2011).

2.4 ANTECEDENTES

Valencia & Villareal (2009), indican que la principal franja metalogenética se localiza a lo largo de toda la Cordillera Oriental del territorio peruano, este se extiende a más de 1500 Km. con una tendencia NO-SE, las rocas hospedantes son conforman pizarras, esquistos, areniscas, limolitas del Paleozoico inferior. Dentro de esta misma franja se ha reconocido una serie de depósitos identificados como orogénicos los se extienden en aproximadamente 280 Km. desde la frontera con Bolivia hasta las inmediaciones de la Deflexión de Abancay.

Gaona (2021), menciona que la composición mineral principal de las vetas que contienen el oro consta de cuarzo, pirita, calcopirita, arsenopirita, clorita y otros óxidos de hierro. Asimismo, en algunos puntos del cinturón de Au-Sb de la Cordillera Andina Oriental se pueden hallar trazas de schelita, calcopirita o galena, menciona en su trabajo final de grado que la mineralogía del material concentrado, se basa en grandes concentraciones de sulfuros, es decir, pirita y arsenopirita. De todas maneras, también se



pueden identificar pequeñas porciones de galena, esfalerita e incluso cuarzo. Finalmente, aquí, es dónde se albergan las mayores cantidades de oro.

Arce (2009), indica que Bolivia se puede dividir en seis provincias fisiográficas, de este a oeste comprenden: el Escudo Precámbrico, la Llanuras Chaco-Benianas, la zona Subandina, la Cordillera Oriental, el Altiplano y la Cordillera Occidental. Las últimas cuatro provincias descritas anteriormente comprenden el Orógeno Andino del Mesozoico-Cenozoico de Bolivia, que alberga una gran cantidad de yacimientos minerales muy importantes para la economía del país.

Valdivieso & Mc Iver (2018), detalla que la mineralización aurífera está relacionada a sulfuros (pirita, arsenopirita y pirrotina), diseminados dentro y en los bordes de vetas, venillas y micro venillas de cuarzo deformado, lenticulares, sub paralelo y transversal a la estratificación y foliación, así mismo en bordes cercanos de la roca caja.

Valencia, et al., (2009), menciona que en la Cordillera Oriental del sur se habría emplazado una faja de depósitos orogénicos de Au debido a la removilización de mineralizaciones anteriores. Esta removilización fue ocasionada por la sobreimposición de eventos tectónicos donde no habría intervenido actividad ígnea significativa.



3 CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Para realizar este trabajo de investigación se usó varios materiales, instrumentos y equipos, principalmente en la fase de campo y laboratorio.

3.1.1 Equipos y materiales de campo

- Laptop.
- GPS.
- Brújula.
- Libreta de campo.
- Cámara fotográfica.
- Tablero de mapeo.
- Bolsas de muestreo.
- Spray.
- Martillo de geólogo.
- Materiales de muestreo.

3.1.2 Equipos y materiales en gabinete

- Útiles de escritorio
- Laptop o computadora
- Impresora



3.1.3 Equipos de laboratorio

- Microscopio de polarización Leica DM 2700 P de luz transmitida y luz reflejada, del Laboratorio de Yacimientos Minerales de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la UNA- PUNO.
- Cámara Leica ICC50W del Laboratorio de Yacimientos Minerales de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la UNA- PUNO
- Estereomicroscopio EUROMEX del Laboratorio de Geología General, edificio de Ciencias Básicas de la UNA- PUNO.

3.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.

La metodología que se aplica en el siguiente estudio es descriptiva y consta de tres etapas, con el cual se lleva a caracterizar macroscópicamente y microscópicamente muestras extraídas del nivel 4200 de la veta Tramposa, esto para alcanzar los objetivos planteados.

3.2.1 Etapa de gabinete I

En esta etapa de la investigación se procede a recolectar información concerniente a la zona de estudio, especialmente sobre los mapeos geológicos, levantamiento topográfico y modelamiento, con estos datos obtenidos se procede a planificar los puntos estratégicos para el muestreo y posterior caracterización minerográfica, petrográfica y paragénesis de la veta Tramposa.

3.2.2 Etapa de campo

Los trabajos de campo se inician con la ubicación de puntos de muestreo previamente establecidos, en un mapa geológico elaborado en las labores mineras en interior mina, esto para la recolección de muestras. Esta etapa tiene los

protocolos de seguridad que establece la política de la empresa, siguiendo cuidadosamente los PETS de muestreo.

Los datos de muestreo geológico considerados, son: coordenadas UTM, buzamiento de la Veta, rumbo de la veta, observaciones y fotografías. Se eligió dos puntos estratégicos para la toma de muestras, los cuales están ubicados en la galería Tramposa a en el subnivel 4200. En este nivel la veta Tramposa muestra su mayor espesor con una potencia que va desde los 20 cm a 25 cm, teniendo como roca encajonante a pizarras de color gris oscuro (ver figura 5).



Figura 5: Punto de muestreo Veta Tramposa con potencia de 20-25cm

En este mismo nivel, la veta Tramposa presenta un estrangulamiento con potencias que bajan de 1cm a 3cm, donde la mineralización de oro se considera como la zona con déficit económicos. (ver figura 6)



Figura 6: Punto de Muestreo Veta Tramposa Zona de menor potencia.

3.2.3 Etapa de gabinete II

- **Preparación de muestras**

Las muestras obtenidas de la veta Tramposa fueron marcadas, codificadas y cortadas para su envío al laboratorio del Sr Edilberto Mena en la ciudad de Lima. Aquí se tuvo cuidado para señalar sectores que muestren información para los objetivos planteados,



Figura 7: Corte de las muestras para su posterior marcado

CODIGO: VTR-05 al VTR-11

Descripción: muestra de la veta Tramposa con potencia de 25cm

Foto:

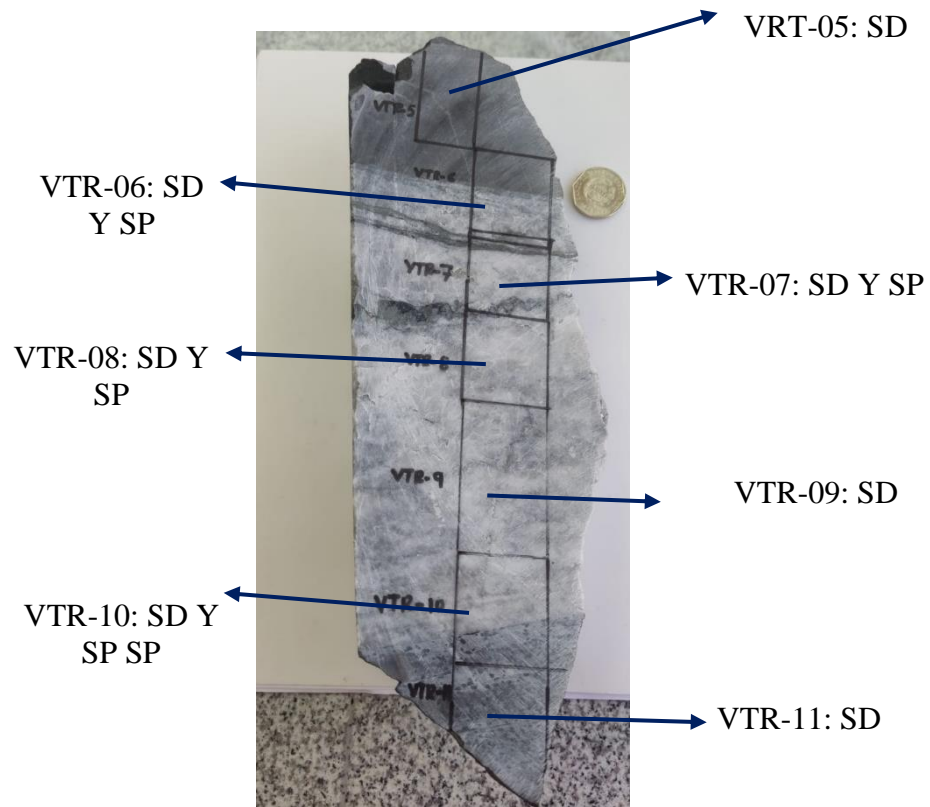


Figura 8: Muestras marcadas para la elaboración de secciones pulidas y delgadas VTR-05 al VTR-12

Para el estudio petrográfico se elaboraron 10 láminas delgadas, cada una representando cada porción de la veta incluyendo los contactos en la roca caja piso y caja techo.

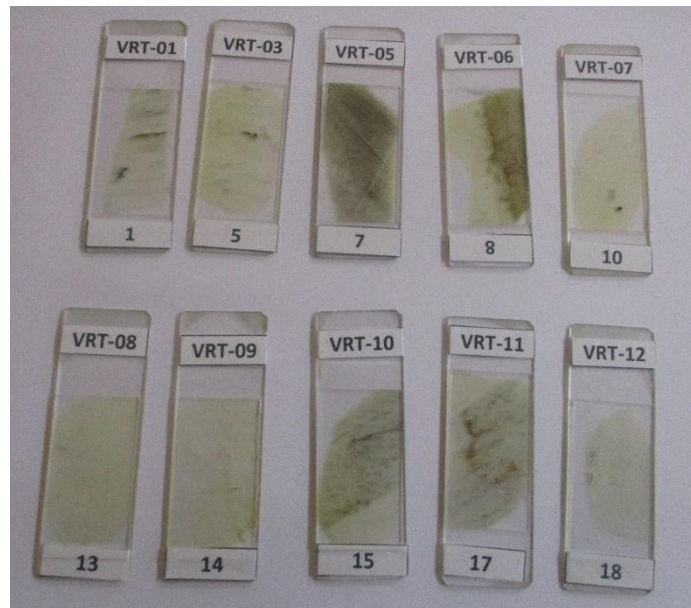


Figura 9: Secciones delgadas.

Para el estudio minerográfico se elaboraron 10 secciones pulidas con los cuales se determinaron los minerales opacos asociados al oro y estudio paragenético.



Figura 10: Secciones pulidas

4 CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN

El proyecto minero 24 de Abril se encuentra a 4 Km al Suroeste de la comunidad de Totoral, en la propiedad minera Calatrava, dentro del distrito de Coripata, provincia de Sud Yungas y departamento de la Paz al Noreste de Bolivia. La altura media de la zona es 4,600 m.s.n.m., el nevado de Illimani se encuentra a 2km de la mina 24 de Abril, donde dicho nevado presenta una elevación de 6460 m.s.n.m (Ver Anexos 1).

4.2 ACCESIBILIDAD

Para llegar a la zona de estudio, se inicia el recorrido por vía terrestre, desde la ciudad Puno hacia el aeropuerto Manco Capac (Juliaca - Perú), seguidamente nos desplazamos por vía aérea hasta el aeropuerto internacional Jorge Chaves (Lima- Perú), ya habiendo realizados los trámites migratorios se procede a tomar un vuelo con destino al hacia el aeropuerto internacional de el Alto- la Paz (Bolivia), todo el recorrido de Puno hasta Bolivia dura un aproximado (4:30 horas). Llegando a la ciudad de la La Paz- Bolivia se toma una movilidad con destino al distrito de Totoral (comunidad de bajo Ocobaya), este tramo consta de 77 km de trocha carrozable, el tiempo de viaje varía entre 3 a 5 horas, el cual depende de las condiciones climáticas. (ver tabla 7).

Tabla 7.

Accesibilidad al área de estudio

Ubicación (desde- hasta)	Distancia	Acceso	Tiempo
Puno- Juliaca	42km	vía terrestre Asfalto	00:50 min
Juliaca- Lima	842km	vía aérea	01 hr50min
Lima- El Alto La Paz Bolivia	1084km	vía aérea	02hrs 10 min
El Alto- Comunidad Ocobaya	77km	vía terrestre trocha	3:00 a 5:00 hrs

Fuente: Elaboración Propia.

4.3 CLIMA Y VEGETACIÓN

El clima en el área de estudio, es generalmente helado con frecuentes neblinas que ascienden de las partes más bajas como la selva alta. Durante los meses de octubre a marzo hay precipitaciones pluviales con tormentas eléctricas, de abril a setiembre se tiene intensas heladas por la noche y con intensa luz solar durante parte del día.

La vegetación que se presenta en la mina 24 de Abril está conformado por arbustos y pastos naturales, dentro de los cuales “el ichu” (*Stipa Ichu*), presenta tamaños menores a 30cm y en las zonas más cercanas a la zona de estudio se puede apreciar arbustos con tamaños mayores a 40cm. en general la vegetación es escasa.

De vez en cuando se observa ganado auquénido silvestre (alpacas y llamas), los cuales deambulan alejados de la zona trabajo minero, estos se alimentan de los pastos naturales.



Figura 11. Casquete glaciar y vegetación del área de estudio.

4.4 GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio se ubica dentro de la formación Amutara de edad Paleozoico, el cual se correlaciona con las formaciones Ananea y Sandia en Perú. A nivel local, el área de estudio se ubica en la concesión dentro del lote Calatrava del proyecto minero 15 de Agosto.

4.4.1 Litología

La litología de esta unidad estratigráfica está compuesta por rocas del ordovícico superior de la Formación Amutara, que está caracterizada por la presencia de pizarras arenosas, pizarras silicificadas y pizarra con intercalación de cuarcitas, esta unidad infrayace a la formación Cancañiri. La orientación de la foliación de las pizarras va de 290° - $330^{\circ}/20^{\circ}$ - 60° al NE. En áreas circundantes a la zona de estudio (1.5 km) hacia el Sur Oeste, en especial del proyecto minero 24 de Abril, afloran pequeños intrusivos que pertenecen al plutón Illimani de composición granodiorita y monzonita, el cual genero aureolas con débil metamorfismo de contacto en las pizarras de la formación Amutara.



Figura 12: Afloramientos de la Formación Amutara.

El plutonismo ocurrido en la zona de estudio generó estructuras, como: sills y cuerpos irregulares, que son interpretados como post mineralización, estos tienen granulometría fina a media por los cristales poco definidos de silicatos petrogenéticos; en general estas estructuras tienen composición básica a ácida. Algunos autores interpretan que estos intrusivos tienen diferente génesis, por la variación composicional y comportamiento sub paralelo y oblicuo. En la zona de estudio el comportamiento estructural de estos intrusivos marca la mineralización aurífera, es decir; cuando estas tienen comportamiento paralelo, las leyes de oro bajan y cuando cortan la foliación de manera perpendicular incrementan las leyes. La orientación principal de estas estructuras en general es NW con tendencia al norte (ver anexos 3).



Figura 13: Afloramiento de sill cortando rocas metamórficas de la Formación Amutara.



Figura 14: Las instalaciones del campamento minero 24 de Abril.

4.4.2 Geología Estructural

La geología estructural del área de estudio, presenta múltiples eventos tectónicos que vienen desde el Hercínico y terminan en el Ciclo Andino, de acuerdo con esto, también existen indicios de movimiento que ocasiono el Plutón Illimani, motivo por el cual parte de los afloramientos del Paleozoico muestran desplazamientos paralelos a la ascensión del intrusivo. Los principales rasgos estructurales que se observan son extensivos, haciendo referencia a un último evento deformacional de la Cordillera Real.

El proyecto 24 de Abril, ha sido condicionada por esfuerzos dentro de un espacio de tiempo del ciclo orogénico Eohercínico a inicios del Devónico, lo que es corroborado por eventos estructurales en la zona. También se evidencia eventos post mineralización aurífera condicionada por esfuerzos compresivos y distensivos correspondientes a la Orogénia Andina entre el Mesozoico e inicios del Cenozoico; ambas orogénias ocurren en la zona de estudio. (Ver Anexos 2).

La figura 15, muestra que el eje del anticlinal en donde se ubica el campamento de la mina tiene movimientos transcurrentes (dirección NO – SE) con una componente siniestral, el cual ocasionó movimientos de cizalla en los planos de foliación de las pizarras. El cizallamiento general origino otras

estructuras menores como fallas inversas que cortan la mineralización aurífera relacionadas al cuarzo metamórfico blanco; este fallamiento puede ser comparado con el modelo de Riedel. Existen también fallamientos menores que son paralelos a las fallas inversas, pero su extensión longitudinal termina con los planos de cizallamiento de fallas transcurrentes siniéstrales. (ver anexos 4).

La longitud reconocida a la fecha de la zona de cizalla (estructura mineralizada) con contenido aurífero es de 500 m, con un ancho máximo de 300 m, el cual disminuye su potencial al SE de la mina Dorado (ver figura 15). Las estructuras auríferas están paralelas a la foliación de las pizarras, el cual rellenan fracturas con orientación media N300-315°E, tiene cambios de buzamiento en la zona Noroeste de N20° NE y al Sureste con buzamientos S65°E.



Figura 15: Flancos del pliegue anticlinal erosionado.



4.4.3 Mineralización

La mineralización aurífera en los mantos de cuarzo deformados son de tipo rosario, y en algunos casos forman bouding de hasta 90 cm de potencia; el contenido mineral es de cuarzo blanco grisáceo, con patinas y rellenos de oquedades con óxidos de hierro y débil disseminación de sulfuros (Apy^{++} - Py^+ - Po), controladas por fallas normales. Los minerales de alteración que se forman dentro de estos sectores son, clorita y sericitas, las cuales están ubicadas en los contactos de roca caja y estructura mineraliza.

4.4.4 Yacimiento

El tipo de yacimiento de la zona de estudio es primario y de acuerdo al comportamiento estructural y composición mineral de las vetas, se trata de un estilo de mineralización que corresponde a un depósito de tipo orogénico. También cabe mencionar que las rocas hospedantes están conformadas por pizarras.

Como es típico en este tipo de depósitos, el oro puede aparecer en forma de granos aislados, desde diversas micras hasta varios milímetros dentro del cuarzo. Asimismo, también existe evidencia de oro de granulometría fina en los cristales de pirita y arsenopirita (Forani & Hérial, 1991).


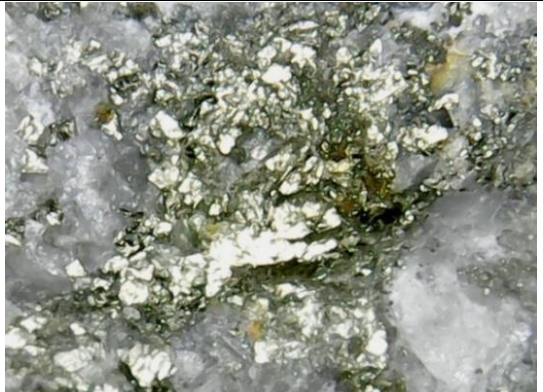
5 CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

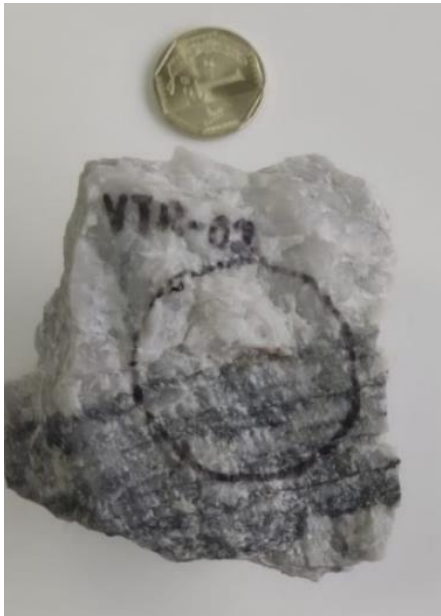
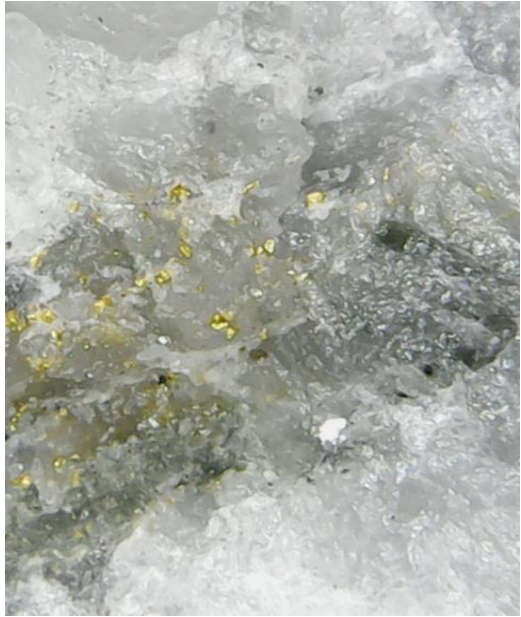
5.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA Y MICROSCÓPICA DE LOS MINERALES DE LA VETA TRAMPOSA

5.1.1 Descripción macroscópica

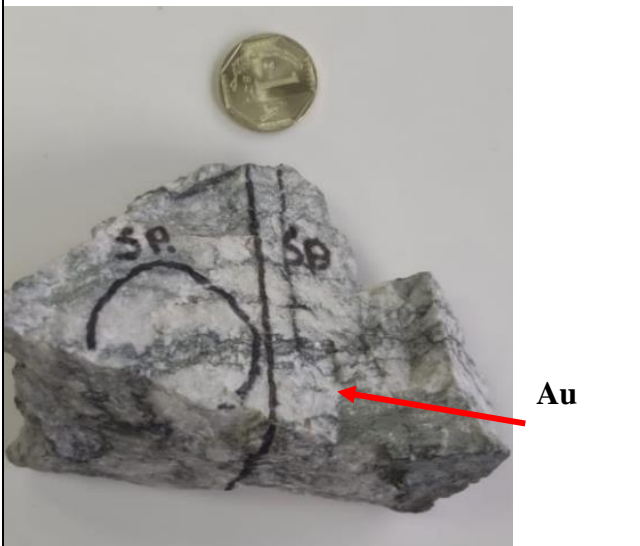

Muestra VTR – 1

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161952
	E	631314
	COTA	4200
LOTE		
POTENCIA DE VETA (m.)	0.02- 0.03	
DESCRIPCIÓN	La muestra se obtuvo en el sector en donde la veta de cuarzo tiene menor potencia (zona de estrangulamiento de veta)	
ROCA CAJA	Pizarra.	
ALTERACIÓN	Presencia de cloritización débil en los contactos con la roca encajonante.	
PRESENCIA DE PANIZO %	5%	
OBSERVACIONES	Bandeamiento en las 3 facies con presencia de arsenopirita, pirita y cuarzo ahumado, no se aprecia la ocurrencia de oro.	
Fotografía		Fotomicrografía
		



Muestra VTR – 2

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (m)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra se extrajo en el sector donde la veta presenta mayor potencia, aquí ocurre oro visible con partículas del tamaño de hasta 1.5 mm.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	Se aprecia cloritización relacionada a la ocurrencia de oro en forma puntual, la alteración débil a moderada.	
PRESENCIA DE PANIZO %	3%	
OBSERVACIONES	En el contacto de la facie 1 con la facie 2, se aprecia cuarzo de alta temperatura, en donde ocurre la mineralización de oro se encuentra asociado con pirrotita y piritita	
Fotografía		Fotomicrografía
		


Muestra VTR – 3

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra fue obtenida en una veta de cuarzo en la fase 1 cerca de la caja techo, en el sector donde la veta presenta mayor potencia (25 cm), aquí ocurre oro visible.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	Contiene cloritización con intensidad moderada a débil, el cual se distribuye en las zonas de contacto con la roca caja.	
PRESENCIA DE PANIZO %	5%	
OBSERVACIONES	En el contacto de la fase 1 con la fase 2, se aprecia cuarzo de alta temperatura metamórfico de temperatura, cuarzo ahumado, en donde ocurre la mineralización de oro asociado con pirrotita y piritita	
Fotografía		Fotomicrografía
		


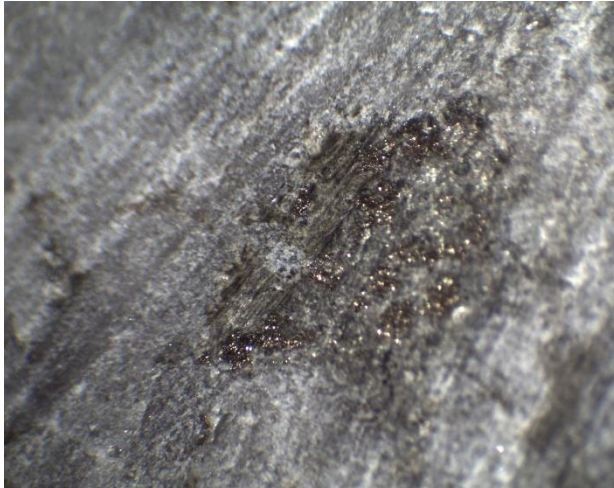
Muestra VTR – 4

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra fue obtenida en una veta de cuarzo en la fase 1 cerca de la caja techo, en el sector donde la veta presenta mayor potencia (25 cm), aquí ocurre oro visible con algunos sectores cloritizados (contacto con la roca caja).	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	La cloritización se presenta con intensidad moderada a débil, el cual se distribuye en las zonas de contacto con la roca caja y dentro del cuarzo metamórfico.	
PRESENCIA DE PANIZO %	5%	
OBSERVACIONES	En el contacto, entre la facie 1 con la facie 2 y roca caja, se aprecia cuarzo ahumado con posible presencia de cloritas (por la coloración), aquí ocurre la mineralización de oro asociado a sulfuros.	
Fotografía		Fotomicrografía
		


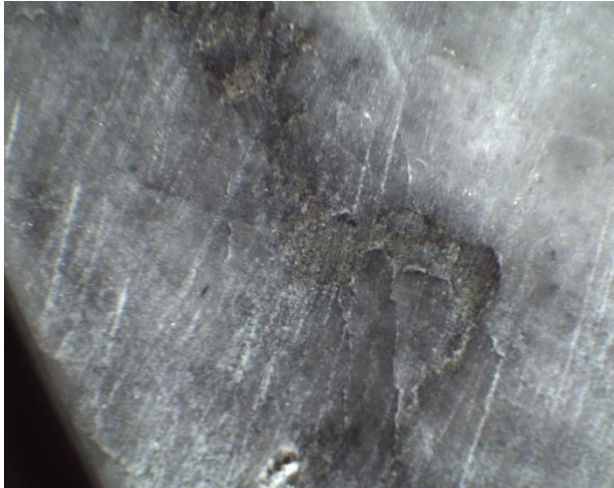
Muestra VTR – 5

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra se tomó en la caja techo, la cual consta de pequeños vetilleos de cuarzo con espesores milimétricos, que cortan la roca y estructura mineralizada.	
ROCA CAJA	Pizarra gris oscuro de grano medio	
ALTERACIÓN	La pizarra presenta cloritización justo en el contacto con la estructura mineralizada, formando así un halo de transición, el cual alcanza 2mm y dar paso al bandeamiento entre cuarzo blanco y gris (ahumado).	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	En ciertos sectores de la veta se observa silicificación que fue ocasionado por flujos hidrotermales durante la formación de la mineralización.	
Fotografía		Fotomicrografía
		


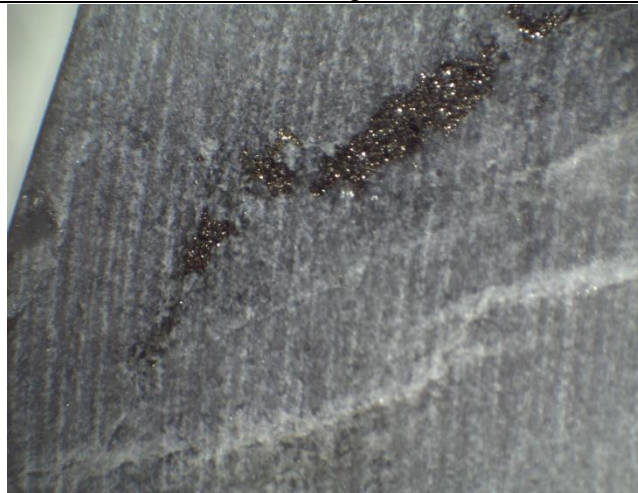
Muestra VTR – 6

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra se tomó en la fase 1 cerca de la caja techo, consta de minerales como pirrotita, arsenopirita y pirita con formas euhedrales. También presenta vetilleos de cuarzo con espesores milimétricos, que corta estructura mineralizada.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	Presenta cloritización moderada cerca del contacto con la caja techo y débil a moderado entre la caja techo y fase 2; aquí se observa un bandeamiento difuso.	
PRESENCIA DE PANIZO %	3%	
OBSERVACIONES	La muestra presenta diseminaciones de arsenopirita, pirita y pirrotita, en cuarzo metamorfo blanco y gris.	
Fotografía		Fotomicrografía
		


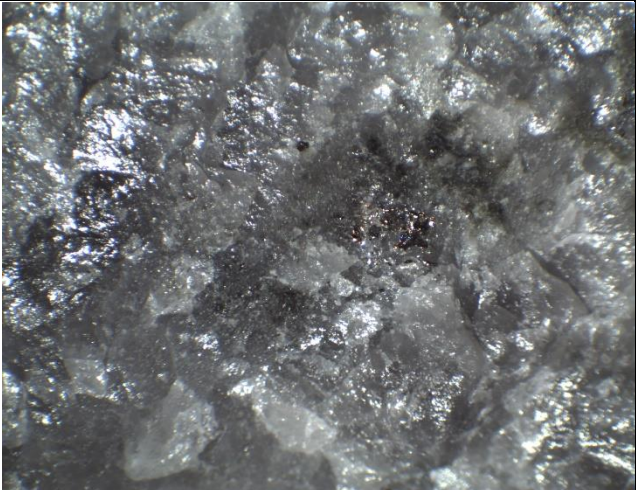
Muestra VTR – 7

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra refleja las características de la fase 2, el cual limita entre la fase 1 y fase 3, consta de bandeamientos difusos de cuarzo blanco y cuarzo gris. En esta fase se observan fragmentos de pizarra y diseminaciones de sulfuros.	
ROCA CAJA	Pizarra, con textura lepidoblástica.	
ALTERACIÓN	Esta muestra presenta de cloritización moderada a débil, en la zona de contacto con las facies 1 y 3	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Los sulfuros reconocidos son arsenopirita, pirrotita y piritita en venillas. Aquí el cuarzo que predomina es el lechoso (blanco).	
Fotografía		Fotomicrografía
		


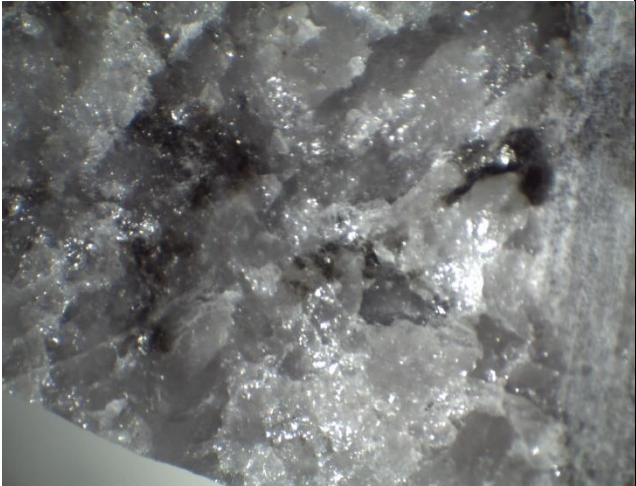
Muestra VTR – 8

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	Esta muestra pertenece a la zona transición entre la fase 2 y fase 3, que corresponde al sector con mayor presencia de cuarzo metamórfico blanco e incipiente bandeamiento. Se aprecia vetilleos de sulfuros con espesores milimétricos que cortan perpendicularmente a la estructura mineralizada, posiblemente pertenece a una tercera fase de mineralización; no se observa partículas de oro.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	La cloritización es mayormente débil, pero en sectores se incrementa a moderada.	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	La muestra presenta arsenopirita, pirrotita y calcopirita. Como también se aprecia clastos de la roca encajonante dentro de la estructura mineralizada, lo que indica deformación tipo cizalla.	
Fotografía		Fotomicrografía
		


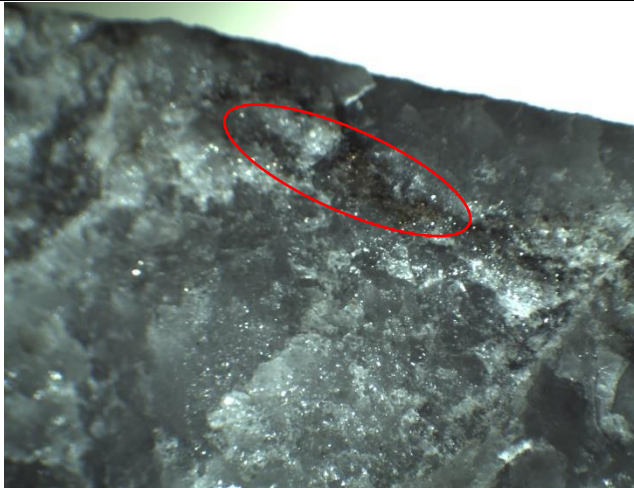
Muestra VTR – 9

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra pertenece a la transición de la fase 1 y fase 2, el cual consta mayoritariamente de cuarzo metamórfico ahumado. Presenta diseminaciones escasas de sulfuros.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	La presencia de cloritización es moderada.	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	En la muestra se aprecia pirrotita diseminada y englobada en alteración clorítica.	
Fotografía		Fotomicrografía
		



Muestra VTR – 10

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra se tomó en la fase 1 cerca de la caja piso, consta de minerales como pirrotita como nódulos, arsenopirita y pirita con formas euhedrales. El contacto entre la estructura mineralizada y la roca caja es neto.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	Tiene presencia de cloritización débil a moderada, a su vez silicificación moderada en ciertos sectores.	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	Se aprecia cuarzo ahumado con algunos diseminados de arsenopirita y clastos de la roca encajonante (caja piso)	
Fotografía		Fotomicrografía
		

Muestra VTR – 11

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	Esta muestra se obtuvo entre la transición de la fase 1 con la roca caja piso. El cuarzo metamórfico de color blanco predomina en esta muestra, con pocas bandas de cuarzo ahumado. Se observa partículas de oro libre de tamaños milimétricos.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	Presencia de cloritización en el contacto con la caja piso	
PRESENCIA DE PANIZO %	3%	
OBSERVACIONES	Se aprecia mineral aurífero diseminado con ocurrencia no muy significativa; el oro se asocia con sulfuros de colores grises posiblemente esfalerita o marmatita.	
Fotografía		Fotomicrografía
		

Muestra VTR – 12

DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS NIVEL MACROSCÓPICO		
FECHA	15-04-2023	
MINA	24 DE ABRIL	
VETA	TRAMPOSA	
NIVEL	4200	
LABOR	TR 24	
SECTOR	G.L. TRAMPOSA NW	
UBICACIÓN	N	8161964
	E	631294
	COTA	4204
LOTE		
POTENCIA DE VETA (M)	0.2-0.25	
DESCRIPCIÓN	La muestra fue obtenida en la fase 3 y transición con la fase 2; aquí la mineralización comprende cuarzo metamórfico de color blanco, con pocas bandas de cuarzo ahumado y sectores cloritizados. Los sulfuros se presentan rellenando vetillos de espesores milimétricos.	
ROCA CAJA	Pizarra	
ALTERACIÓN	La cloritización en esta fase es moderada a fuerte en la zona mineralizada, se muestra como relleno con espesores que alcanzan los 1.5 cm.	
PRESENCIA DE PANIZO %	0%	
OBSERVACIONES	La muestra presenta arsenopirita, pirrotina y posible material aurífero en menor proporción.	
	Fotografía	Fotomicrografía
		

5.1.2 Descripción mineralógica.

VTR- 1

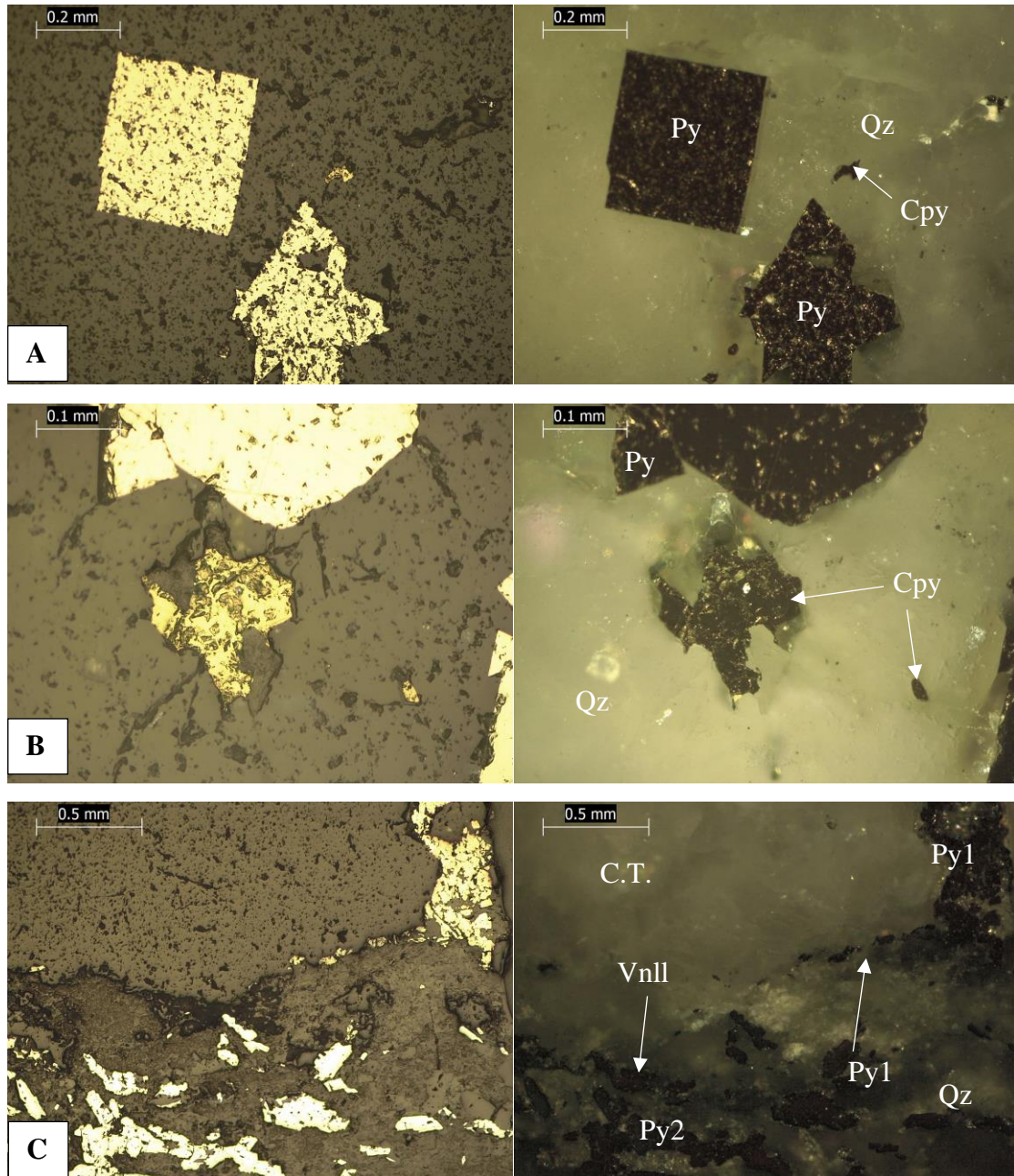


Figura 16: Fotomicrografía sección pulida VTR-1.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Cristales de Py euhedrales diseminados (0.4 mm) en Qz ahumado y cristales pequeños de Cpy (<0.2 mm), relacionado a una fractura con Oxfe. B.- (Cpy) diseminada en cuarzo ahumado (0.15mm), de forma anhedral, las venillas son tensionales a la roca caja son

rellenadas por pirita. C.- Dos tipos de Py, una en las grietas tensionales (0.5 mm) y el otro en el contacto entre el Qz ahumado y roca caja.

VRT-2

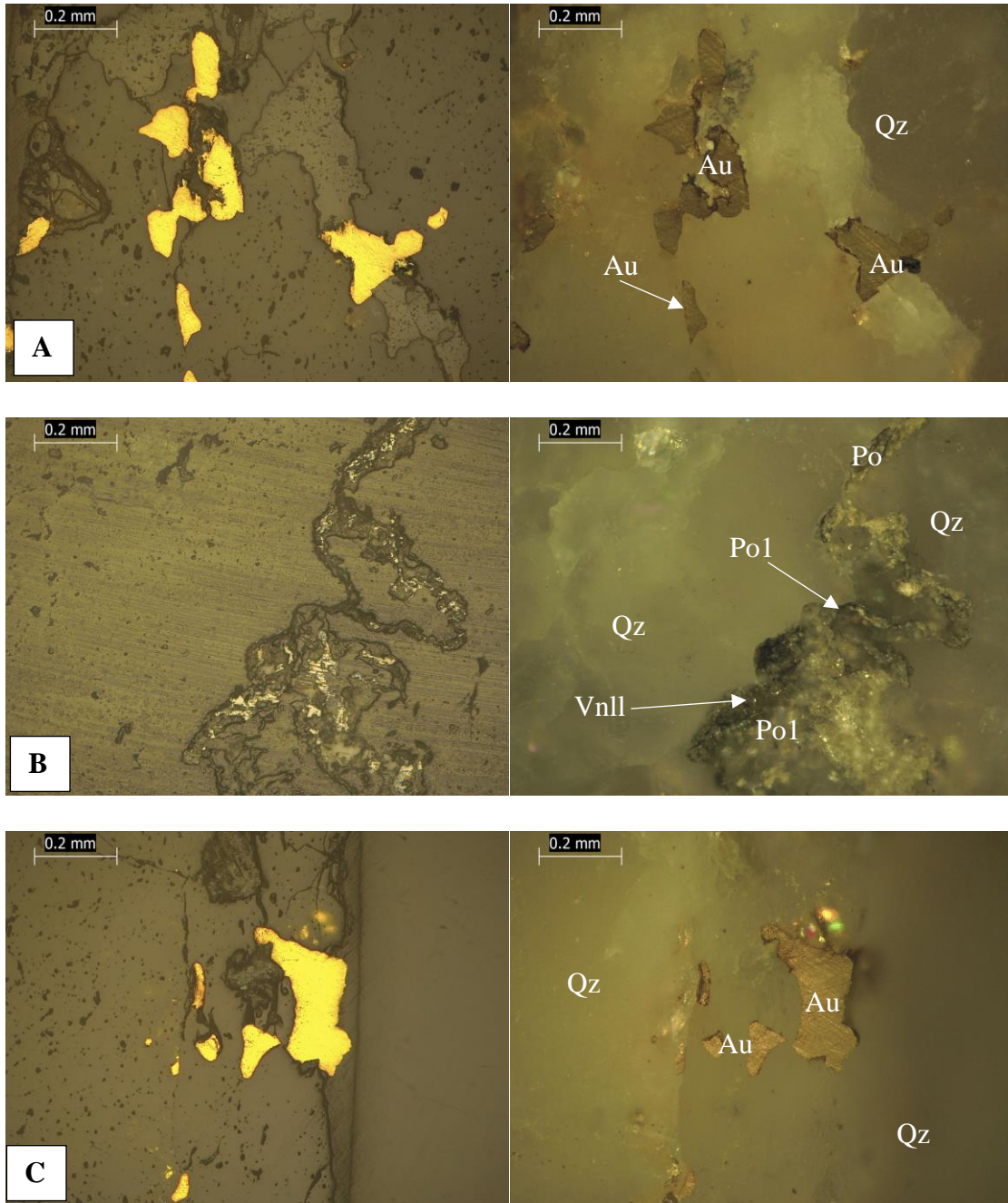


Figura 17: Fotomicrografía sección pulida VTR-2.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Diseminación de Au en Qz ahumado, los cristales de Au libre presentan formas anhedrales y tamaños variados (desde 0,0608mm, 0.103mm). B.- Diseminación de Pirrotita (Po1)

asociado a una cloritización en venillas y como matriz cuarzo ahumado. C.-
Minerales de Au con tamaños menores a 0.2 mm, presenta una matriz de Qz
ahumado con menor porcentaje de alteracion.

VTR-3

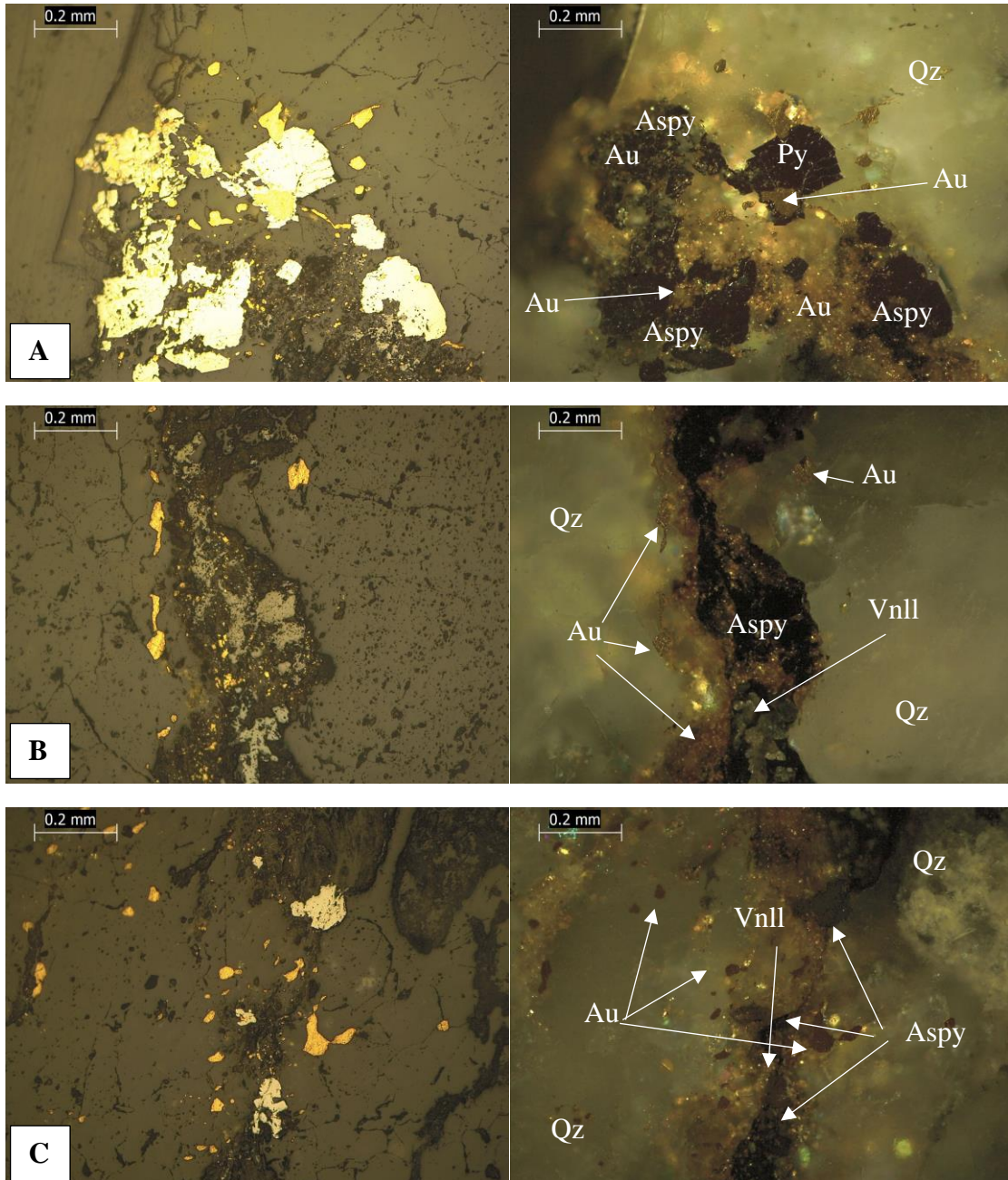


Figura 18: Fotomicrografía sección pulida VTR-3.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Se observa dos tipos de Au, el primero encapsulado dentro de Aspy y Py, en el segundo caso Au libre con diseminación en fracturas; los tamaños de Au encapsulado presentan dimensiones

de 0.0967mm x 0.0496mm. B.- Se evidencia dos eventos de precipitación de Au, encapsulado en Aspy y Au libre diseminado en fracturas en el contacto entre las facies 1 y 2. C.- Dos eventos de mineralización de Au, encapsulado en cristales de Aspy (0.183 mm) y rellenando fracturas con tamaños promedio de 0.0128mm.

VTR-4

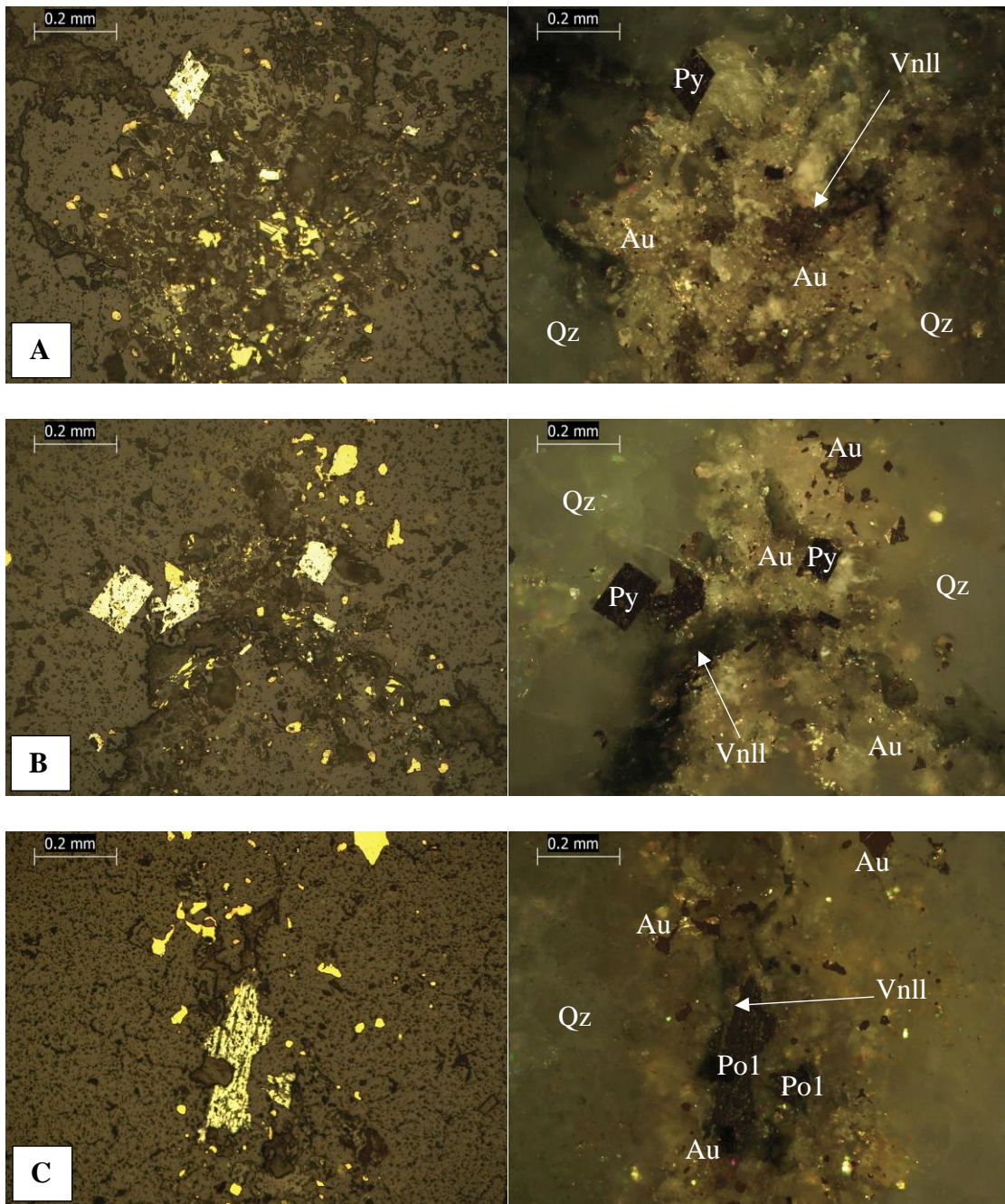
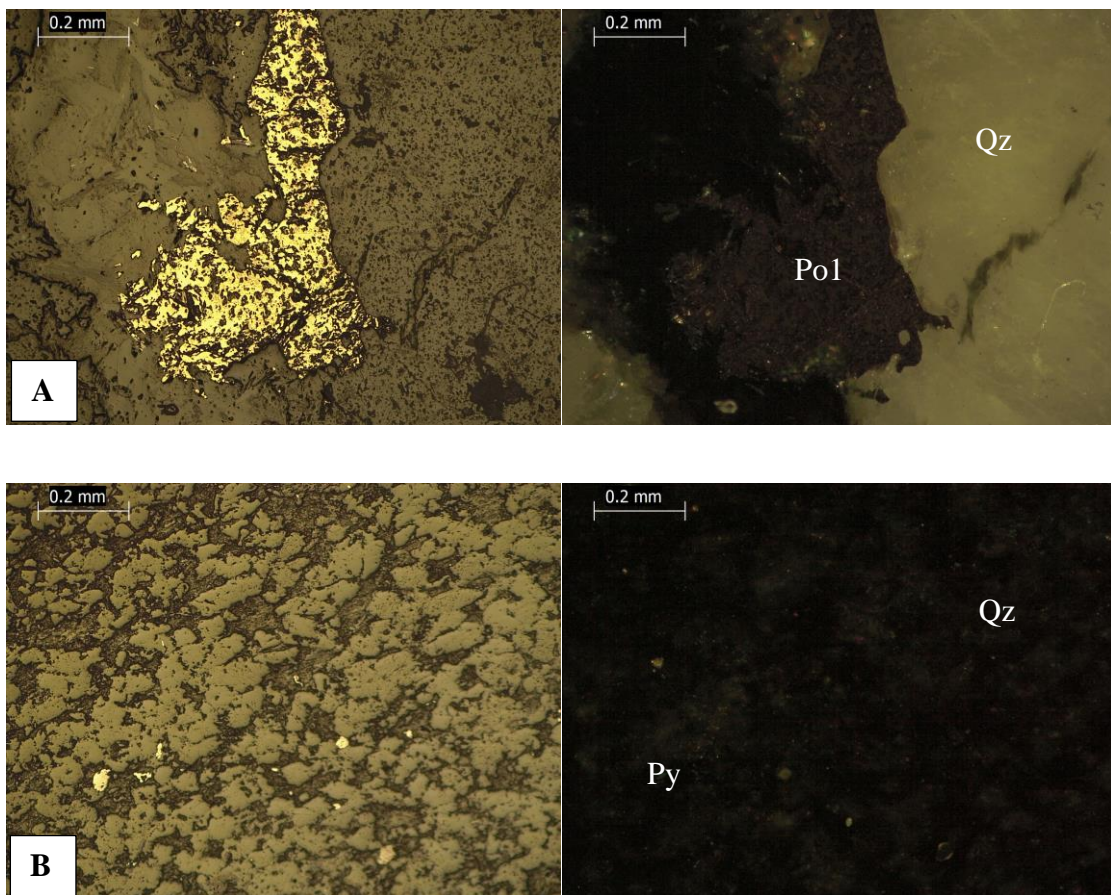


Figura 19: Fotomicrografía sección pulida VTR-4.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Au (0.05 mm) encapsulado en cristales euhedrales de Py; disseminaciones de Au en fracturas. B.- Dos eventos de mineralización, donde en el primer caso el Au se encuentra encapsulado en Py euhedral y en el segundo caso tenemos al Au libre disseminado en fracturas, el Au encapsulado presenta dimensiones de 0.0164mm hasta 0.0189mm. C.- Disseminación de Au alrededor de un cristal de Po1 acompañado con una ligera cloritización. Donde los cristales de Au varían desde 0.0243mm hasta 0.0473mm.

VTR-6



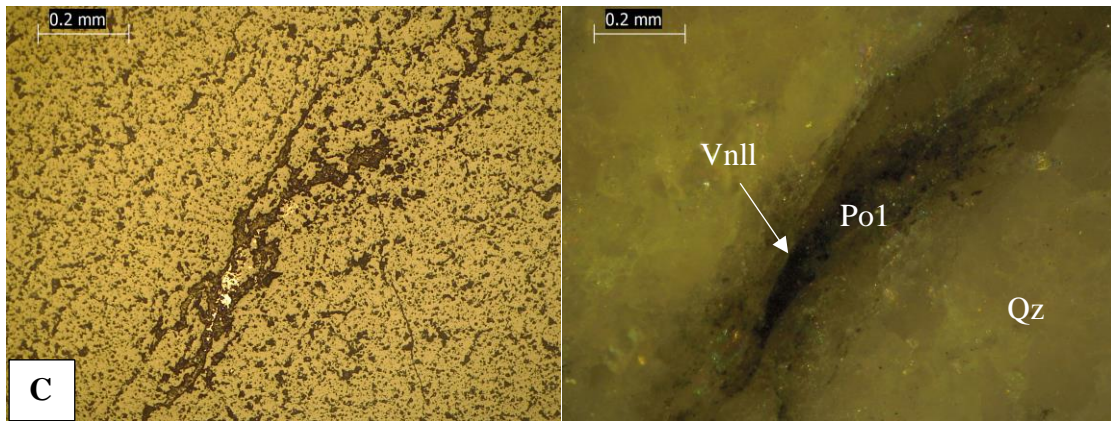
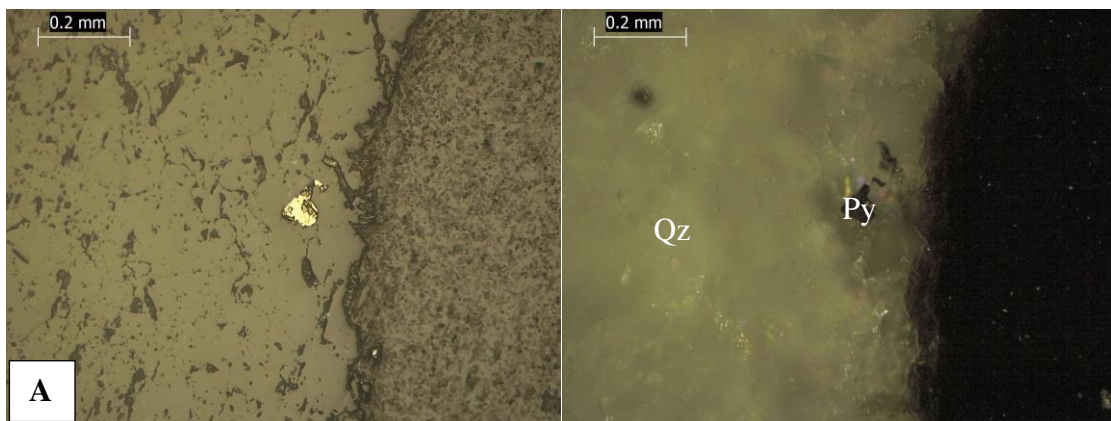


Figura 20: Fotomicrografía sección pulida VTR-6.

Caja techo, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Pirrotita (Po1) con tamaños mayores a 0.2mm, presencia de cloritización que engloba a cristales de Py diseminado. B.- Fotomicrografía que muestra caja techo, se aprecia ligera diseminación de Py con cristales subhedrales a anhedrales de tamaños menores a 0.0312mm. C.- Diseminación de Po1 en fracturas con una leve alteración a clorita.

VTR-7



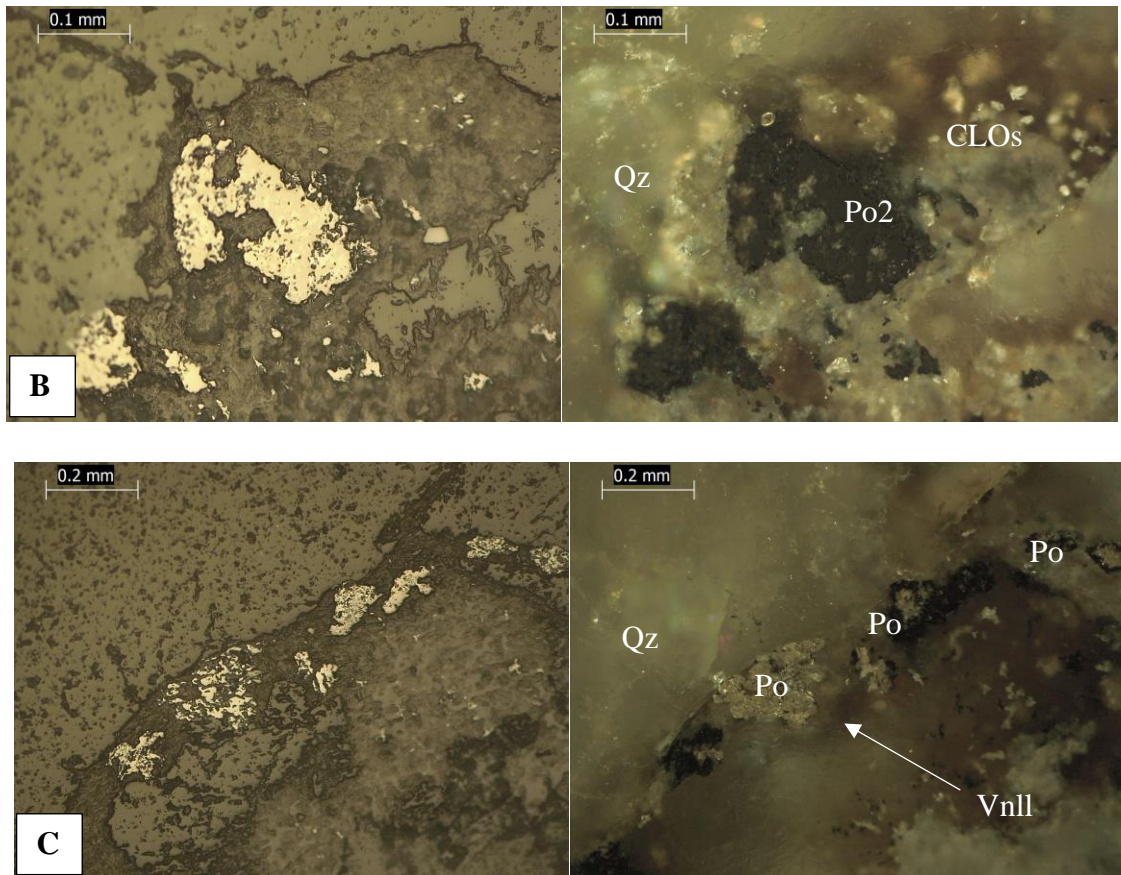


Figura 21: Fotomicrografía sección pulida VTR-7.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Se observa disseminación de Py con formas anhedrales con tamaños (<0.2 mm) en matriz de Qz. B.- Disseminaciones de Po₂ (masiva), donde está relacionada a vetillas cloritizadas. C.- Esfalerita asociada a Qz ahumado en fracturas cuyos tamaños promedio son de 0.15mm.

VTR-8

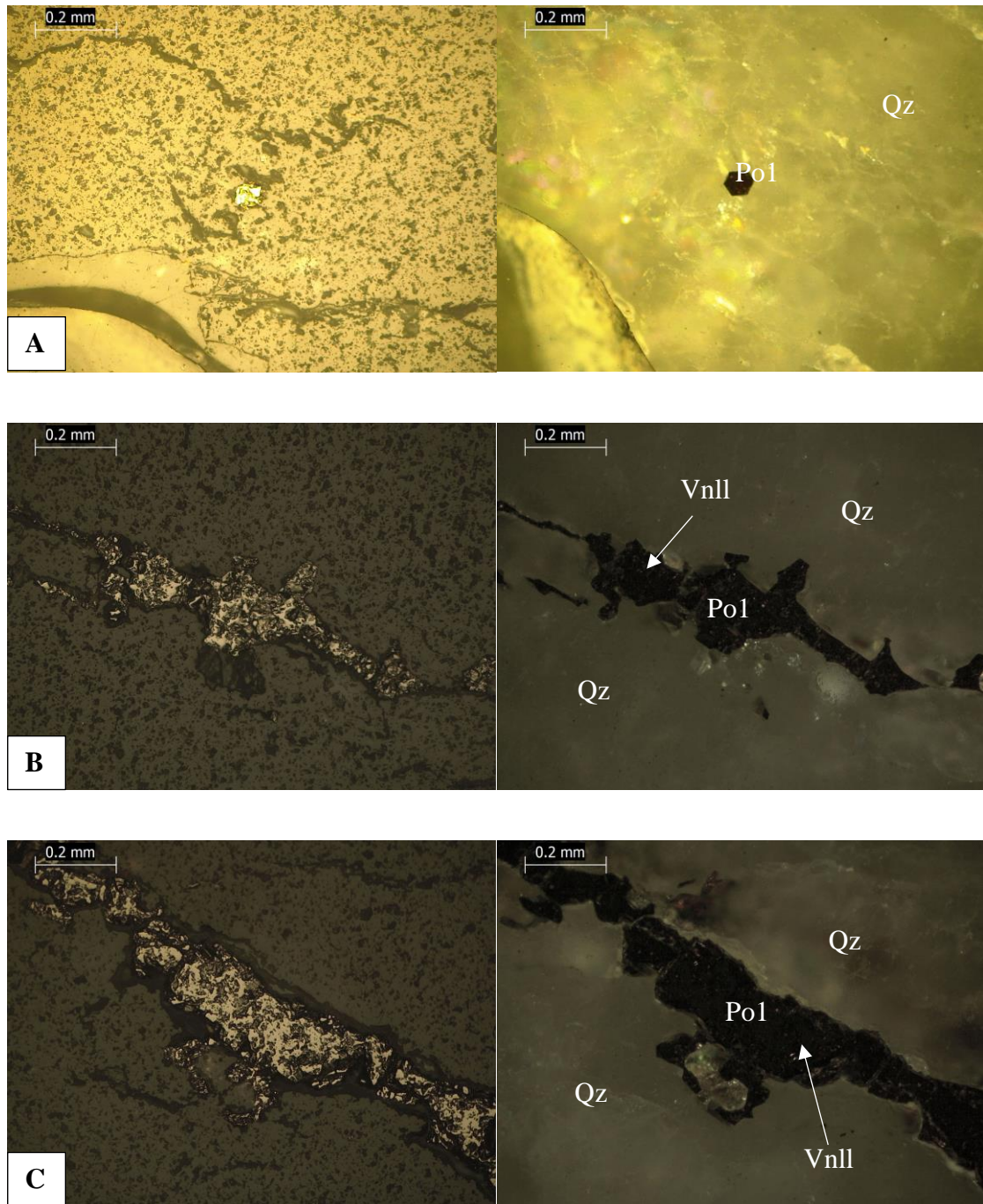


Figura 22: Fotomicrografía sección pulida VTR-8.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Diseminaciones de Aspy / marcasita en cuarzo ahumado con formas euhédrales. B.- se observa Po1 relleno en venillas con textura (textura mirmequitica), relacionada a cloritización. C.- Rellenos de Po1 en venillas con ligera a moderada alteración clorítica.

VTR-10

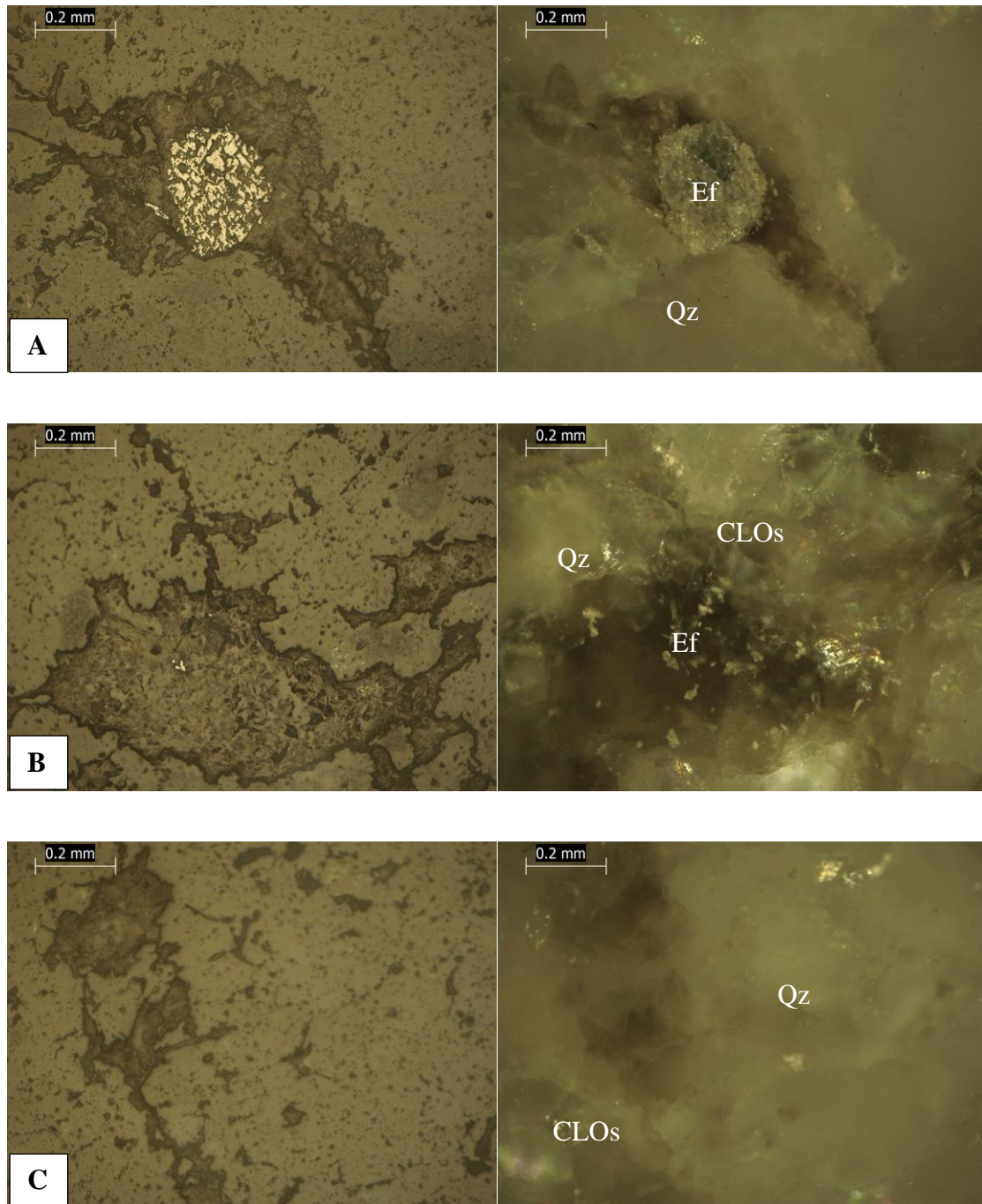


Figura 23: Fotomicrografía sección pulida VTR-10.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Esfalerita (Ef) euhedral a subhedral con tamaños de 0.2mm asociado a Qz ahumado con ligera cloritización relleno venillas. **B.-** Qz ahumado con vetillas cloritizadas y menor diseminación de Ef en tamaños menores a 0.1mm. **C.-** Qz ahumado de forma anhedral, con relleno de clorita en las fracturas.

VTR-11

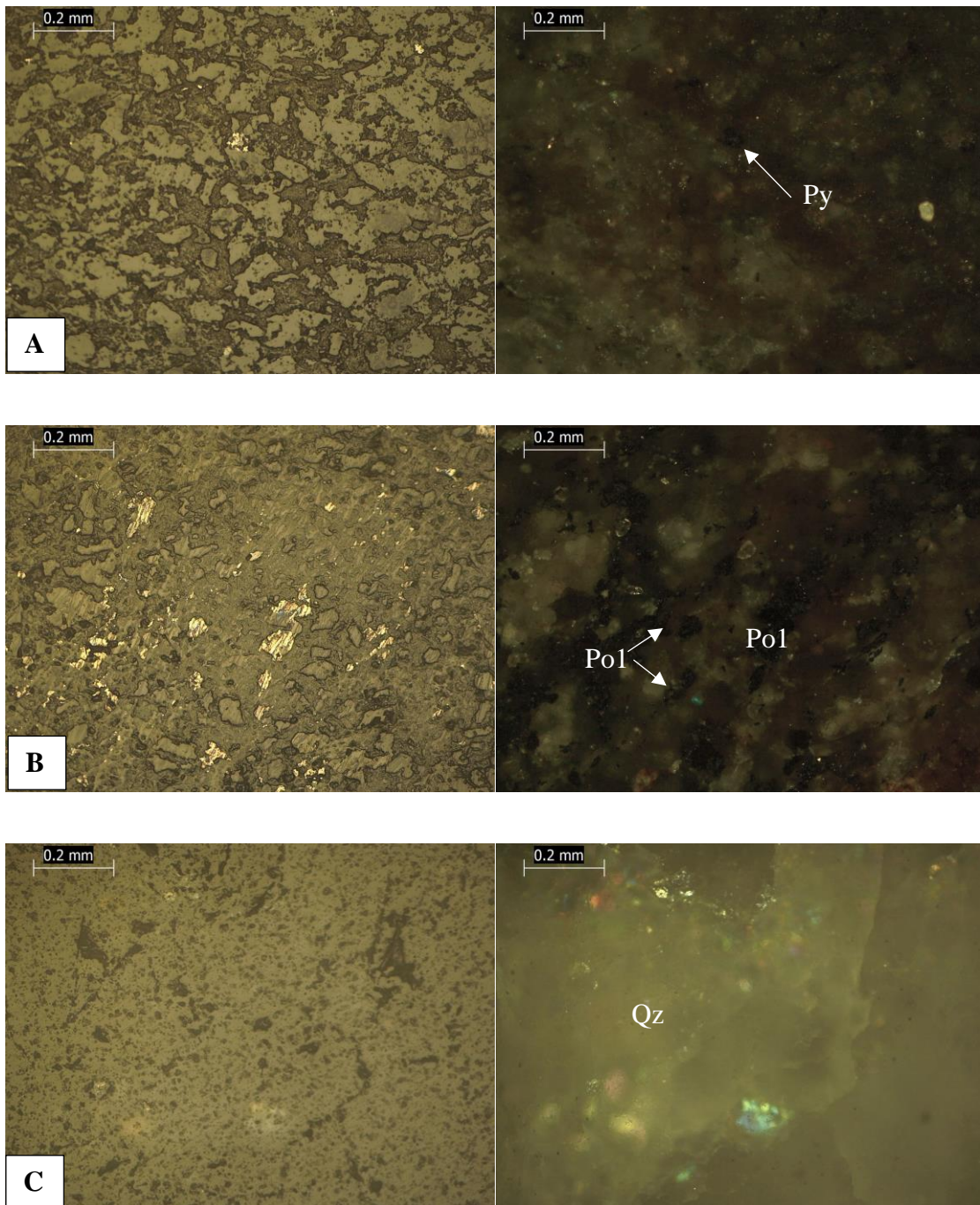


Figura 24: Fotomicrografía sección pulida VTR-11.

Caja piso, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Diseminación de Py, en formas anhedrales a subhedrales en el contacto con caja piso, también presenta una ligera silicificación (puntual) y cloritización. B.- Diseminación de Po1 con tamaños tamaños

(<0.2 mm) en la zona de contacto con la caja piso. C.- Se observa Qz con ligera cloritización sin sulfuros.

VTR-12

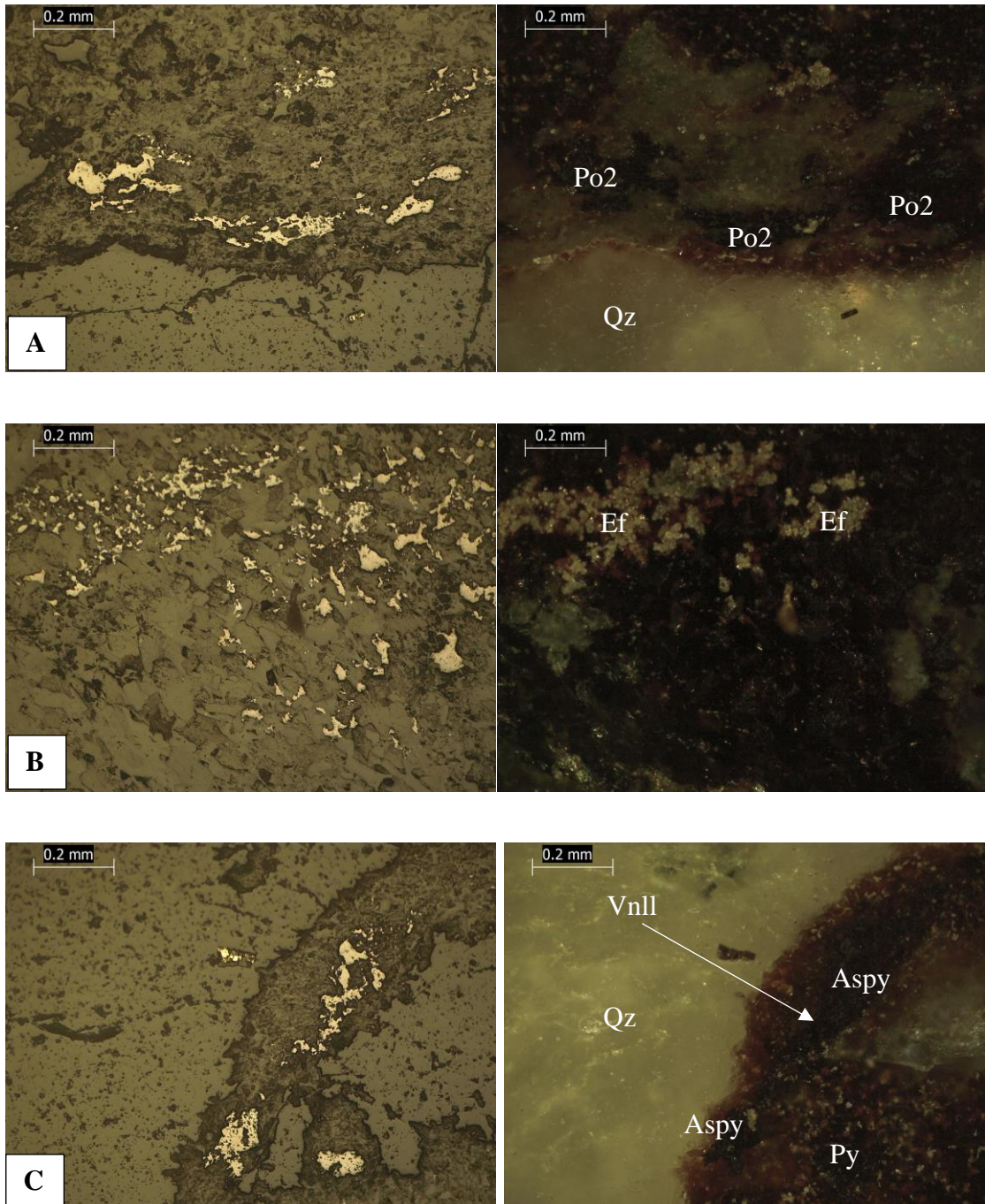


Figura 25: Fotomicrografía sección pulida VTR-12.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Diseminación de Po2 en fractura con ligera alteración a clorita. **B.-** Esfalerita con tamaños mayores a 0.2mm asociado a Qz

ahumado. C.- Diseminación de Aspy en las fracturas y cristales subhedrales de Py en matriz de Qz ahumado.

5.1.3 Descripción petrográfica.

VTR 1

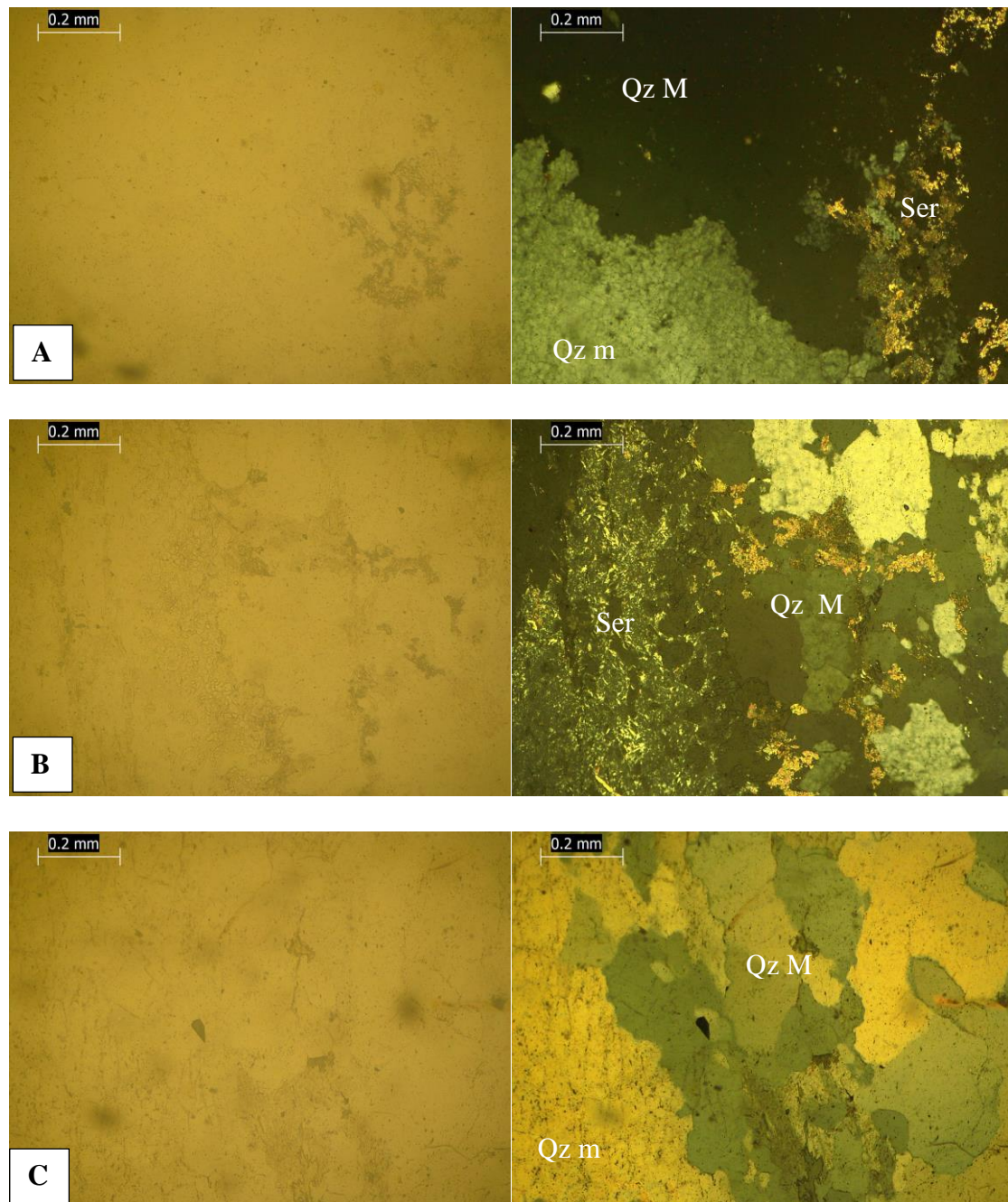


Figura 26: Fotomicrografía sección delgada VTR-1.

Zona de menor potencia, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Dos eventos de precipitación de Qz donde en el primer evento se aprecia megacristales de Qz y como segundo evento tenemos microcristales de Qz con una ligera sericitización. **B.-**

Megacrystalos de Qz con textura granoporfidoblastica, donde tambien presenta una sericitizacion al 35% y cloritizacion en 10%. C.- Dos eventos de mineralizacion con megacrystalos y microcrystalos de Qz.

VTR 3

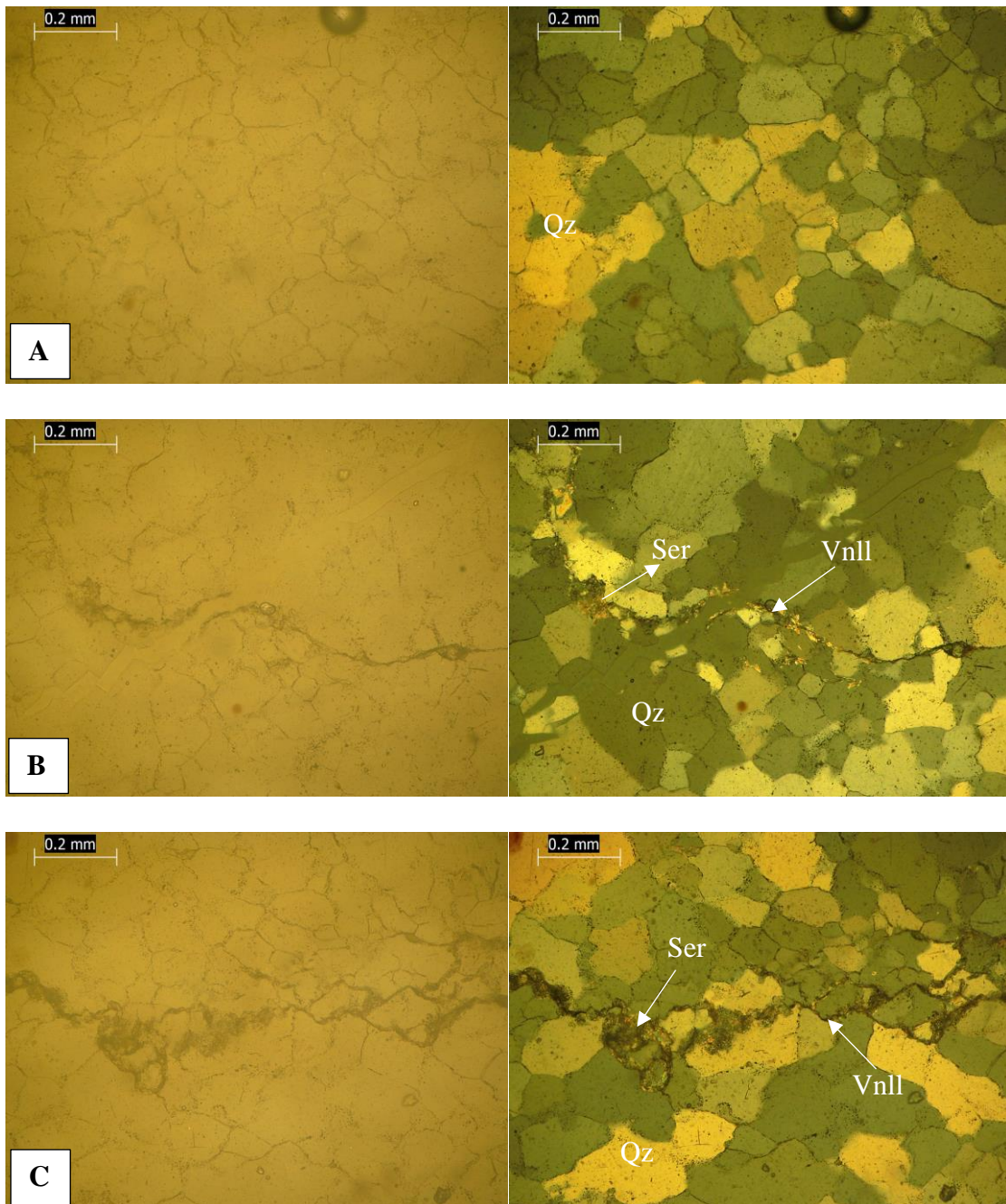


Figura 27: Fotomicrografia seccion delgada VTR-3.

En NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Cristales de Qz con textura granoporfidoblastica. **B.-** Cristales de cuarzo con textura granoporfidoblastica, donde

también se observa vetilleo relleno de por Sericita (Ser). **C.-** Vetilleo con relleno de arcillas como Sericita (Ser), con una matriz de Qz con textura granoporfidoblastica.

VTR 5

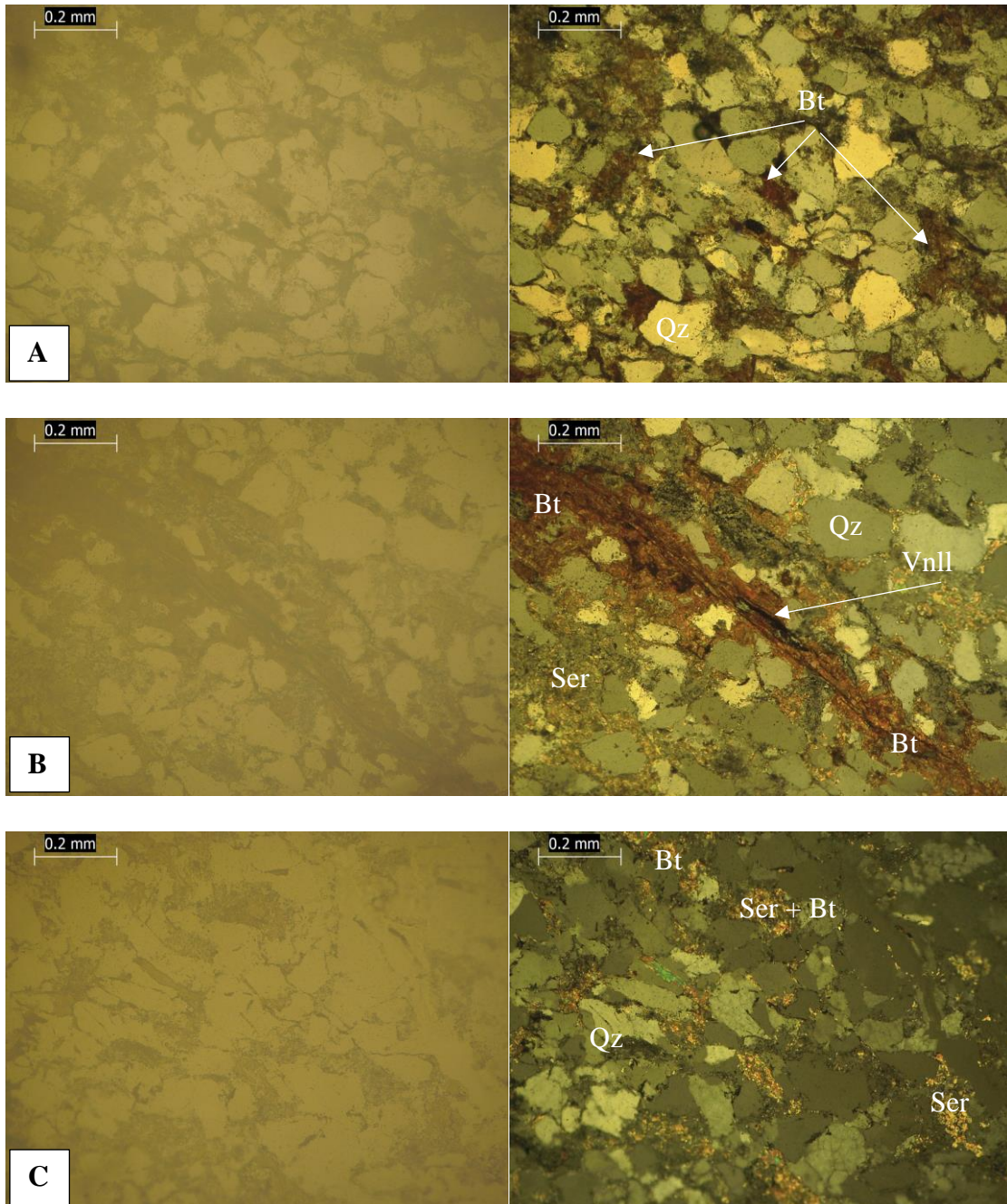


Figura 28: Fotomicrografía sección delgada VTR-5.

Caja techo, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** La caja techo presenta Qz en porcentajes superiores al 60%, y también presenta micas Bt débilmente alterada, tiene

textura lepidogranoblastica. **B.**- Microfractura con relleno de Ser, de intensidad moderada a fuerte; el mineral de origen son Bt y Clos. **C.**- Cristales de Qz con textura granoporfidoblástica, y alteraciones puntuales que presentan sericitas.

VTR 6

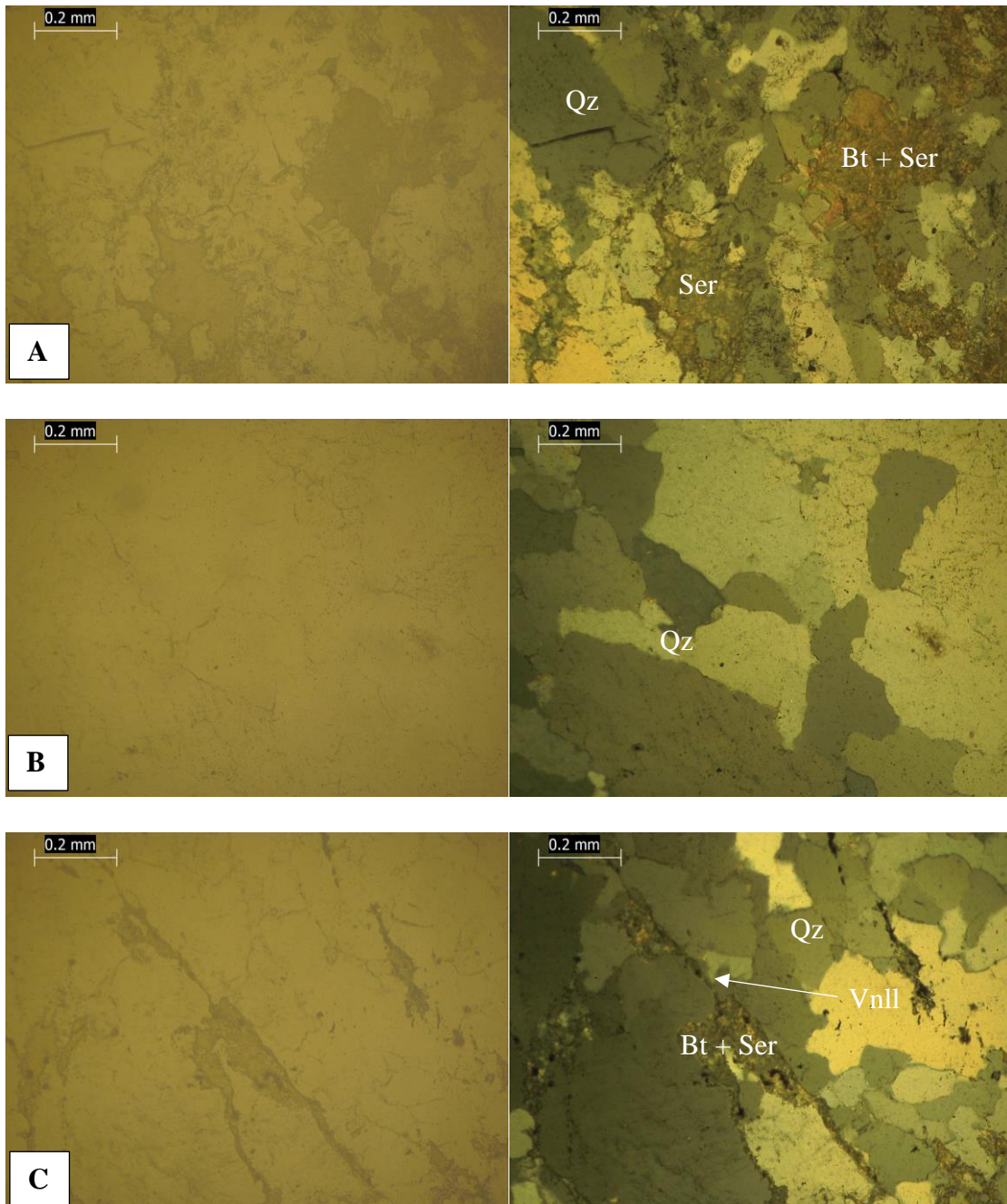


Figura 29: Fotomicrografía sección delgada VTR-6.

Zona de transición caja techo y estructura mineralizada, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.**- Cristales de Qz fracturados con presencia de Ser puntual (>0.2 mm),

que provienen de biotitas, la alteración es de moderada a alta. **B.-** Cristales de Qz de textura granoporfidoblástica con tamaños $> 0.2\text{mm}$. **C.-** Se observa cristales de Qz de textura granoporfidoblástica, presenta microvetilleo relleno de Ser.

VTR 7

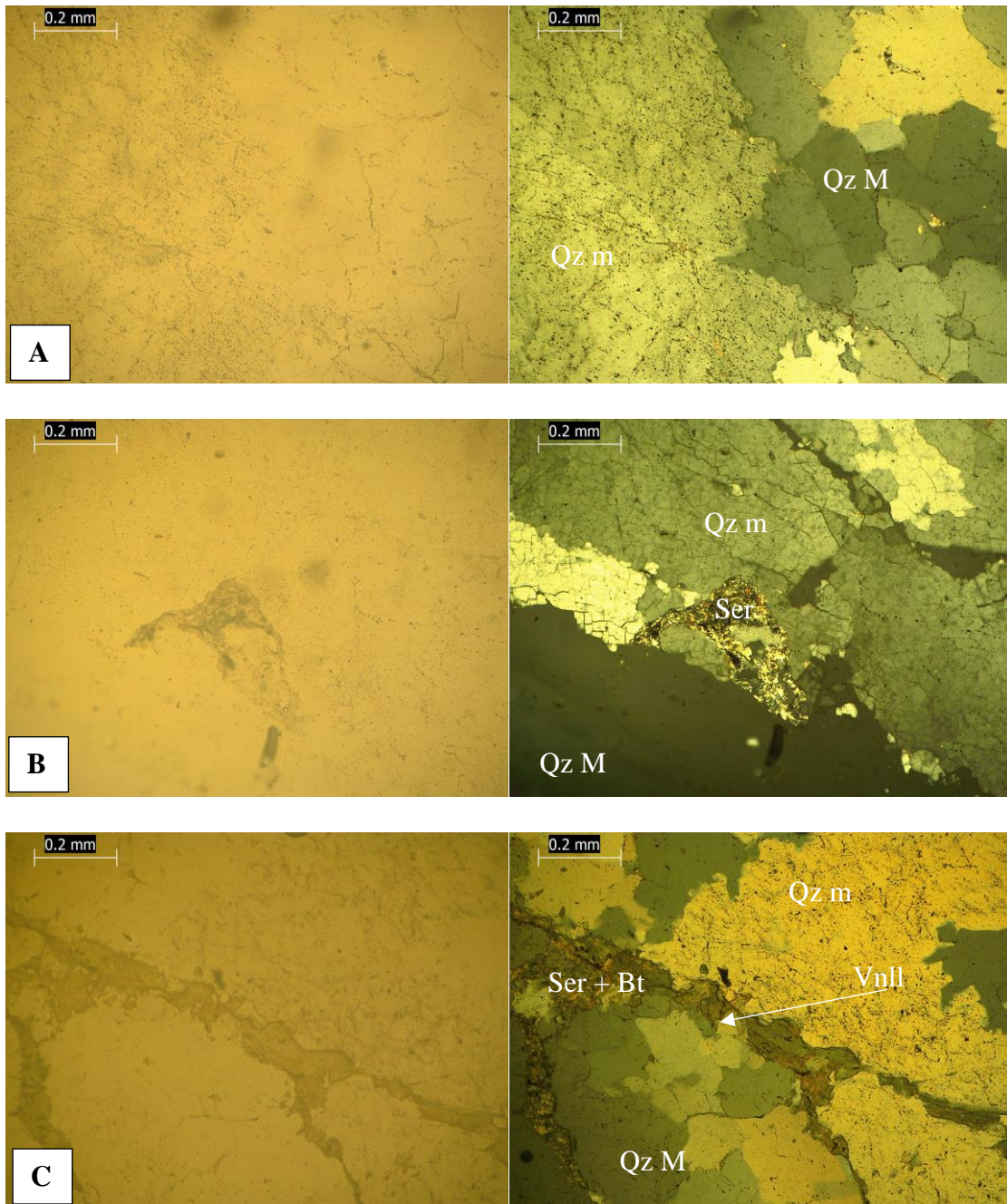


Figura 30: Fotomicrografía sección delgada VTR-7.

Fase 2 en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Megacristales y microcristales de Qz que evidencian dos tipos de mineralización, los microcristales están fracturados.

B.- Megacristales y microcristales de Qz con texturas granoporfidoblásticas que evidencian dos eventos, en los cuales se aprecian microfracturas rellenas de Ser y Bt. **C.-** Dos tipos de Qz con textura granoporfidoblástica y microvetilleo con relleno de Ser y Bt.

VTR 8

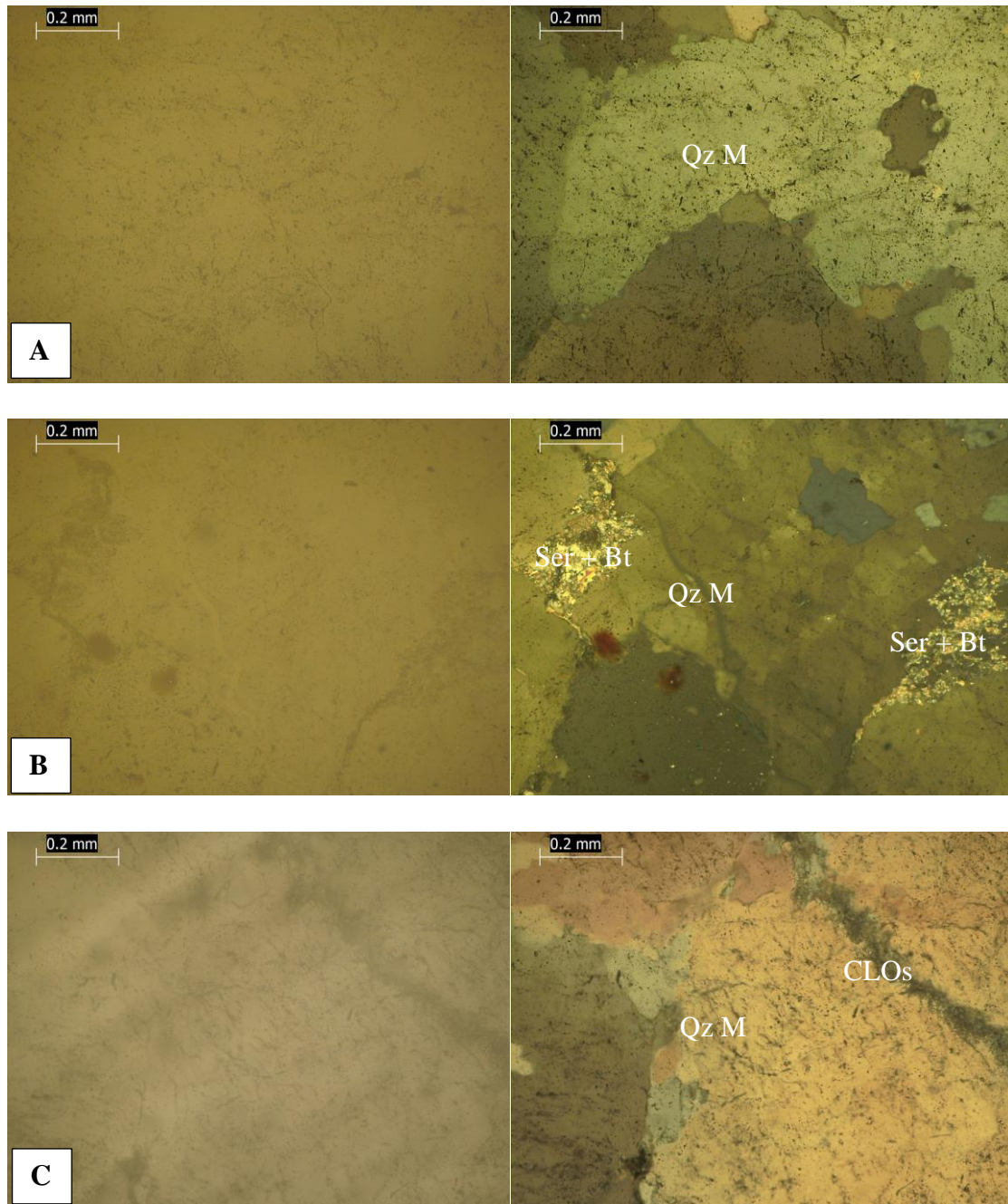


Figura 31: Fotomicrografía sección delgada VTR-8.

Fase 3 y parte de la fase 2, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Megacrístales de Qz con textura granoblástica mayores a 0.2mm. B.- Megacrístales de Qz con textura granoblástica, con Ser y Bt de forma puntual como alteración. C.- Megacrístales de Qz con textura granoblástica, donde se observa fractura en proceso de cloritización.

VTR 9

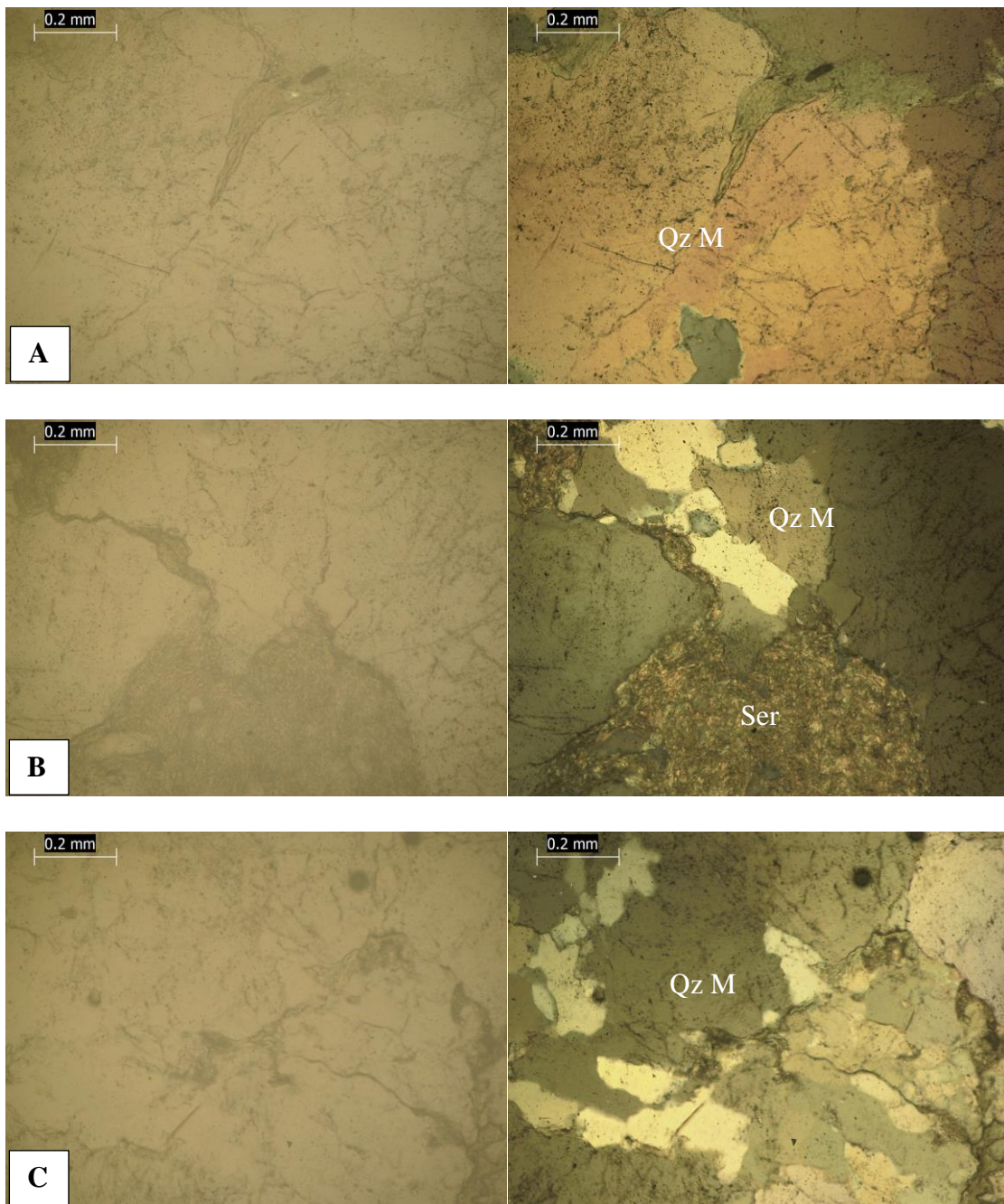


Figura 32: Fotomicrografía sección delgada VTR-9.

Fase 2, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Megacrystales de Qz con textura granoblástica con débil intensidad. B.- Megacrystales de Qz con textura granoblástica, presenta modera a alta intensidad de sericitizacion, C.- Megacrystales de Qz, con leve presencia de alteración clorítica en las microfracturas.

VTR 10

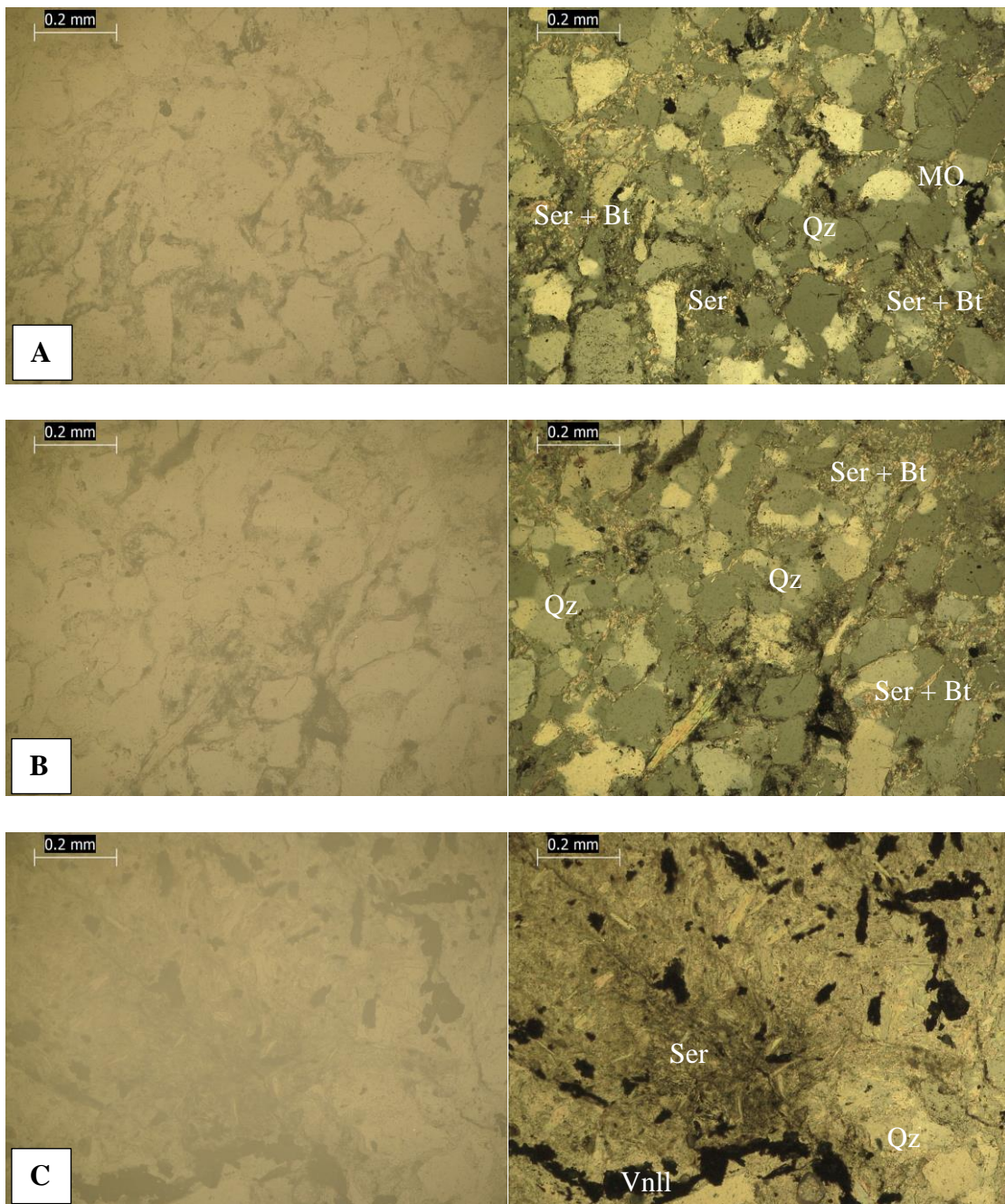
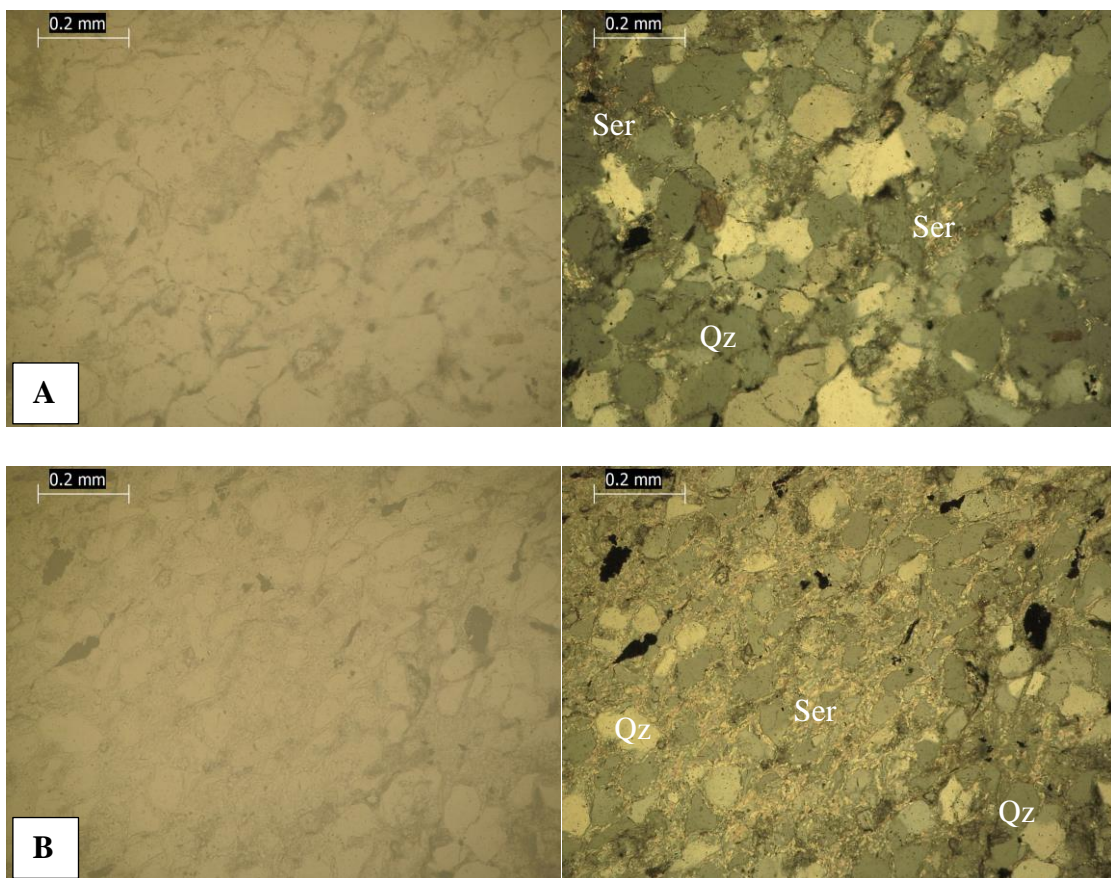


Figura 33: Fotomicrografía sección delgada VTR-10.

Caja piso en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Presenta cristales de Qz de tamaños mayores a 0.2mm, MO diseminados de formas anhedrales y moderada sericitización con ocurrencia de biotitas. **B.-** Cristales de Qz con tamaños mayores a 0.2mm. MO diseminados, sericitización de modera a mayor intensidad acompañado de biotitas. **C.-** Sericitación con menor ocurrencia de Qz y alta diseminación de MO con formas anhedrales.

VTR 11



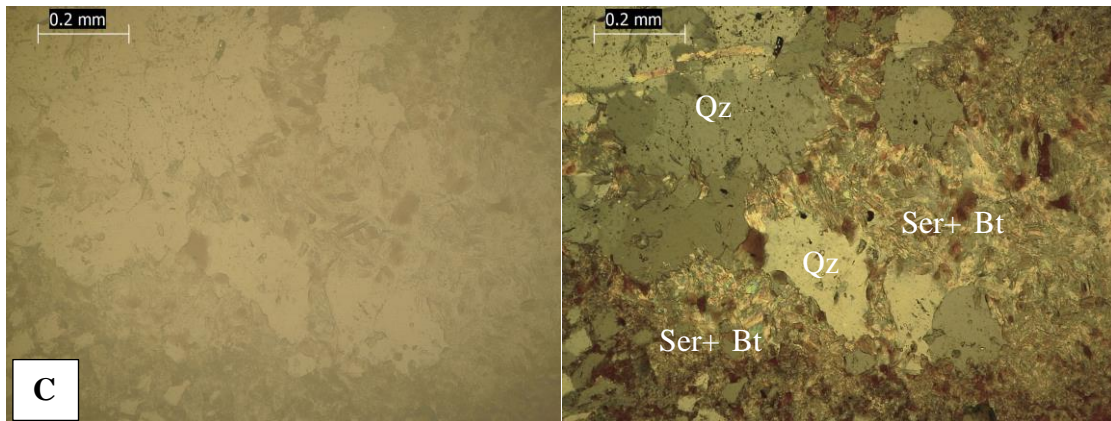
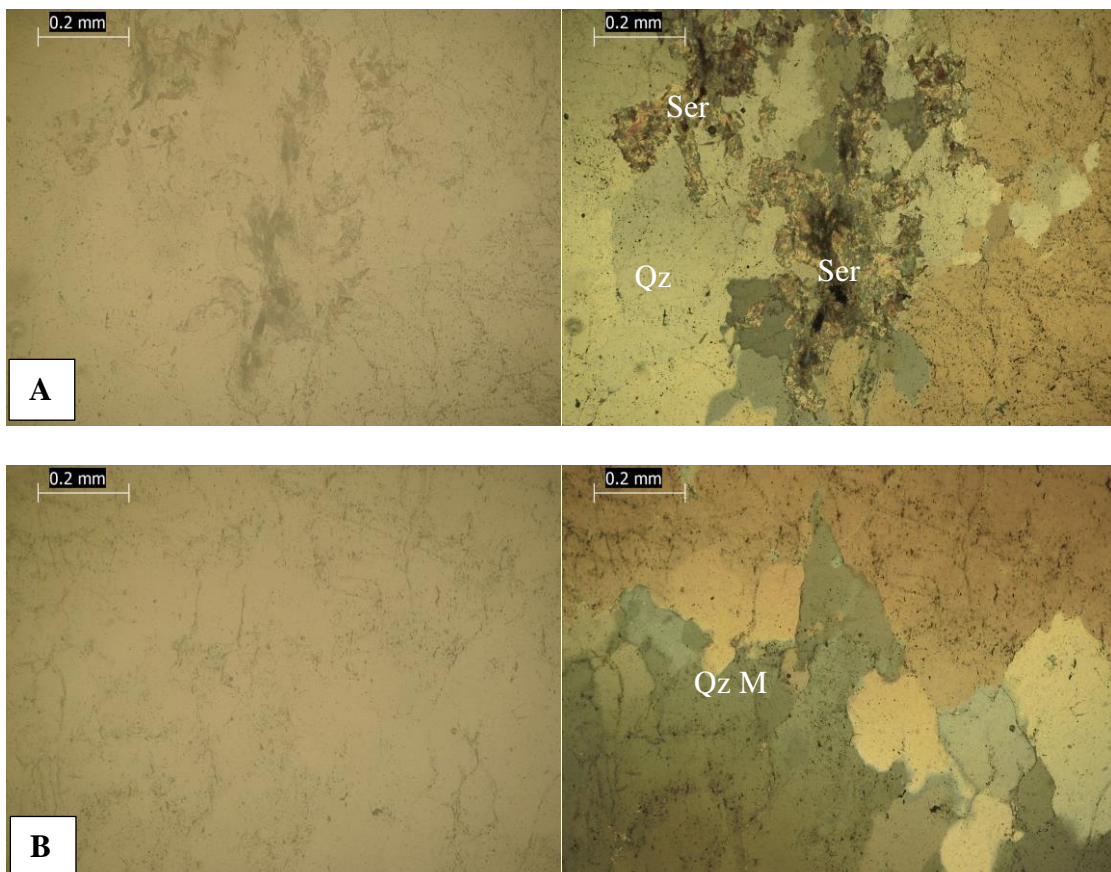


Figura 34: Fotomicrografía sección delgada VTR-11.

Caja piso, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: **A.-** Cristales de Qz con moderada a débil sericitización relacionados a MO. **B.-** Cristales de Qz englobados con intensa alteración sericítica como matriz y disseminación de MO. **C.-** Megacristales de Cuarzo de textura granolepidoporfidoblastica, que presenta una moderada a intensa sericitización y presencia de Bt.

VTR 12



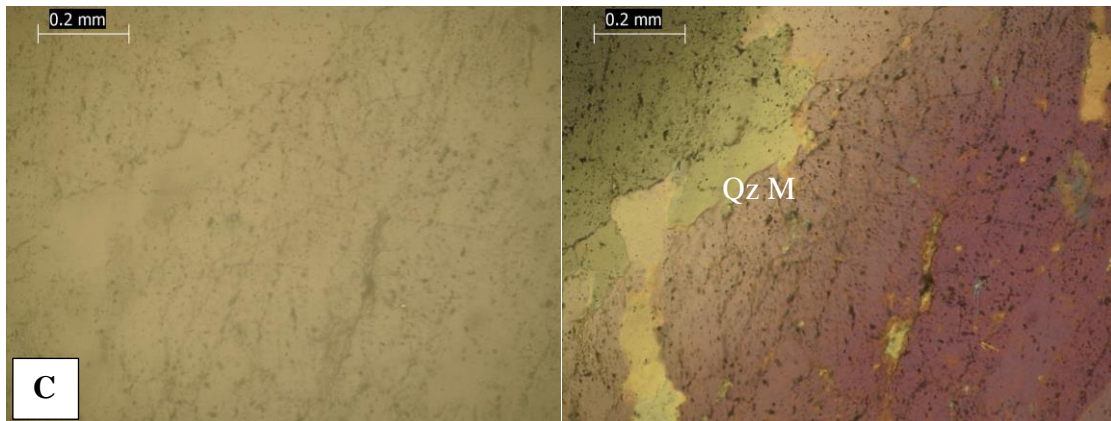


Figura 35: Fotomicrografía sección delgada VTR-12.

Fase 2 y fase 3, en NII y NX, objetiva 10X, se observa: A.- Cristales de Qz de diferentes tamaños con microfracturas rellenas de Ser. B.- Megacristales y cristales de Qz con textura granoporfidoblastica, no se observa alteración. C.- Megacristales de Cuarzo de textura granoblástica con abundantes familias de inclusiones fluidas y sectores puntuales con Ser.

5.2 PARAGÉNESIS MINERAGRÁFICA DE LA VETA LA TRAMPOSA

5.2.1 Paragénesis de la veta Tramposa

Las características físicas del cuarzo metamórfico, en especial el color y tonalidad permitió diferenciar tres facies; fase 1, fase 2 y fase 3, los cuales fueron ubicados de acuerdo con la posición espacial (roca caja piso y roca caja techo) de la estructura mineralizada, esto en el sector de mayor espesor de la veta (20 cm).

Facies 1. Ubicado entre la caja techo y piso de la veta, el cual está constituido por bandeamientos de cuarzo metamórfico gris y blanco, presentan abundante diseminación de sulfuros y cantidades menores de Au; el bandeamiento es más fino entre el contacto de la roca caja techo, este tiene un espesor de 2 cm; en la caja piso el bandeamiento es difuso, donde ocurre más el cuarzo blanco (10 cm). En esta facie aprecia diseminación de minerales como arsenopirita, calcopirita, pirrotita y oro, este último pegado a las cajas. Dentro de esta facie se



observan fragmentos de pizarra, lo que indica que la estructura sufrió deformaciones cizallantes sinérgicas a la mineralización. El estudio minerográfico en la fase 1, muestra que el oro se presenta en dos aspectos muy diferentes: la primera ocurre encapsulado en arsenopirita pseudomorfa cúbica con dimensiones de 0.0967mm hasta 0.0496mm; La segunda ocurrencia se observó como oro libre diseminado y rellenando fracturas; cuyos tamaños varían desde 0,0608mm hasta 0.103mm. También en esta fase se evidencia pirrotita de textura mirmequítica y masiva, cuarzo con textura granoporfidoblástica y granoblástica. Las alteraciones más representativas son la sericitización, y cloritización.

Facie 2. Este evento presenta disminución del cuarzo blanco metamórfico y el bandeamiento es más fino cuando este está pegado a la fase 3; a diferencia de la primera facie presenta microvetilleos oblicuos con relleno de pirrotita. Los sulfuros que presenta son disseminaciones de pirrotita, pirita, arsenopirita, esfalerita y calcopirita, además en esta facie el oro se presenta de dos maneras: diseminado y en fracturas. En el estudio microscópico se demostró que el oro está encapsulado en cristales de arsenopirita cuyos tamaños varían desde 0.0164mm hasta 0.0189mm. El oro libre y diseminado presenta tamaños que varían desde 0.0243mm hasta 0.0473mm (cerca de la caja techo). En la misma fase como minerales accesorios encontramos pirita con formas euhedrales, pirrotita con textura poquilitica y masiva, esfalerita de forma puntual, arsenopirita y calcopirita. El estudio petrográfico evidencia dos tipos de cuarzo (megacristales mayores a 0.2 mm y microcristales), la alteración es moderada a leve de tipo sericitización y cloritización.



Facies 3. Este evento muestra cuarzo metamórfico cortado por microvenillas de sulfuros y la usencia de oro, respecto a la mineragráfica se observó sulfuros como la pirrotita con textura mirmequítica, pirita de formas euhedrales y arsenopirita. El estudio petrográfico demostró megacristales de cuarzo de textura granoporfidoblastica y minerales opacos (sulfuros con cierta alineación). Como alteración se observa cloritización y sericitización de moderada a baja intensidad.

La mineralización de oro se manifiesta entre las facies 1 y 2. Quedando evidenciado dos eventos mineralizantes, donde en el primer evento se depositaron los sulfuros acompañados del mineral aurífero, es por ello que el oro se encuentra presente encapsulado por los sulfuros, en el segundo evento mineralizante se aprecia al oro libre depositado en fracturas y de forma diseminada. Los cristales de arsenopirita que encapsulan al oro presentan dimensiones 0.0164mm hasta 0.0189mm. mientras que el oro libre en fracturas presenta dimensiones 0.0161mm-0.0611mm.

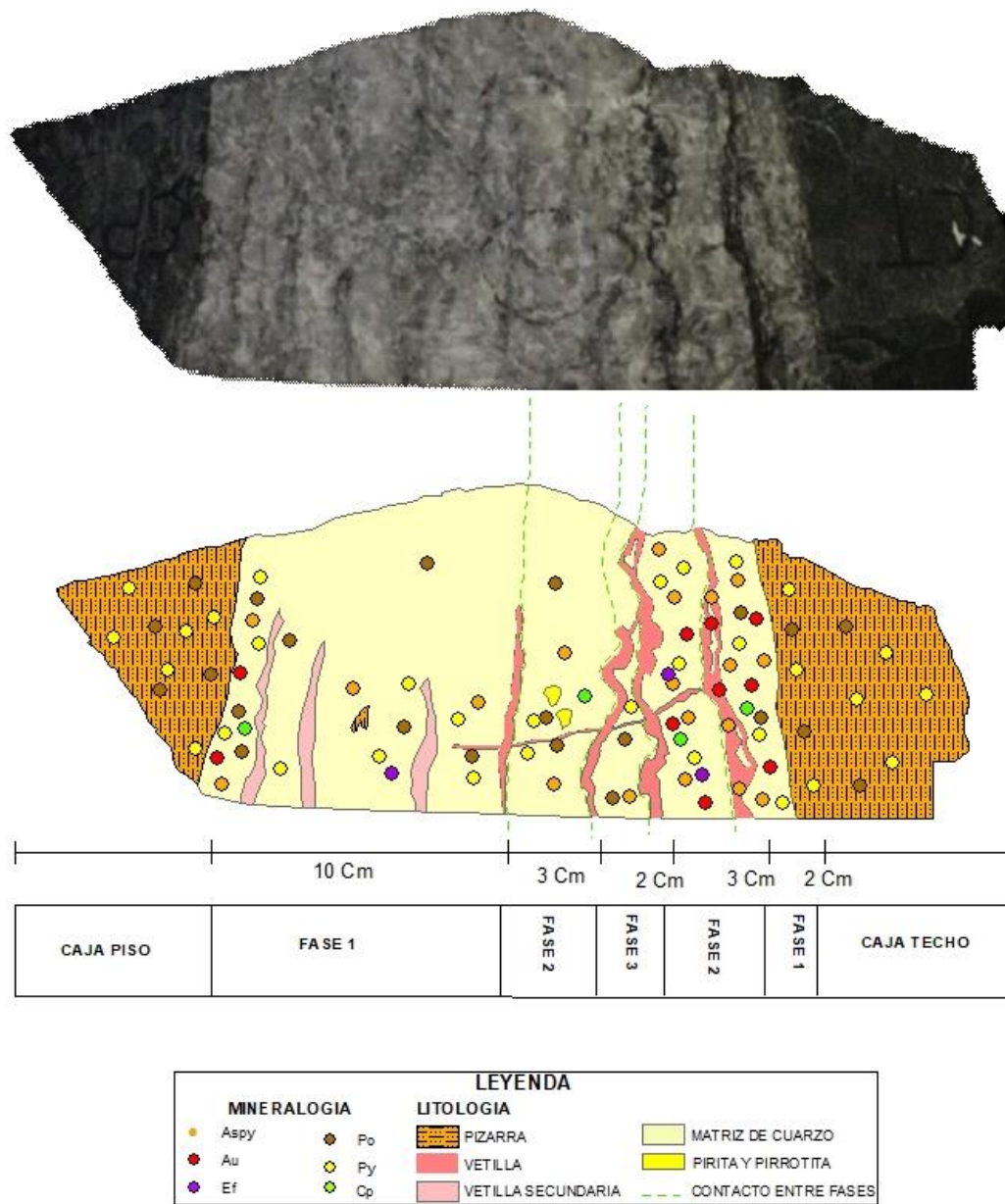


Figura 36: Paragénesis mineralógica de la veta Tramposa

Tabla 8.

Distribución para genética de la veta Tramposa

MINERALOGIA		ROCA ENCAJONANTE		EVENTOS DE MINERALIZACION		
		C.T.	C.P	FASE I	FASE 2	FASE 3
MINERALIZACION	PIRITA	████	████	████	████	████
	CALCOPIRITA			-----	-----	
	ARSENOPIRITA			████	████	████
	PIRROTITA	████	████	████	████	████
	ORO			████	████	
	ESFALERITA				-----	
	CUARZO	-----	-----	████	████	████
ALTERACION	CLORITIZACIÓN	████	████	-----	-----	-----
	SERICITIZACIÓN	████	████	-----	-----	-----
Intensidad	Leve: ----- moderado: █████ abundante: █████					

La tabla 8 muestra que la pirita se encuentra en las rocas caja y 3 fases de mineralización con abundancia moderada; calcopirita se encuentra diseminada y ocurre en la fase 1 y fase 2 con leve abundancia. La arsenopirita esta diseminada y se forma en las fases 1, 2 y 3. La pirrotita se presenta en las rocas caja y 3 fases de mineralización, con textura mirmequitica y masiva; el oro esta restringido en la fase 1 y fase 2, pero pegado a la caja techo y por ultimo la esfalerita ocurre solamente en la fase 2.

Las alteraciones cloritización y sericitización ocurren en la roca caja piso y caja techo, con intensidad débil a moderada.



VI. CONCLUSIONES

- La distribución mineralógica, macroscópica y microscópica de la veta Tramposa, indican que esta se distribuye en 3 facies, en donde el cuarzo ahumado metamórfico prevalece. En la primera facie pegada a la caja techo se aprecia minerales como: oro encapsulado en arsenopirita con tamaños que van desde 0.0164 mm hasta 0.0496 mm. Oro libre diseminado en cuarzo con tamaños de 0.068 mm hasta 0.103 mm; también se observa pirita con formas euhedrales y subhedrales, calcopirita, arsenopirita y pirrotita con textura mirmequítica y masiva. En la segunda facie se aprecia minerales como oro, pirita, calcopirita, arsenopirita y pirrotita masiva. En la tercera facie presenta mayoritariamente cuarzo, no existe oro, los sulfuros predominantes son pirita, pirrotita y esfalerita.
- La paragénesis de la veta la Tramposa, mina 24 de Abril, muestra 3 eventos de mineralización donde pirita se encuentra en las rocas caja y 3 fases de mineralización con abundancia moderada; calcopirita se encuentra diseminada y ocurre en la fase 1 y fase 2 con leve abundancia. La arsenopirita esta diseminada y se forma en las fases 1, 2 y 3. La pirrotita se presenta en las rocas caja y 3 fases de mineralización, con textura mirmequítica y masiva; el oro está restringido en la fase 1 y fase 2, pero pegado a la caja techo y por último la esfalerita ocurre solamente en la fase 2.



VII. RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios de inclusiones fluidas, para determinar las temperaturas de formación y su salinidad de los mantos mineralizados de la Mina 24 de abril.
- Es necesario realizar un estudio geometalúrgico sobre el oro encapsulado, diseminado y en venillas dentro de la arsenopirita, esto con el objetivo de realizar un adecuado proceso metalúrgico.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce Burgoa, O. (2009). *Guía de Yacimientos Metalíferos de Bolivia*. La Paz: SPC Impr y La Paz.
- Castroviejo, R. (1998). *Curso avanzado de petrología minera: Fundamentos de petrografía*. Madrid.
- Castroviejo, R. (2005). *Fundamentos de Óptica Mineral*. Madrid.
- Dorado, A. C. (2015). *Petrografía de Rocas Ígneas y Metamórficas*. Madrid, España.
- Espinoza, M. A. (2018). *La Caracterización Microscópica de Minerales en la Paragenesis del Yacimiento Shalipayco*. Cerro de Pasco-Peru: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- Forani, M., & Hérail, G. (1991). *Lower Paleozoic gold occurrences in the "Eastern Cordillera of Southern Peru and Northern Bolivia: A genetic model*. Rotterdam : ISBN 9061911958.
- Gaona Boixader, R. (2021). *Caracterización del Oro Orogenico de Bolivia*. Universidad Politecnica de Catalunya Barcelonatech.
- GEOBOL. (1994). *Carta geológico de bolivia - Hoja Chullumani*. SGB-SERIE I-CGB-30.
- Heinrich, E. (1977). *Identificación microscópica de los minerales*. Bilbao, Urmo.
- KERR, P. (1965). *Mineralogía óptica* (3ra ed.). (McGraw-Hill, Ed.) New York.
- Maksaev, V. (2011). *Procesos mineralizadores*.
- Mc Bride, S. R. (1983). *Magmatic and metallogenetic episodes in the northern tin belt. Cordillera Real. Bolivia. Geologische Rundschau* (Vol. 72).



- Ovejero, A. I. (2015). *Cristalografía y Mineralogía Óptica*. Científica Unniversitaria.
- Phillips, W. J., & Phillips, N. (1986). *Fundamentos de mineralogía para geólogos*. Editorial Limusa.
- Picot, P. J. (1982). *Atlas of Ore Minerals*. Orleans (BRGM) and Amsterdam: (Elsevier Sei. Publ. Co.).
- Raith, M. M., Raase, P., & Reinhardt, Y. (2012). *Guia de Minerales de Lamina Delgada*. Montevideo : Universidad de la Republica.
- Rivera, L. H. (2010). *Microscopía Óptica de Minerales*,. INGEMMET, Lima - Perú: Boletin N° 1 Serie J.
- Rojas, J. D., McIver, D., & Valdivieso, Y. (2018). *Caracterización geoquímica de la mineralización aurífera del yacimiento orogenico Ollachea cordillera oriental-sureste del Perú*. Lima, Peru: Minera IRL.
- Valdivieso, Y., & Mc Iver, D. (2018). *Exploracion de Yacimientos de Oro Orogenico en la region de Puno*. Lima: Palamina SAC.
- Valencia , M., Paico, D., & Villareal, E. (s.f.). *Depositos de oro de la franja estañífera en la cordillera oriental al sureste peruano*. Lima: INGEMMET.
- Valencia Muñoz, M., & Villareal Jaramillo, E. (2009). *Resumen del Informe sobre la metalogenia de la cordillera Oriental- sectores sureste y nor este de Perú*. Lima: INGEMMET.



ANEXOS

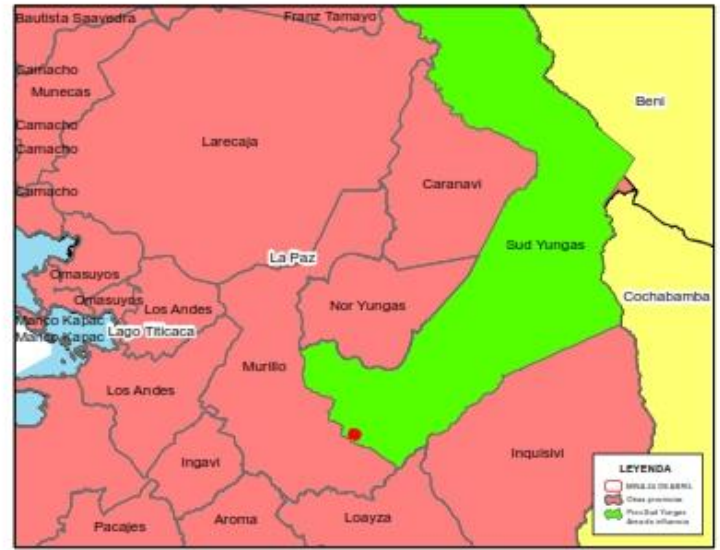
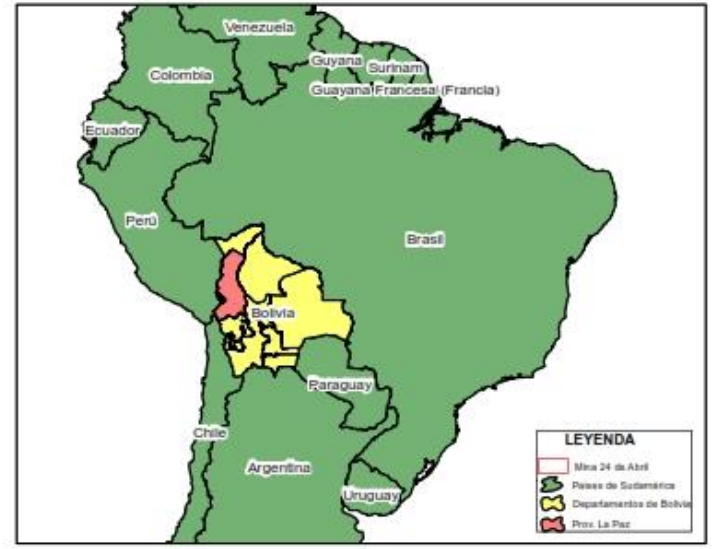
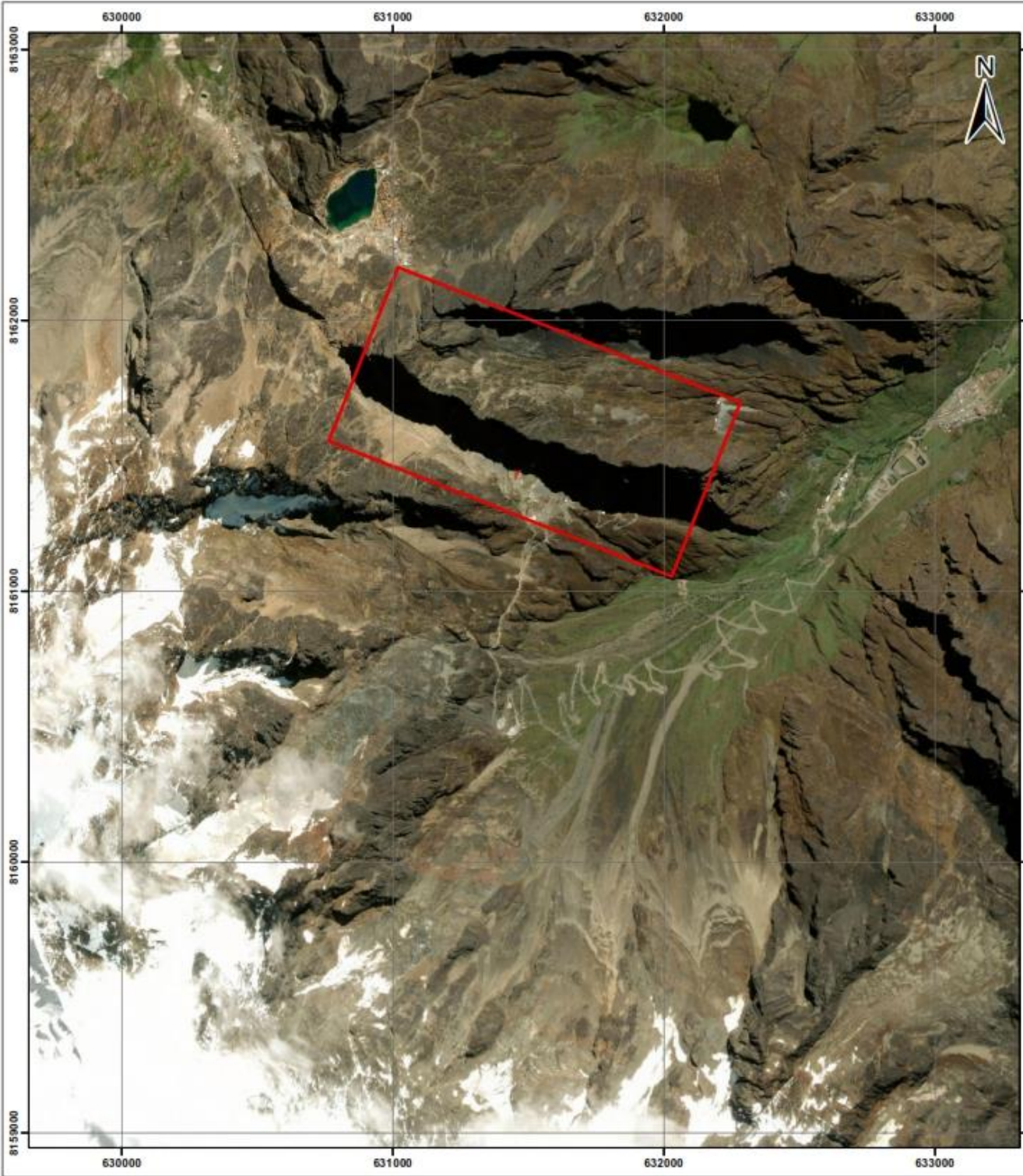
MAPA DE UBICACIÓN



MAPA GEOLÓGICO

MAPA ESTRUCTURAL

SECCIONES GEOLÓGICAS

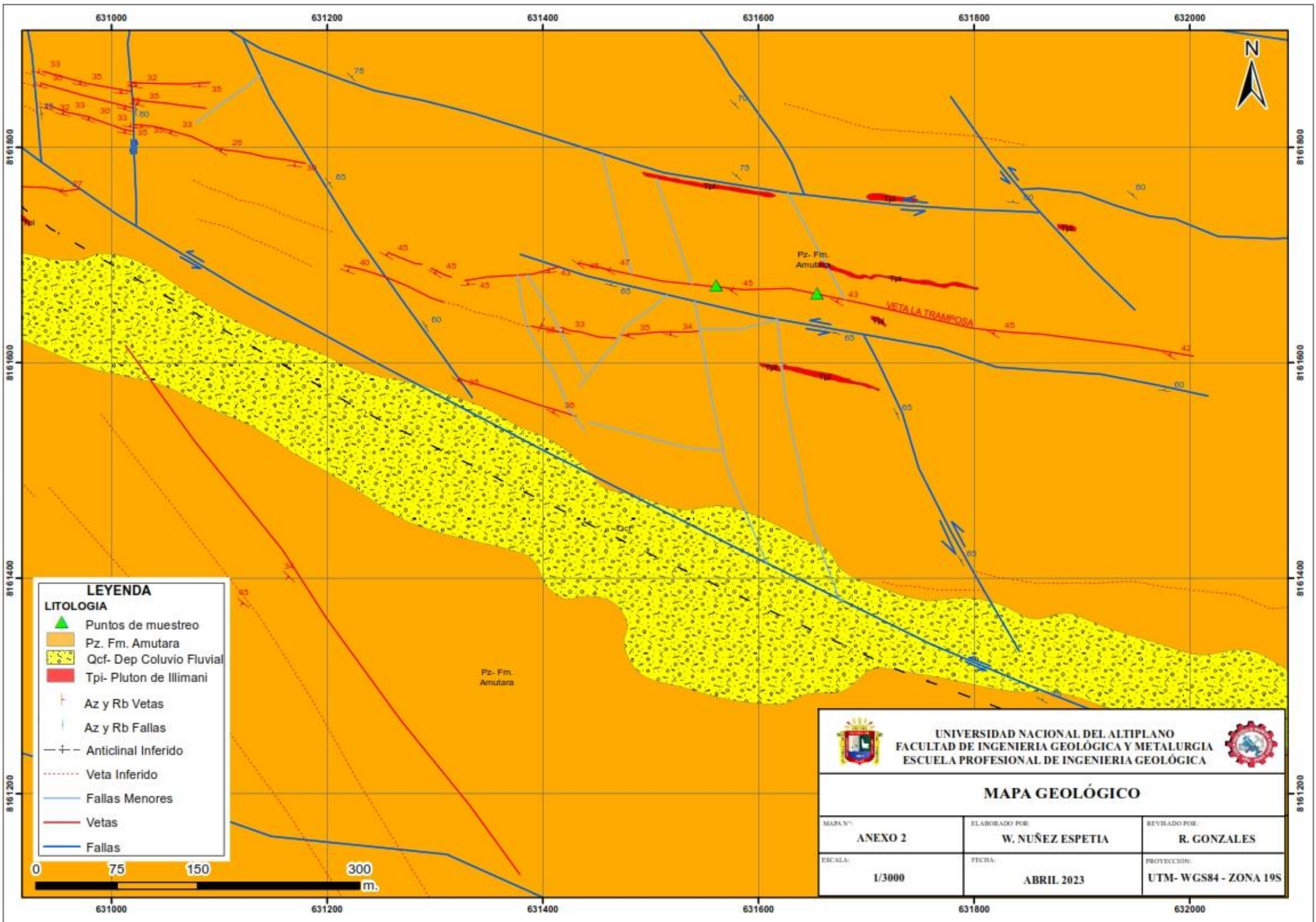
CARTA DE CONSENTIMIENTO




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA


MAPA DE UBICACIÓN

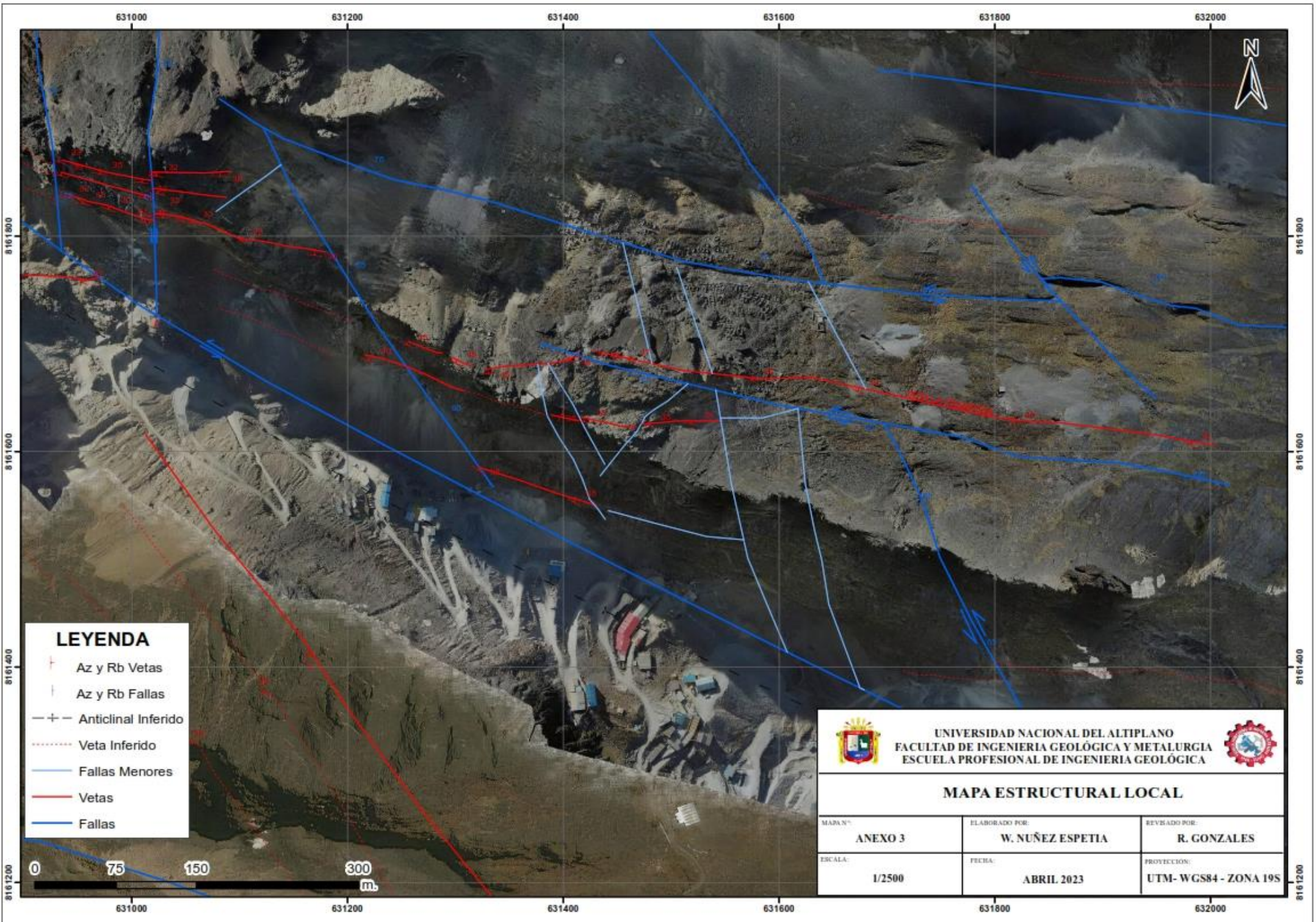
MAPA N°: ANEXO 1	ELABORADO POR: W. NUÑEZ ESPETIA	REVISADO POR: R. GONZALES
ESCALA: 1/20000	FECHA: ABRIL 2023	PROYECCION: UTM- WGS84 - ZONA 19S



- LEYENDA**
- LITOLOGIA**
- ▲ Puntos de muestreo
 - Pz. Fm. Amutara
 - Qcf- Dep Coluvio Fluvial
 - Tpi- Pluton de Illimani
 - ┆ Az y Rb Vetas
 - ┆ Az y Rb Fallas
 - + - Anticlinal Inferido
 - - - Veta Inferido
 - Fallas Menores
 - Vetas
 - Fallas

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
MAPA GEOLÓGICO		
MAPA N°: ANEXO 2	ELABORADO POR: W. NUÑEZ ESPETIA	REVISADO POR: R. GONZALES
ESCALA: 1/3000	FECHA: ABRIL 2023	PROYECCIÓN: UTM- WGS84 - ZONA 19S





LEYENDA

- + Az y Rb Vetas
- + Az y Rb Fallas
- + - Anticlinal Inferido
- Veta Inferido
- Fallas Menores
- Vetas
- Fallas

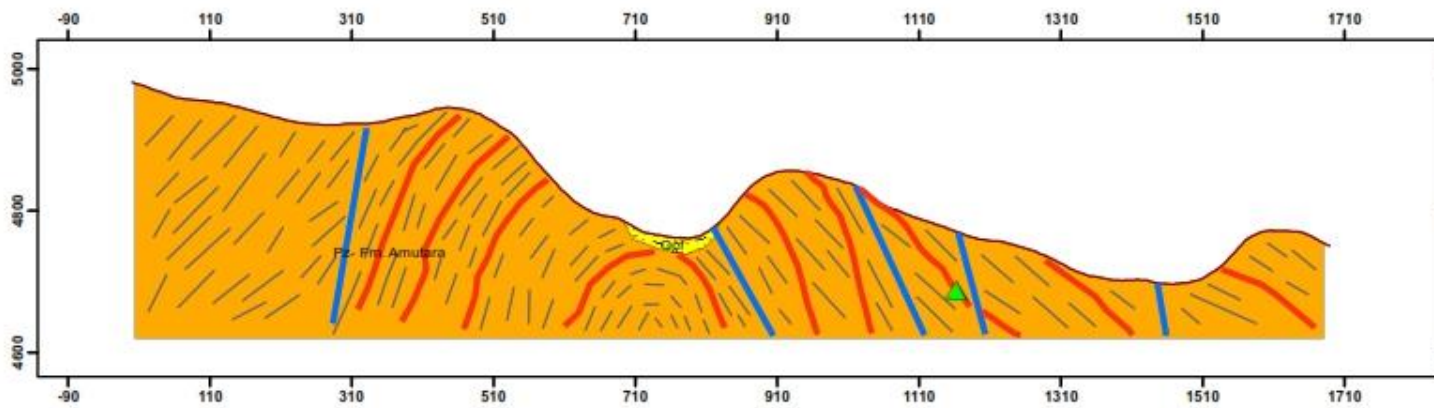
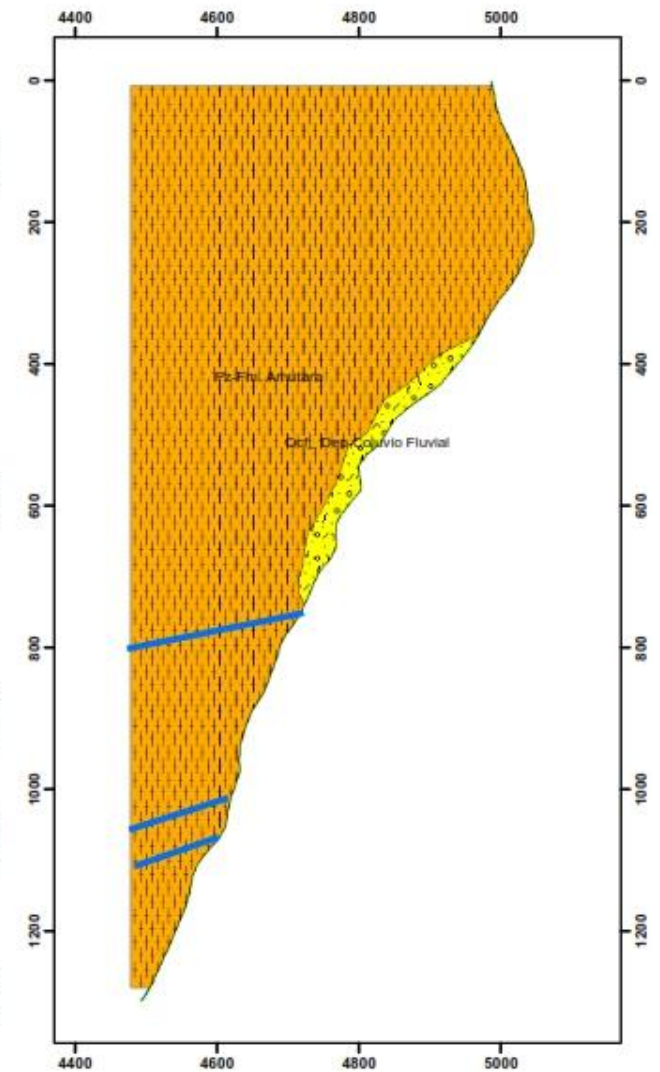
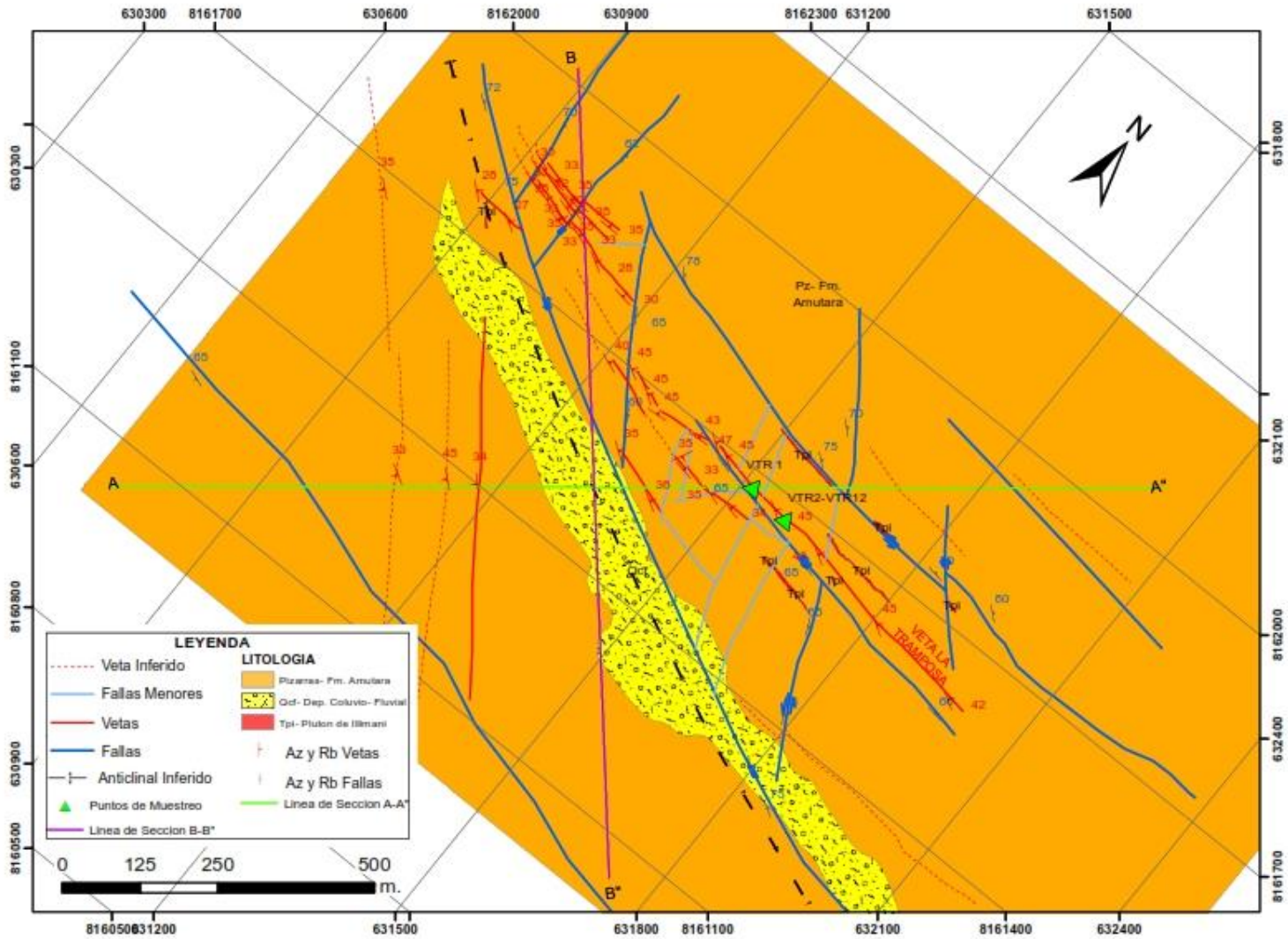



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALURGIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



MAPA ESTRUCTURAL LOCAL

MAPA N° ANEXO 3	ELABORADO POR: W. NUÑEZ ESPETIA	REVISADO POR: R. GONZALES
ESCALA: 1/2500	FECHA: ABRIL 2023	PROYECCION: UTM- WGS84 - ZONA 19S



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALURGIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
SECCION GEOLOGICA A-A" Y B-B"		
MAPA N°: ANEXO 4	ELABORADO POR: W. NUÑEZ ESPETIA	REVISADO POR: R. GONZALES
ESCALA: 1/7500	FECHA: ABRIL 2023	PROYECTO N°: UTM- WGS84 - ZONA 19S



COOPERATIVA MINERA AURÍFERA "15 DE AGOSTO R.L."

Prov. Sud Yungas - Cantón Lambate
Personería Jurídica N° 03580 • Registro Nacional 3296
CONCESIONES CALATRABA, TESORO - AGUAS DEL ILLIMANI
LA PAZ - BOLIVIA



SECCIÓN "24 DE ABRIL"

La Paz- Bolivia 25 de octubre del 2022

Williams Remigio Nuñez Espetia
Geólogo junior de mina
Sección 24 de abril- Bolivia

ASUNTO: CARTA DE CONSENTIMIENTO PARA EL USO DE LA INFORMACIÓN DE LA MINA 24 DE ABRIL- BOLIVIA

Por medio de la presente, yo, Jaime Ramos Orellana con C.I. N° 6874737 LP, en calidad de jefe de sección de la mina 24 de Abril, otorgo la presente carta de consentimiento para el uso de la información pública de la mina 24 de Abril, para los fines del proyecto de investigación.

El único fin del uso de base de datos de la Cooperativa Minera Aurífera 15 de Agosto (sección 24 de abril) será para el desarrollo de su tesis de Pre-grado denominada (CARACTERIZACIÓN MINERAGRÁFICA Y PETROGRÁFICA DE LA VETA TRAMPOSA, MINA 24 DE ABRIL- SUD YUNGAS – BOLIVIA), para optar el grado de ingeniero Geólogo en la universidad Nacional del Altiplano- Puno

Reciba un cordial saludo.

Atentamente


Jaime Ramos Orellana
Jefe de sección
24 de abril
C.I. 6874737 LP

K'unu K'awa - "24" Emperador - Dorado - Atoroma - Pajonal



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Williams Remigio Nuñez Espetia, identificado con DNI 7005424 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Geológica

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado

Título Profesional denominado:

"CARACTERIZACIÓN MINERAGRÁFICA Y PETROGRÁFICA DE LA VETA TRAMPOSA, HINA 24 ABRIL - SVD YUNGAS - BOLIVIA"

" Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 09 de Junio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo WILLIAMS REMIGIO NUÑEZ ESPETIA
identificado con DNI 70051624 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Geológica

, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

- CARACTERIZACIÓN MINERAGRÁFICA Y PETROGRÁFICA DE LA
VETA TRAHPOSA, MINA 24 ABRIL - SUD YUNGAS BOLIVIA

* Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 09 de Junio del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella