

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Estudio geológico de un yacimiento en la etapa de
exploración**

Brayan Adan Corilla Yauri
Walter Pardo Galvan

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la facultad de ingeniería
DE : NELIDA TANTAVILCA MARTINEZ
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 4 de Noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

ESTUDIO GEOLÓGICO DE UN YACIMIENTO EN LA ETAPA DE EXPLORACIÓN

Autores:

1. BRAYAN ADAN CORILLA YAURI – EAP. Ingeniería de Minas
2. WALTER PARDO GALVAN – EAP. Ingeniería de Minas

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI <input type="checkbox"/> | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ASESOR(A)

Ing. NELIDA TANTAVILCA MARTINEZ

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por darme la fuerza y voluntad de seguir día a día, y a mis padres por apoyarme siempre en mis objetivos.

DEDICATORIA

A nuestros maestros y familiares por ser el apoyo siempre en nuestro camino al desarrollo profesional.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	3
DEDICATORIA.....	4
ÍNDICE.....	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO I.....	8
PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.1. Planteamiento del problema	8
1.2. Formulación del problema.....	10
1.2.1. Problema general.....	10
1.2.2. Problemas específicos	10
1.3. Objetivos.....	11
1.3.1. Objetivos generales	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Justificación e importancia	11
1.5. Hipótesis de la investigación.....	12
1.5.1. Hipótesis general	12
1.5.2. Hipótesis específicas	12
1.6. Identificación de variables.....	13
1.6.1. Variable independiente	13
1.6.2. Variable dependiente	13
1.7. Operacionalización de variables	13
CAPÍTULO II	15
MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes del problema	15
2.2. Generalidades	16
2.2.1 Geología general	16
2.2.2. Accesibilidad	17
2.2.3. Revisión y evaluación de trabajos anteriores	17
2.2.4. Características económicas de la región.....	18

Anomalía Huachuintiyoc.....	19
Anomalía Terciopelo	19
2.2.5. Revisión de datos sobre estructura geológica y minerales	19
2.2.6. Geología local	20
2.2.7. Fallas	27
2.3. Bases teóricas	29
2.3.1. Estudio mineragráfico	29
2.3.2. El microscopio de polarización	29
2.3.3. Estudio con luz reflejada	30
2.3.4. Preparación de muestras	30
CAPÍTULO III	32
METODOLOGÍA	32
3.1. Métodos y alcance de la investigación	32
3.2. Diseño de la investigación	32
3.3. Población y muestra	33
3.4. Métodos e Instrumentos de recolección de datos	34
3.4.1. Muestreo geológico.....	34
3.4.2. Intrumentos utilizados en la recoleccion de datos	34
CAPÍTULO IV	36
ANÁLISIS DE RESULTADO	36
4.1. Análisis mineragráfico de muestras pulidas	36
4.1.1 Primera muestra	36
4.1.2. Segunda muestra.....	40
4.1.3. Tercera muestra.....	45
4.1.4. Cuarta muestra	50
CAPÍTULO V.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. 2.1.** Diagrama general de los cuadrángulos 26I4,26I3,26I2,26m3 y 26m2 – Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET 18
- Fig. 2.2.** Fotografía de la zona de exploración para el muestreo en la concesión minera la Chonguinita. Fuente : propia 20
- Fig. 2.3.** Fotografía de la zona de exploración con vista ala formación Casapalca, concesión minera la Chonguinita. Fuente : propia 21
- Fig. 2.4.** Formaciones estratigraficas de la zona Casapalca en Wichcos, perteneciente al cuadrángulo de Conayca. – Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET 22
- Fig. 2.5.** Formación intercalada de calizas, lutitas y limolitas de la zona Castrovirreyna– Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET 24
- Fig. 2.6.** Falla normal que cruza la concesión minera La Chonguinita. – Fuente: Geocatmin. 29
- Fig. 2.7.** Microscopio de polarización de luz transmitida 30
- Fig. 4.1.** Pirita (py), esfalerita (ef) y tetraedrita (td) fuertemente reemplazadas por la galena (gn). En conjunto se encuentran como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 100X. 38
- Fig. 4.2.** Playa irregular y amplia de galena (gn) ha englobado y reemplazado a la esfalerita (ef) y a la tetraedrita (td); ellos están en los intersticios de las gangas (GGs). 100X. 39
- Fig. 4.3.** Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) que se exhibe como gotas de lluvia, ha reemplazado intensamente a la pirita (py), presenta oquedades y algunas de ellas están rellenas por la galena (gn); nótese que el conjunto está en los intersticios de las gangas (GGs). 200X. 39
- Fig. 4.4** Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) reemplazada por la galena (gn), muestra reemplazamiento intenso hacia la pirita (py), la cual ha quedado en forma de remanentes; como se observa todo el conjunto está dentro de los intersticios de las gangas (GGs). 200X. 40
- Fig. 4.5.** Esfalerita con exsoluciones de calcopirita (ef+cp) reemplazada por la galena (gn) y a su vez reemplaza a la pirita (py); la galena (gn) reemplaza también a la pirita (py); están como relleno de los intersticios de la ganga (GGs). 100X. 43
- Fig. 4.6.** Esfalerita (ef) y galena (gn) han reemplazado fuertemente a la pirita (py), la cual ha quedado como remanente; están como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 200X. 44
- Fig. 4.7.** Pirita (py) intensamente reemplazada por la esfalerita con exsoluciones de calcopirita (ef+cp), se encuentran como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 200X 44
- Fig. 4.8.** Asociación de pirita (py), esfalerita (ef) y galena (gn) ubicados en los intersticios de las gangas (GGs). 100X. 45
- Fig. 4.9.** Galena (gn) en forma de playas irregulares y amplias han reemplazado a la esfalerita (ef) y a la tetraedrita (td), están como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 100X. 48
- Fig. 4.10.** Pirita (py) subhedral y anhedral se encuentra rodeada y reemplazada por la esfalerita 8ef), galena (gn) y tetraedrita (td); se nota también que la tetraedrita (td) ha reemplazado a la esfalerita (ef), mientras que la galena (gn) lo hace también con la esfalerita (ef). 100X. 49
- Fig. 4.11.** Piritas (py) reemplazadas por la esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) y por la galena (gn; están en los intersticios de las gangas (GGs). 100X. 49

Fig. 4.12 Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) ha reemplazado aintensamente a la pirita (py), pero muestra oquedades rellenas por la galena (gn). 200X. 50

Fig. 4.13. Escasos cristales subhedrales de hematita (hm); hacia la parte inferior derecha se halla la venilla con relleno de crisocola (crc) y ribetes de goethita (gt); en la ganga se halla disperso las partículas finas de goethita (GGs+gt). 100X. 52

Fig. 4.14. Venillas de goethita (gt) como cordones con textura coloforme, están dentro de la venilla rellena por la crisocola con malaquita (crc+ml); estas venillas rodean a los clastos de pseudobrecha integrada por las gangas y goethita (GGs+gt). 100X. 53

Fig. 4.15. Observación hecha en nicoles cruzados para intensificar la presencia de la crisocola asociada a la malaquita (crc+ml). 100X.53

Fig. 4.16. Observación hecha en nicoles cruzados, con la venillas de crisocola y malaquita (crc+ml). 100X. 54

Fig. 4.17. Observación hecha en nicoles cruzados, con la venilla amplia de crisocola y malaquita (crc+ml) asociados. 100X. 54

Fig. 4.18. Observación macroscópica, donde se aprecia a la briqueta pulida con los clastos de las pseudobrecha, en cuyas microfracturas se hallan rellenas la crisocola asociada con la malaquita, y en los clastos están mayormente la hematita y la goethita. 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Matriz de operacionalización de variables	14
Tabla 2.1 Coordenadas UTM WSG 84 del cuadrángulo de Conayca 26m.	17
Tabla 4.1 Distribución volumétrica de la muestra 1.	37
Tabla 4.2 Distribución volumétrica de la muestra 2.	42
Tabla 4.3 Distribución volumétrica de la muestra 3.	47
Tabla 4.4 Distribución volumétrica de la muestra 4.	51

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el potencial mineralógico y económico del yacimiento ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima, analizando el tamaño del recurso, el grado de mineralización y la factibilidad económica de su explotación proyectada para 2024. Para ello, se ha implementado un enfoque basado en un análisis mineragráfico, el cual permite evaluar con precisión las características mineralógicas del yacimiento, brindando información clave sobre su viabilidad comercial.

El proceso metodológico inició con una exhaustiva revisión de los antecedentes geológicos y mineralógicos de la zona, lo que permitió identificar las principales formaciones rocosas y estructuras mineralizadas. A partir de este estudio preliminar, se seleccionaron muestras estratégicas de distintas áreas del yacimiento, representando tanto los afloramientos como las zonas de mayor interés económico.

Las muestras recolectadas fueron preparadas mediante técnicas de secciones pulidas, con el fin de realizar un análisis detallado a nivel microscópico. Dicho análisis se centró en identificar las fases minerales predominantes, así como en estudiar las texturas y asociaciones mineralógicas presentes en el depósito.

Los resultados obtenidos permitieron caracterizar el grado de mineralización del yacimiento, evaluando la concentración de minerales de interés económico, su paragénesis y la distribución espacial de las distintas fases minerales. A través de esta información, se estableció una estimación del tamaño del recurso y su potencial de explotación.

Palabras clave: Mineragrafia, análisis mineralógico, microscopía óptica.

ABSTRACT

The present investigation aims to determine the mineralogical and economic potential of the deposit located in the border area between the regions of Huancavelica, Junín and Lima, analyzing the size of the resource, the degree of mineralization and the economic feasibility of its projected exploitation for 2024. To this end, an approach based on a mineragraphic analysis has been implemented, which allows to accurately evaluate the mineralogical characteristics of the deposit, providing key information on its commercial viability.

The methodological process began with an exhaustive review of the geological and mineralogical background of the area, which allowed to identify the main rock formations and mineralized structures. From this preliminary study, strategic samples were selected from different areas of the deposit, representing both the outcrops and the areas of greatest economic interest.

The collected samples were prepared using polished section techniques, in order to perform a detailed analysis at a microscopic level. This analysis focused on identifying the predominant mineral phases, as well as studying the textures and mineralogical associations present in the deposit.

The results obtained allowed the characterization of the degree of mineralization of the deposit, evaluating the concentration of minerals of economic interest, their paragenesis and the spatial distribution of the different mineral phases. Through this information, an estimate of the size of the resource and its exploitation potential was established.

Key words: Mineragraphy, mineralogical analysis, optical microscopy.

INTRODUCCIÓN

La minería desempeña un rol fundamental en el desarrollo del Perú, y el estudio de yacimientos minerales es esencial para evaluar su viabilidad y su potencial de contribución al bienestar económico de las comunidades. Este trabajo se centra en un yacimiento ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima, un área geológicamente rica que ofrece oportunidades únicas para el desarrollo mineral.

La relevancia de esta tesis se enfoca en la identificación y caracterización de los recursos minerales en la región, lo que proporciona información valerosa para la planificación y dirección de la explotación. Conocer las características litológicas, estructurales y mineralógicas permite diseñar estrategias de extracción más eficientes y sostenibles, maximizando la recuperación de recursos y minimizando el impacto ambiental.

Este estudio tiene implicaciones en el ámbito científico, enriqueciendo la comprensión de la historia geológica de la región y contribuyendo a futuros avances en minería y exploración de recursos. Los hallazgos pueden ser un modelo a seguir para otras áreas con potencial mineral, promoviendo prácticas de minería responsable y un enfoque integrado para el desarrollo de recursos naturales.

El estudio del yacimiento en Huancavelica, Junín y Lima es crucial no solo por su potencial económico, sino por su influencia en el desarrollo social, la sostenibilidad ambiental y el avance del conocimiento científico. Este trabajo servirá como base para la toma de decisiones informadas que promuevan un futuro más sostenible y equitativo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Un estudio geológico en ingeniería de minas es fundamental porque permite identificar la presencia, distribución y cantidad de recursos minerales en una determinada área. Esto es crucial para evaluar el potencial económico del yacimiento y planificar su explotación de manera eficiente, además proporciona información detallada sobre la composición geológica del yacimiento, incluyendo la mineralogía, la estructura geológica (como fallas, pliegues y fracturas), y la geometría de las unidades geológicas. Esta caracterización es esencial para diseñar estrategias de extracción que maximicen la recuperación del mineral con el mínimo impacto ambiental.

Basado en los datos geológicos recopilados, se pueden realizar estimaciones cuantitativas de las reservas minerales presentes en el yacimiento. Estas estimaciones son críticas para la planificación financiera y la toma de decisiones en el desarrollo del proyecto minero. Ayuda a evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto minero. Los datos geológicos permiten determinar los métodos de extracción más adecuados, calcular los costos operativos y prever posibles desafíos geológicos durante la fase de explotación, identifica y evalúa los riesgos geológicos asociados con la operación minera, como la estabilidad del terreno, la presencia de aguas subterráneas, la geoquímica adversa, entre otros. Esto permite implementar medidas de mitigación para asegurar la seguridad y la sostenibilidad del proyecto.

Los estudios geológicos proporcionan la base científica necesaria para cumplir con los requisitos regulatorios y ambientales establecidos por las autoridades competentes. Esto incluye la elaboración de informes técnicos y estudios de impacto ambiental, Por lo cual es esencial para entender la geología del yacimiento, evaluar su potencial económico y técnico, y planificar

de manera efectiva la explotación minera con un enfoque en la sostenibilidad y la rentabilidad del proyecto.

El presente estudio geológico se centra en el análisis y evaluación de un yacimiento en la etapa de exploración, con el propósito de comprender su composición, estructura y potencial económico. Durante la fase de exploración, se busca obtener información detallada sobre las características geológicas del área de interés, lo cual es fundamental para determinar la viabilidad de su explotación futura.

La exploración geológica es un proceso clave en la industria minera y de recursos naturales, ya que permite identificar y cuantificar los recursos disponibles, así como evaluar su calidad y distribución. Este estudio se enmarca en una metodología rigurosa que incluye diversas técnicas de campo y laboratorio, tales como el mapeo geológico, la toma de muestras, el análisis petrográfico y geoquímico, y la interpretación de datos geofísicos.

El yacimiento en cuestión se encuentra en una región geológicamente diversa, caracterizada por una compleja historia tectónica y una variada mineralogía. La comprensión detallada de estos aspectos geológicos es esencial para el desarrollo de modelos predictivos que guíen futuras etapas de perforación y desarrollo del yacimiento.

El trabajo realizado hasta la fecha ha involucrado la recopilación y análisis de datos geológicos preliminares, incluyendo estudios de superficie y subterráneos. A través de estos estudios, se busca definir la geometría del yacimiento, identificar las unidades litológicas presentes y entender los procesos geológicos que han influido en su formación.

Este informe presenta una síntesis y análisis de los primeros hallazgos, discutiendo las características geológicas más relevantes del yacimiento, así como las implicaciones de estos hallazgos para su potencial aprovechamiento. Asimismo, se delinean las próximas etapas del proceso de exploración, que incluirán actividades más detalladas de muestreo y análisis, con el fin de proporcionar una evaluación exhaustiva y precisa del yacimiento.

En la etapa inicial de exploración de un yacimiento geológico, es fundamental plantear de manera clara y precisa el problema que guiará el estudio.

El yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima, ha sido identificado como potencialmente portador de minerales valiosos. Sin embargo, la información geológica actual es limitada y no proporciona una comprensión detallada de la distribución, características y potencial económico del yacimiento. Esta falta de datos precisos dificulta la toma de decisiones informadas sobre las inversiones futuras y la planificación estratégica de la exploración y posible explotación del yacimiento.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el potencial mineralógico y económico del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima de acuerdo a su estudio mineragráfico?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características litológicas, estructurales y mineralógicas predominantes en el área del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima?
- ¿Qué tipos de minerales están presentes en el yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y en qué concentraciones se encuentran?
- ¿Cuál es la paragénesis de la zona, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y cómo se distribuyen las mineralizaciones en su interior?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

- Determinar el potencial mineralógico y económico del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima de acuerdo a su estudio mineragráfico.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las características litológicas, estructurales y mineralógicas predominantes en el área del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima
- Identificar qué tipos de minerales están presentes en el yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y en qué concentraciones se encuentran
- Determinar cuál la paragénesis general de la zona, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima, y cómo se distribuyen las mineralizaciones en su interior

1.4. Justificación e importancia

Permite reconocer la presencia, distribución y características de recursos naturales como: minerales, hidrocarburos y agua subterránea, entre otros. Esta información es clave para determinar el potencial económico de un yacimiento y su factibilidad para ser explotado. Ofrece un análisis detallado de la geología local, lo que resulta vital para optimizar la planificación y ejecución de las actividades de exploración y, eventualmente, la explotación. Con un conocimiento profundo de la estructura geológica y la mineralización del yacimiento, es posible desarrollar estrategias más efectivas para la extracción de recursos. Además, facilita la identificación y evaluación de riesgos geológicos y ambientales relacionados con la explotación, tales como deslizamientos, contaminación de aguas subterráneas o problemas de estabilidad del terreno, lo que permite implementar medidas de mitigación adecuadas para reducir los impactos negativos.

Contribuye al avance del conocimiento científico sobre la historia geológica y evolución de la región. Los datos y hallazgos obtenidos durante el estudio

geológico pueden tener implicaciones más amplias para la comprensión de procesos geológicos globales y la conservación del medio ambiente.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

- Existe potencial mineralógico y económico del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima en términos de tamaño del recurso, grado de mineralización y factibilidad económica de su explotación en el 2024.

1.5.2. Hipótesis específicas

- **Ha1:** Se identificaron características litológicas, estructurales y mineralógicas predominantes en el área del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima en el 2024.
- **Ho1:** No se identificaron características litológicas, estructurales y mineralógicas predominantes en el área del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima en el 2024.
- **Ha2:** Se hallaron tipos de minerales que están presentes en el yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y en qué concentraciones se encuentran en 2024.
- **Ho2:** No se hallaron tipos de minerales que están presentes en el yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y en qué concentraciones se encuentran en 2024.
- **Ha3:** Se identificó la paragénesis del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y cómo se distribuyen las mineralizaciones en su interior en el 2024

- **Ho3:** No se identificó paragénesis del yacimiento, ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima y cómo se distribuyen las mineralizaciones en su interior en el 2024

1.6. Identificación de Variables

1.6.1. Variable independiente

- Microscopio electrónico

1.6.2. Variable dependiente

- Análisis mineragráfico

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1. *Matriz de operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores
Independiente: - Microscopio electrónico	El microscopio electrónico es un instrumento que utiliza un haz de electrones para obtener imágenes de alta resolución de muestras a escala nanométrica.	Resolución: Capacidad del microscopio para distinguir detalles finos.	Resolución: Número de nanómetros que puede resolver el microscopio.
		Ampliación: Nivel de magnificación alcanzado.	Ampliación: Factor de aumento de la imagen.
Dependiente: Análisis minerográfico	El análisis minerográfico es el estudio de las características mineralógicas de una muestra, incluyendo la identificación y la distribución de minerales.	Identificación mineralógica: Determinación de los tipos de minerales presentes.	Identificación: Número de minerales identificados.
		Distribución de minerales: Patrón de ubicación de los minerales en la muestra.	Distribución: Porcentaje de minerales en diferentes zonas de la muestra.

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.8. Antecedentes del problema

- a) En el estudio geological exploration and mineral potential assessment of the Kavak Ag-Pb-Zn deposit (eastern Turkey) de Karacık, Z., 2018 el estudio se centra en la exploración geológica del depósito de Kavak en el este de Turquía, evaluando su potencial para minerales de plata, plomo y zinc. Utilizando técnicas geofísicas, geoquímicas y mapeo geológico detallado, los autores caracterizan la mineralización y estructura geológica del yacimiento. Se destacan las implicaciones económicas y ambientales de su posible explotación, así como las estrategias para la continuación de la exploración. (1)

- b) En el estudio geological exploration of the Lamabad iron ore deposit, Chilghazi, Kohat, Pakistan: A detailed study de autores Muhammad, S., 2019 se describe el estudio detallado de exploración geológica del depósito de mineral de hierro Lamabad en Kohat, Pakistán. Mediante técnicas de mapeo geológico, análisis de muestras y estudios estructurales, los investigadores identifican las características litológicas, la mineralogía y la estructura del yacimiento. Se discuten las implicaciones para la extracción sostenible de recursos minerales y las consideraciones ambientales asociadas. (2)

- c) En la investigación geological and geochemical exploration of the Sangam iron ore deposit, NE Iran" de autores Moosavirad, S.M., 2015 se enfoca en la exploración geológica y geoquímica del depósito de mineral de hierro de Sangam en el noreste de Irán. A través de métodos como el mapeo geológico detallado y el análisis geoquímico de muestras, los investigadores caracterizan la extensión, la mineralogía y las condiciones geológicas del yacimiento. Se discuten las implicaciones para el desarrollo económico regional y las estrategias de exploración futuras. (3)

- d) En la investigación "Geological and geochemical study of the La Granja porphyry copper deposit, Peru" de los autores Albinson, T., 2016 el estudio se enfoca en el depósito de cobre porfirítico La Granja en Perú. Se emplearon técnicas geológicas y geoquímicas avanzadas para caracterizar la mineralización de cobre y evaluar su potencial económico. Se discuten las

características geológicas y estructurales del yacimiento, así como las implicaciones para la exploración y posible explotación. (4)

- e) En el estudio "Geological and geochemical exploration of the Tambo Grande porphyry copper deposit, northern Peru" de los autores Barrie, C.T., 2018, se examina el depósito porfirítico de cobre Tambo Grande en el norte de Perú. Utilizando técnicas de mapeo geológico, análisis geoquímico y estudios estructurales, los autores caracterizan la mineralización de cobre y evalúan su potencial económico. Se destacan los resultados del mapeo detallado y las estrategias para la exploración futura del yacimiento. (5)
- f) En la investigación titulada "Geological and geochemical study of the Alto Chicama porphyry copper-gold deposit, northern Peru" de los autores Baker, T., 2017 el estudio se centra en el depósito porfirítico de cobre-oro Alto Chicama en el norte de Perú. Mediante técnicas avanzadas de mapeo geológico y análisis geoquímico, los investigadores caracterizan la mineralización de cobre y oro, así como las estructuras geológicas asociadas. Se discuten las implicaciones económicas y ambientales de la posible explotación del yacimiento. (6)

1.9. Generalidades

1.10. Geología general

El objeto de estudio se centra en la concesión "La Chonguinita" en el cuadrángulo 26m3 en el territorio CONAYCA de la región administrativa de Huancavelica y Lima (Fig. 2.1), entre las provincias de Yauyos y Castrovirreyna, correspondientemente, dentro de las siguientes hojas de nomenclatura (26m2, 26m3): escala 1:50.000 – (26l2, 26l3, 26l4); escala 1:50.000.

Desde una perspectiva geológica, la región se ubica en la frontera entre la zona costera y el lado occidental de la Cordillera Occidental. El terreno es irregular, con altitudes que varían desde los 1000 metros sobre el nivel del mar en los valles, hasta los 4600 metros en las cimas más altas. Las coordenadas geográficas de los puntos de las esquinas del área de perspectiva (Fig. 2.1) se muestran en la tabla. 2.1. (7)

Tabla 2. *Coordenadas UTM WSG 84 del cuadrángulo de Conayca 26m.*

	Latitud sur	Longitud este
Coordenadas geográficas	12° 45' 00"	75° 30' 00"
	13° 0' 00'	75° 00' 00"
Coordenadas UTM	8569980	494920
	8599980	509920

2.2.2. Accesibilidad

El recorrido terrestre hacia la zona abarca 440 km, iniciando en la carretera Panamericana Sur desde Lima hasta Chíncha Alta, donde se toma un desvío en dirección a Huancavelica. Desde allí, se puede acceder a los diferentes sectores a través de una red de caminos rurales. Otra opción más rápida es volar desde Lima a Ayacucho y luego continuar por carretera durante tres horas hasta llegar a Huancavelica.

2.2.3. Revisión y evaluación de trabajos anteriores

El volcanismo cenozoico en los Andes Centrales ha sido ampliamente discutido por varios investigadores. Noble et al. (1979) proponen que la actividad volcánica está relacionada con la fase tectónica denominada "Inca", que comenzó hace aproximadamente 40-41 millones de años. En todo el territorio se pueden encontrar rocas volcánicas del Paleógeno que se superponen de manera discordante a las secuencias sedimentarias del Cretácico, conocidas como Grupo Tacaza en el sur, Grupo Rímac en el centro, y Grupo Calipuy en el norte. (8)

Las rocas del Eoceno muestran discordancias con baja angularidad, mientras que en el Oligoceno la actividad volcánica fue escasa, reactivándose hacia finales del periodo y alcanzando su mayor intensidad en el Mioceno. En el lado occidental de la región de estudio, se observan intrusiones que van desde dioritas hasta monzogranitos, afectando tanto secuencias volcánicas del Cretácico como del Cenozoico. Cobbing y Pitcher (1979) describen el Batolito de la Costa, el cual tiene una estructura simétrica con gabros en los bordes y granito en el centro. (9)

Uno de los principales ajustes en la revisión de investigación más reciente fue la sustitución del Grupo Morro Solar (Formación Asia) por el Grupo Yura. También se diferenciaron las formaciones Chúlec y Pariatambo, las cuales inicialmente estaban agrupadas como Chúlec-Pariatambo indiviso. Además, la secuencia calcárea del Grupo Imperial fue redefinida como la Formación Atocongo. Estos cambios mejoraron la comprensión geológica de la región y permitieron una descripción más precisa de la estructura y evolución volcánica y tectónica en la zona de Conayca, reflejando la importancia de la actividad magmática y su interacción con las fallas locales. (9)



Figura. 1. Diagrama general de los cuadrángulos 2614,2613,2612,26m3 y 26m2 – Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET

2.2.4. Características económicas de la región

Las características más relevantes que representan un valor económico como parte de la geología económica se basa en el potencial de dos anomalías importantes en el cuadrángulo de Conayca, las cuales tienen áreas con un alto potencial exploratorio.

Anomalía Huachuintiyoc

El área de estudio se localiza a unos 28 km al suroeste de Huancavelica, en el pueblo de Huachuintiyoc, correspondiente a la hoja 26m2, con coordenadas centrales de 482365E-8568330N. Esta zona está compuesta por una roca subvolcánica dacítica de color pardo grisáceo y textura porfirítica, que incluye fenocristales de feldespatos en una matriz afanítica silicificada, la cual ha sido en parte reemplazada por carbonatos impregnados de óxidos de hierro. También se encuentran en la matriz agregados de especularita. Esta roca presenta una densidad media, alta dureza y no es magnética.

También, se encuentra en contacto con el miembro medio de la Formación Casapalca, que está compuesto por limolitas finas y areniscas rojas de grano medio, seguidas por areniscas grises hacia la parte superior. (10)

Anomalía terciopelo

El área se encuentra aproximadamente a 47 km al oeste de Huancavelica, en el pueblo de Tacracacha, al noroeste de la hoja 26m3, con coordenadas centrales de 454106E-8587150N. La geología de la zona abarca el Centro Volcánico Antarazo, que está formado por lavas de color gris de composición andesítica y textura porfídica. También se pueden observar niveles de rocas subvolcánicas andesíticas que emergen desde el sector de Tacra hacia Terciopelo. (10)

2.2.5. Revisión de datos sobre estructura geológica y minerales

El mapa geológico del cuadrángulo de Conayca (Anexo 2), que abarca las hojas 26m2 y 26m3 a una escala de 1:50,000, proporciona datos significativos para la identificación y documentación de las unidades litoestratigráficas que se extienden desde el Triásico superior hasta la actualidad. En este contexto, las unidades del Cenozoico son las más representativas. Además, la cartografía ha permitido el reconocimiento de nuevos cuerpos subvolcánicos, lo que enriquece nuestro entendimiento de la compleja geología de la región.

2.2.6. Geología local

La geología local de la concesión minera La Chonguinita está caracterizada por la presencia de un cuerpo subvolcánico dacítico, el cual ha sido sometido a un proceso de silicificación que le otorga su tonalidad pardo grisácea y su textura porfirítica distintiva.

Este cuerpo está compuesto por fenocristales de feldespato embebidos en una matriz afanítica, que ha sufrido alteraciones importantes debido a la silicificación y al reemplazo parcial por carbonatos, con impregnaciones de óxidos de hierro. Además, es común observar agregados de especularita en la matriz, lo que sugiere actividad hidrotermal. Este cuerpo presenta una densidad media, alta dureza y no muestra propiedades magnéticas. (Fig. 2.2)



Figura. 2. Fotografía de la zona de exploración para el muestreo en la concesión minera la Chonguinita. Fuente propia

Este subvolcánico se encuentra en contacto con el miembro medio de la Formación Casapalca, el cual está constituido principalmente por limolitas rojizas de grano fino y areniscas de grano medio también de color rojizo. En los niveles superiores de la formación, predominan areniscas grises de grano medio, lo que refleja una variación en las condiciones de depósito a lo largo del tiempo. (Fig. 2.3)



Figura. 3. Fotografía de la zona de exploración con vista a la formación Casapalca, concesión minera la Chonguinita. Fuente: propia

La presencia de estas características litológicas sugiere que la zona ha estado sometida a procesos geológicos importantes, con posibles implicaciones para la mineralización local debido a la silicificación y la presencia de óxidos de hierro y carbonatos. Estos aspectos indican un entorno propicio para estudios adicionales sobre el potencial mineralógico de la zona.

Las principales formaciones reconocidos dentro del área de estudio pertenecen al Mesozoico y Cenozoico de la columna estratigráfica general mostrada en el (Anexo 1):

- Mesozoico

Formación Casapalca (KsPp-c)

Mc Laughlin D.H. (1925) definió la Formación Casapalca en el distrito homónimo como una sucesión de capas rojas depositadas en discordancia erosional sobre las calizas de la Formación Jumasha. En esta área, se observó el contacto erosional entre el miembro superior de la Formación Casapalca y las lavas del Centro Volcánico Antarazo, además del contacto con la Formación Sacsaquero. El trabajo de cartografía realizado en las hojas de Conayca permitió subdividir la Formación Casapalca en tres miembros: inferior, medio y superior (Figura 2.4).

- Formación Casapalca Superior: Compuesta por un conglomerado polimíctico con clastos subredondeados de areniscas y calizas, sostenidos en una matriz arenolimososa de color rojizo.

- Formación Casapalca Medio: Caracterizada por la intercalación de limolitas rojizas de grano fino con areniscas de grano medio, de color rojizo, y hacia la parte superior, areniscas grises de grano medio.

- Formación Casapalca Inferior: Conformada por limoarcillitas de tonos rojizos y blanquecinos, de grano fino, con lentes de areniscas grises de grano medio.

(11)

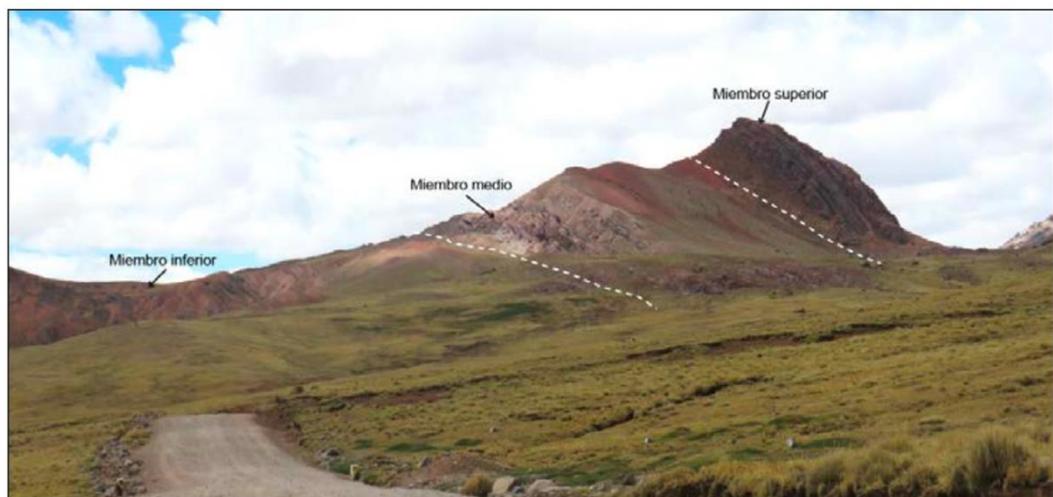


Figura. 4. Formaciones estratigráficas de la zona Casapalca en Wichcos, perteneciente al cuadrángulo de Conayca. – Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET

- **Cenozoico**

Formación Sacsaquero (Peo-s)

La exposición más significativa de esta unidad se encuentra al oeste de la hoja 26m3, con inclinaciones suaves de menos de 40°. A partir de las observaciones de campo, se han identificado cuatro facies a nivel regional, particularmente en el cuadrángulo de Castrovirreyna 27m. En el cuadrante de Conayca se describen dos facies principales:

Segunda facie (Peo-s/2): Consiste en coladas de lava en estratos delgados a medianos, intercaladas con tobas de cristales subordinadas. Litológicamente, está compuesta por lavas andesíticas de tonalidades que

varían del gris claro al verdoso. En el cerro San Juan de Dios, esta facie se encuentra en contacto concordante con el miembro 4. Su mayor exposición se da en el cuadrante 26m2, extendiéndose aproximadamente 17 km en dirección noroeste, alcanzando el cerro Pata Pata. Al noreste de la hoja 26m2, los afloramientos más representativos se encuentran en el centro poblado de Mishquiyaca y en el cerro Yahuarpuquio, donde predominan lavas andesíticas grises que presentan venillas de calcita, óxidos de hierro y pirita.

Cuarta facie (Peo-s/4): Esta unidad aflora al suroeste de la hoja 26m3, en las proximidades de Pampatuman-Tingo, donde se observa una alternancia de tobas de cristales grises en una matriz de ceniza. (11)

Formación Castrovirreyna (Po-Nm-cas)

Salazar H. y Landa C. (1993) clasificaron esta secuencia sedimentaria piroclástica como una unidad de facies lacustres, compuesta por una variedad de litologías que incluyen areniscas, calizas, tobas, brechas tobáceas y coladas de lava (figura 2.5). En este estudio se identificaron tres facies principales:

Primera facie: Sus mejores afloramientos se encuentran en las zonas del cerro Parionilla y Ushpanga, extendiéndose hasta el cerro Pucalinda en el noreste de la hoja 26m3, en Payche Orjo al suroeste de la hoja 27m2, y al norte de Suytupampa en el centro de la hoja 27m4. Esta facie se caracteriza por la presencia de tobas vítreas con pómez de color beige claro, seguidas de tobas cristalolíticas rojizas que contienen niveles de brechas monomícticas y areniscas tobáceas de grano fino.

Segunda facie: Está compuesta por capas de toba vítrea de tonalidad rosada, seguidas de brechas polimícticas rojizas. Además, incluye intercalaciones de areniscas tobáceas, limolitas y calizas.

Tercera facie: Esta facie se extiende desde los poblados de Carnicería hasta el cerro Pucachaja, al oeste de la hoja 26m3 de Conayca, formando estructuras plegadas de sinclinales y anticlinales con buzamientos entre 60° NE y 40°-50° NO. En el cerro Huamanripayoc, se observó un sinclinal compuesto por limolitas marrones, seguidas de tobas vítreas rosadas y

brechas monomícticas con clastos subangulosos de limolita. También se identificaron niveles de lavas andesíticas. En el área de empalme con el cuadrángulo de Castrovirreyna (27m), desde Chuichca hasta los cerros Pallja Pallja-Huamanripayac, alcanzando el cerro Jañojyacu y extendiéndose hasta Cusibamba, este afloramiento cubre una extensión de aproximadamente 10 km de largo por 3 km de ancho. En la parte media del afloramiento, en el sector Cruzcancha, se encuentran tobas violáceas con pómez y plagioclasas alteradas, junto con brechas volcánicas monomícticas de color blanquecino, con clastos de entre 1 y 5 cm, en contacto con un cuerpo subvolcánico de composición riolítica. (11)



Figura.5. Formación intercalada de calizas, lutitas y limolitas de la zona Castrovirreyna– Boletín N° 28 Serie L – INGEMMET

Formación caudalosa (Nm-cau)

Salazar (1993) definió esta unidad en la región de Huancavelica, específicamente en la zona de Huachocolpa, en la localidad de Caudalosa, como una secuencia de rocas volcánicas intercaladas con lentes de piroclásticos y areniscas tobáceas.

La Formación Caudalosa aflora principalmente en la parte noreste del cuadrángulo 26m2, cubriendo las localidades de Carhuarazo en el sur, Cochabamba, Rojasplata y Lachoj en el centro del afloramiento. En esta área

se recolectaron 17 muestras de roca, las cuales revelan la presencia predominante de lavas andesíticas de color gris y textura porfídica. Además, en el sector de Yuraponco se observaron brechas polimícticas rojizas con clastos de limos y andesitas de color chocolate, también con textura porfídica, lo que sugiere una considerable variabilidad litológica dentro de esta formación. (11)

Formación Auquivilca (Nm-au)

La Formación Castrovirreyna, definida por Salazar y Landa (1993), se localiza en la región de Huancavelica, específicamente en los cerros Saihuapata y Auquivilca, dentro de la provincia de Castrovirreyna. Esta unidad geológica está compuesta por una secuencia de rocas piroclásticas en su base, que gradualmente transiciona a depósitos lacustres en la parte superior. En el área de estudio, destaca la presencia de arcillas rojizas interestratificadas con piroclastos de tonalidades rojizas a verdes, además de limoarcillitas y tobas de colores blanquecinos y amarillentos. Estratigráficamente, se ha asignado una edad correspondiente al Mioceno superior.

En el sector de Cochopatamojo, la Formación Castrovirreyna está asociada a una estructura anticlinal. El flanco oeste presenta una orientación NO, con buzamientos entre 30° y 60° hacia el este, mientras que el flanco opuesto también muestra rumbos hacia el NO, con inclinaciones entre 30° y 50° hacia el oeste. Las características de los diferentes flancos son:

Centro Volcánico Carhuajasa (Nm-c)

En la hoja 26m3 del cuadrángulo de Conayca, específicamente en la zona de Llamamachay, aflora una unidad litológica conformada por lavas andesíticas de textura afanítica y tonalidad grisácea. Estas lavas se caracterizan por la presencia de cristales de plagioclasa y venillas de calcita, además de mostrar en algunas áreas la ocurrencia de óxidos de hierro. Hacia el noreste, en el sector de Terciopelo, se identifican lavas andesíticas de color gris verdoso, con cristales alargados de plagioclasa, calcita presente en las fracturas y arcillas, mientras que el magnetismo en estas rocas varía de moderado a fuerte. Asimismo, en esta área afloran brechas volcánicas andesíticas

monomícticas, cuyos clastos subredondeados tienen diámetros que oscilan entre 1 y 5 cm, aunque algunos alcanzan tamaños de hasta 20 cm. (11)

Centro Volcánico Antarazo (Nm-ant-bx/Nm-ant-and)

El Centro Volcánico Antarazo se clasifica en dos facies distintas:

Brechas: Estas se localizan en dos áreas específicas de la hoja 26m2. La primera se extiende desde Cerro Cachimahay Orjo hasta Jatus Pampa, en el sector sur de la hoja, y se caracteriza por la presencia de brechas polimícticas que contienen clastos angulosos y subangulosos, con diámetros que oscilan entre 40 cm y 1 m. La segunda área, ubicada entre Jollpahuacta y Huamanraza Pampa, presenta brechas volcánicas compuestas por bloques polimícticos, donde los clastos pueden alcanzar hasta 1 m de tamaño.

Lavas: Estas rocas presentan un color gris y son de composición andesítica con textura porfídica. En la hoja 26m3, se observan en el sector que abarca desde Tacra hasta Terciopelo. En la hoja 26m2, las lavas se exponen de manera más prominente desde el cerro Lambras hasta aproximadamente Juellu Esquina en la parte sur. En esta zona, se interstratifican con brechas monomícticas que contienen clastos subangulosos de origen lávico, con tamaños que varían entre 0.5 cm y 8 cm, y presentan una matriz tobácea.(11)

Centro Volcánico Apacheta (Nm-ap)

En el cuadrante de Conayca, particularmente en la hoja 26m2, se han identificado afloramientos en las zonas de Pucará y el cerro Ojuica. En el cerro Ojuica, se observan brechas polimícticas compuestas por clastos angulosos de tobas, así como una presencia ocasional de lavas. Al norte de esta área, se ha reconocido un nivel de toba lítica, que incluye clastos angulosos de composición tanto lávica como tobácea, en una matriz de tonalidad gris y textura fina. Adicionalmente, al este del cerro Ojuica, se han documentado aglomerados polimícticos que presentan clastos redondeados a subredondeados con diámetros que varían entre 5 cm y 1.5 m, en una matriz arenotobácea.

La evolución tectónica de la región pone de manifiesto variaciones estructurales entre las formaciones del Mesozoico, tales como los grupos Pucará y Goyllarisquizga, en comparación con las formaciones Cercapuquio y Chunumayo. Estas diferencias incluyen cambios en las facies y suaves discordancias que podrían estar asociadas con una actividad tectónica moderada durante la era Nevadiana.

En lo que respecta a las rocas volcánicas del Cenozoico, se observa un notable plegamiento en las formaciones que abarcan desde el Eoceno superior hasta el Mioceno medio, relacionado con la denominada "Fase Quechua". Esta fase influyó en las facies de las formaciones Tantará, Sacsaquero y Castrovirreyna. Posteriormente, una segunda fase tectónica, conocida como quechua tardía, se desarrolló durante el Mioceno superior hasta el Plioceno inferior, afectando las formaciones Caudalosa, Auquivilca y Huichinga, y generando plegamientos moderados con ejes orientados en dirección NNO-SSE. (11)

Depósitos cuaternarios

Depósito glaciar: Este tipo de depósito se caracteriza por la presencia de bloques y fragmentos polimícticos, los cuales presentan formas que varían de subangulosas a subredondeadas, y están incluidos en una matriz de limoarenosa. Esta configuración sugiere procesos de transporte y deposición típicos de ambientes glaciares, donde el material es arrastrado y posteriormente depositado por la acción del hielo.

Depósito fluvioglacial: Este depósito está compuesto por bloques y cantos polimícticos que presentan formas subredondeadas. Estos elementos se encuentran inmersos en una matriz de limoarcilla, lo que indica un entorno de deposición influenciado por la interacción entre flujos de agua y el deshielo de glaciares. Esta mezcla sugiere un transporte más dinámico que el observado en depósitos puramente glaciares, donde la actividad fluvial contribuye a la redistribución del material. (12)

2.2.7. Fallas

Las principales fallas en el cuadrángulo donde se encuentran la concesión son:

Falla Pucajasa

Esta estructura geológica se extiende desde el cerro Pucajasa, al noroeste de Huachuintiyoc, con una orientación este-oeste, y desaparece al encontrarse con intrusiones subvolcánicas dacíticas. En las proximidades del cerro Pucajasa, se identifica un eje anticlinal que deforma las rocas, generando zonas de apertura favorables para el emplazamiento de mineralizaciones. (14)

Falla Yanacancha

Localizada en la quebrada Yanacancha, al noroeste de Ichurutura, esta falla sigue una orientación este-oeste, creando espacios abiertos propicios para la deposición de minerales. (14)

Falla Acequia-Huangascar-Llangas Tambo

Esta falla se extiende desde el poblado de Acequia hasta Llangas Tambo, con una dirección noroeste. Se intersecta con el lineamiento noreste de Palca, lo que origina zonas de apertura que facilitan el emplazamiento de mineralizaciones. (14)

Por otro lado, las fallas mencionadas no tienen un rol dentro de la concesión, pero si se identificó una falla normal de menor magnitud que empieza los límites de la formación Castrovirreyna y cruza una parte significativa por la concesión.

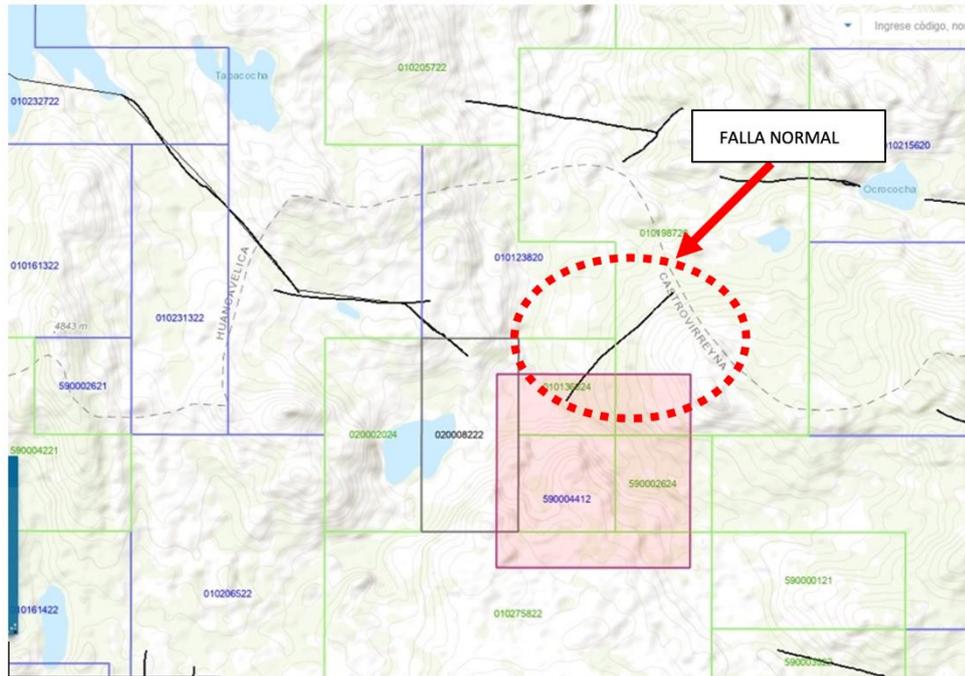


Figura. 6. Falla normal que cruza la concesión minera La Chonguinita. – Fuente: Geocatmin.

1.11. Bases teóricas

1.11.1. Estudio minerográfico

El estudio minerográfico es un método utilizado en geología para identificar y caracterizar los minerales presentes en una muestra a través de observaciones microscópicas. Este análisis se realiza mediante técnicas como la microscopía óptica o electrónica, permitiendo la identificación de las propiedades físicas, morfológicas y composicionales de los minerales, así como su textura y asociación en la roca. Es fundamental en la exploración minera y en la caracterización de depósitos minerales. (15)

1.11.1. El microscopio de polarización

El microscopio de polarización es un tipo de microscopio óptico utilizado principalmente en geología y mineralogía para observar minerales en secciones delgadas. Este microscopio utiliza luz polarizada, lo que permite distinguir entre minerales anisotrópicos e isotrópicos, así como estudiar sus propiedades ópticas, como la birrefringencia, la extinción y el pleocroísmo. Es una herramienta clave en el análisis petrográfico y el estudio de la estructura cristalina de los minerales. (16)

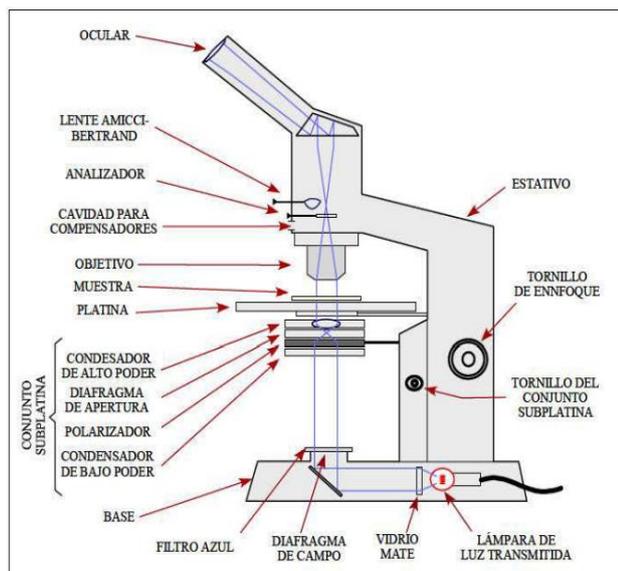


Figura 7. Microscopio de polarización de luz transmitida

1.11.2. Estudio con luz reflejada

El estudio con luz reflejada es una técnica microscópica utilizada en mineralogía y petrología para examinar la superficie de los minerales metálicos y otros materiales opacos. Esta técnica emplea un microscopio óptico equipado con iluminación incidente, permitiendo la observación de las propiedades reflectivas de los minerales, tales como el lustre, la reflectancia, y la anisotropía. El estudio con luz reflejada es fundamental para determinar la composición mineralógica y las texturas de los minerales en muestras geológicas, especialmente útil en la identificación de menas minerales. (17)

1.11.3. Preparación de muestras

La preparación de muestras es fundamental para asegurar la correcta identificación mineralógica y textural de las rocas y minerales. Este proceso incluye la selección de una porción representativa de la muestra, seguida de su corte y pulido. Para secciones delgadas, el objetivo es obtener un espesor uniforme de aproximadamente 30 micras, lo cual permite la transmisión de luz para la identificación de minerales transparentes bajo un microscopio de polarización. Por otro lado, las muestras opacas, como los sulfuros, requieren un pulido adecuado para ser observadas mediante luz reflejada.

Secciones delgadas

Las secciones delgadas, utilizadas principalmente para la observación de minerales en luz transmitida, permiten examinar la textura, paragénesis y alteraciones mineralógicas dentro de una muestra. Este tipo de preparación se utiliza extensamente en petrología y mineralogía para identificar minerales individuales y sus relaciones texturales dentro de las rocas. (18)

Secciones pulidas

Las secciones pulidas son utilizadas para estudiar minerales opacos, como los sulfuros y óxidos, que no permiten el paso de la luz. Este tipo de preparación es esencial para el análisis de menas y otros minerales metálicos, ya que facilita la observación de su textura, grado de liberación y la composición de los granos minerales. (18)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

1.1. Métodos y alcance de la investigación

Tipo de investigación

El método general de la investigación es cualitativo con un alcance exploratorio. El estudio se centra en la caracterización de la paragénesis de las muestras obtenidas del yacimiento ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima. Esta metodología se enfoca en la recolección y análisis de datos cualitativos para identificar el potencial mineralógico y económico del yacimiento, explorando aspectos como la composición mineralógica, las asociaciones minerales y el grado de alteración.

El enfoque cualitativo, con alcance exploratorio, es adecuado para investigaciones geológicas preliminares como se aplicó en este trabajo, donde la información existente es limitada o no está completamente caracterizada. A través de este análisis detallado de las muestras y su paragénesis, se busca generar nuevas hipótesis que puedan guiar investigaciones futuras y proporcionar una comprensión más profunda sobre el potencial del yacimiento.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es exploratorio, esto implica que estamos ante una investigación analítico - descriptivo. Este tipo de alcance describe la información sobre las muestras recolectadas.

1.2. Diseño de la investigación

No experimental - Longitudinal

El presente diseño de investigación es de tipo no experimental y longitudinal. Se basa en la observación y análisis de muestras recolectadas del yacimiento ubicado en la zona limítrofe entre las regiones de Huancavelica, Junín y Lima, sin manipulación intencional de las variables geológicas. A lo largo del estudio, se aplicaron técnicas como la microscopía óptica en secciones pulidas y delgadas, así como la identificación de la mineralogía de las rocas de los depósitos en capas rojas obtenidas durante el viaje de investigación.

Este diseño longitudinal permite un análisis continuo de las características geológicas a través del tiempo, proporcionando información detallada sobre la paragénesis mineral y la evolución del depósito. Al observar los cambios en las variables geológicas y su relación con la formación de depósitos minerales, se podrán establecer correlaciones significativas que ayuden a comprender los procesos geológicos en el yacimiento.

La investigación se centró en la recopilación y análisis sistemático de datos geológicos sin intervenir en el entorno natural, empleando técnicas precisas y objetivas para garantizar la fiabilidad de los resultados. Los métodos incluyen análisis geoquímicos, estudios mineralógicos y mapeo geológico detallado, con el fin de proporcionar una base sólida para la interpretación de la evolución geológica y la evaluación del potencial económico del yacimiento.

1.3. Población y muestra

Población

La población está determinada por todos los yacimientos minerales presentes en la zona geográfica de Tipicocha, Junín. Esto incluiría todos los depósitos minerales conocidos y potenciales dentro de esa área específica. La población se limita a esta ubicación geográfica particular y las características geológicas asociadas a ella.

Muestra

La muestra es una selección representativa de yacimientos minerales dentro de Tipicocha, Junín. Esta muestra se eligió cuidadosamente para reflejar la diversidad geológica de la región y capturar diferentes tipos de depósitos minerales presentes en el área. La muestra permitirá a los investigadores realizar estudios detallados, análisis y evaluaciones geológicas en una muestra específica de yacimientos, con el objetivo de obtener conclusiones que puedan aplicarse a la población más amplia de yacimientos en Tipicocha, Junín.

1.4. Métodos e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos y métodos aseguran la precisión y fiabilidad de los datos geológicos recogidos, fundamentales para la toma de decisiones en la exploración de yacimientos minerales. Ayudan a optimizar la exploración al identificar áreas prioritarias y minimizar el impacto ambiental al evitar exploraciones innecesarias. Proporcionan una base científica sólida para entender la geología local, mejorar la proyección del potencial minero y apoyar la planificación de la gestión ambiental.

Estas técnicas e instrumentos forman parte de un enfoque integral para la recolección de datos geológicos en estudios de yacimientos minerales en Tipicocha, Junín, Perú, asegurando que los resultados obtenidos sean robustos y aplicables en la industria minera y la gestión de recursos.

1.4.1. Muestreo geológico

En un estudio geológico de yacimientos minerales en Tipicocha, Junín, Perú, se utilizan diversas técnicas especializadas para la recolección de datos. Estas técnicas están diseñadas para obtener información detallada y precisa sobre la geología local, la mineralización y otros aspectos relevantes para la exploración y evaluación de recursos minerales.

Muestreo geológico: Implica la recolección de muestras representativas de rocas y minerales en diferentes puntos estratégicos de la zona de estudio. Las técnicas mencionadas permiten obtener datos detallados y precisos sobre la geología y la mineralización en Tipicocha, Junín, fundamentales para la evaluación de recursos minerales.

En la concesión minera La Chonguinita el muestreo se centró en el estudio de las rocas de forma superficial que se extrajeron de diferentes zonas para el posterior estudio mineragráfico. (Ver anexos 3 y 4)

1.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos

Para realizar un **estudio mineragráfico** en un yacimiento, se utilizan varios instrumentos y herramientas especializadas que permiten observar y analizar las características de los minerales presentes en las muestras. Algunos de los instrumentos más comunes son:

- Cámara
- Picota
- Bolsas de muestreo
- Brújula
- GPS
- Microscopio de polarización
- Prensas y equipos de corte
- Maquinas devastadoras y pulidoras
- Abrasivos adiamantados para desgaste de muestras
- Pegamentos y resina
- Cemento termoplástico
- Ácido clorhídrico
- Laptop

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADO

4.1. Análisis minerográfico de muestras pulidas

4.1.1 Primera muestra

Fotografía de la muestra en el anexo 05.

- **Mineralogía**

Los minerales que integran la muestra son los siguientes: Pirita, esfalerita, galena, tetraedrita y calcopirita.

- **Descripción microscópica**

Pirita (FeS₂)

Con formas variables de euhedrales a anhedrales se encuentran ubicadas en los intersticios de las gangas, donde, por sectores, se hallan reemplazadas por las esfaleritas, galenas y tetraedritas, dichos reemplazamiento es de grado incipiente a intenso, por este motivo dentro de la galena y esfalerita se observan remanentes de piritas; sus tamaños son menores de 0.33 mm de longitud; en algunos sectores están algo aglomerados y en este caso sus tamaños llegan tener hasta 0.43 mm de longitud.

Esfalerita (ZnS)

Este mineral, como agregado microgranulares, mayormente, están dentro de los intersticios de las gangas; sus playas llegan tener hasta 4.00 mm de longitud; consecuencia de haber reemplazado a las piritas, muestran a este mineral en forma de diminutos cristales dentro de sus playas; a partir de sus oquedades, intersticios y fracturas están parcialmente reemplazadas por la galena y por la tetraedrita y de ese modo, en conjunto rellenan los intersticios de las gangas.

Calcopirita (CuFeS₂)

Diminutos cristales de calcopirita están en exsolución en la esfalerita, muestran tamaños menores de 0.020 mm de longitud; esto será problema metalúrgico en la recuperación del cobre y del zinc.

Galena (PbS)

Este mineral, semejante a la esfalerita están conformando playas continuas que rellenan los intersticios de las gangas; de ese modo sus tamaños son

menores de 2.10 mm de longitud; y han reemplazado en grado moderado a intenso a las piritas, esfaleritas, y también a las tetraedritas. Son bastante visibles por sus clivajes muy característicos en forma de pits triangulares.

Tetraedrita (Cu₁₂Sb₄S₁₃)

Asociadas a las galenas se encuentran ubicadas en los intersticios de las gangas, a partir de las cuales han reemplazado a la misma galena y también a las esfalerita y piritas; sus tamaños son menores de 0.57 mm de longitud. Algunos cristales presentan remanentes de piritas dentro de sus playas, esas piritas llegan a tener tamaños menores de 0.015 mm de longitud.

- **Distribución volumétrica porcentual**

Tabla 4. *Distribución volumétrica de la muestra 1.*

MINERALES	FÓRMULAS	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita	FeS ₂	1.91	-
Esfalerita	ZnS	16.00	-
Galena	PbS	11.80	-
Tetraedrita	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	0.30	-
Calcopirita	CuFeS ₂	0.05	-
Gangas	-	69.94	-
TOTAL		100.00	

- **Textura**

De reemplazamiento y relleno de espacios vacíos.

- **Paragénesis**

A.- Depositación hipógena de los minerales

1. Pirita

2. Esfalerita – calcopirita

3. Tetraedrita

4. Galena

- **Observaciones**

En esta muestra en su sección pulida, macroscópicamente, se puede apreciar la distribución espacial de los minerales metálicos, es decir que se hallan dentro de los intersticios de las gangas.

- **Fotomicrografías**

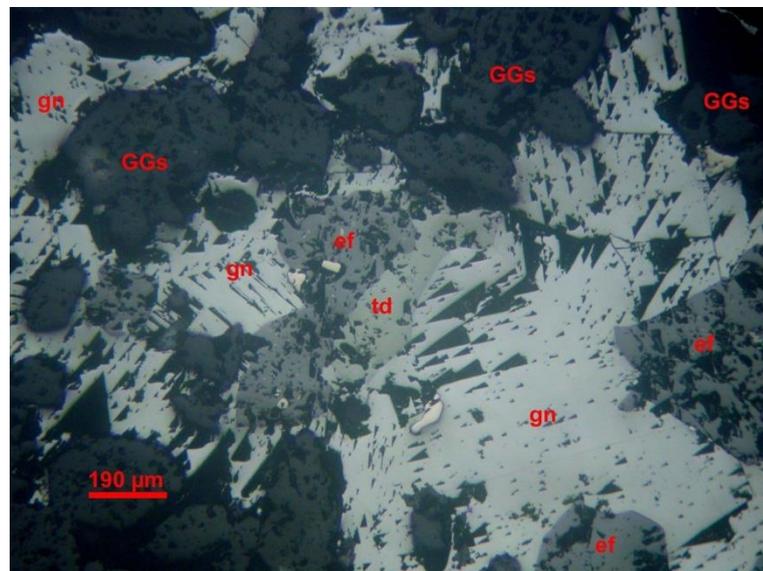


Figura 4. Pirita (py), esfalerita (ef) y tetraedrita (td) fuertemente reemplazadas por la galena (gn). En conjunto se encuentran como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 100X.

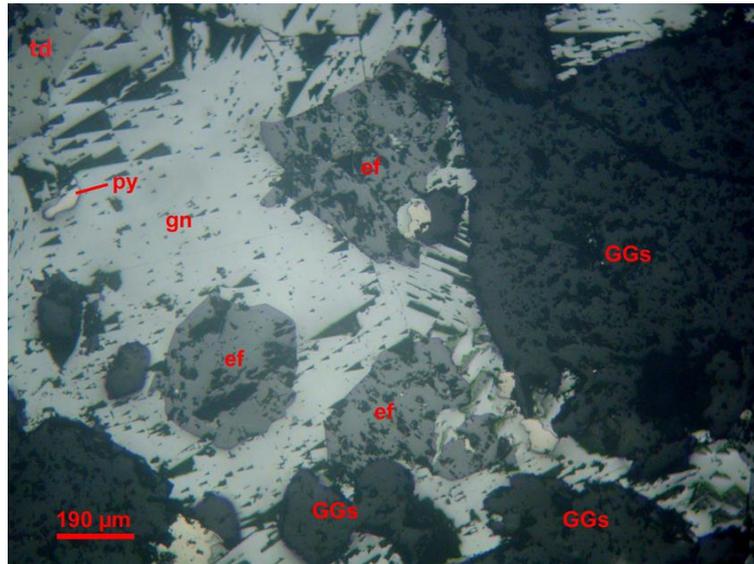


Figura 5. Playa irregular y amplia de galena (gn) ha englobado y reemplazado a la esfalerita (ef) y a la tetraedrita (td); ellos están en los intersticios de las gangas (GGs). 100X.

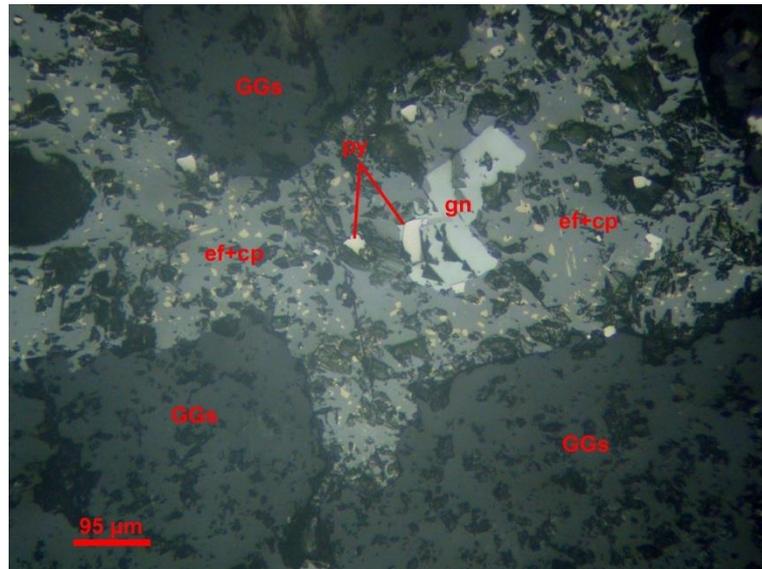


Figura 6. Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) que se exhibe como gotas de lluvia, ha reemplazado intensamente a la pirita (py), presenta oquedades y algunas de ellas están rellenas por la galena (gn); nótese que el conjunto está en los intersticios de las gangas (GGs). 200X.

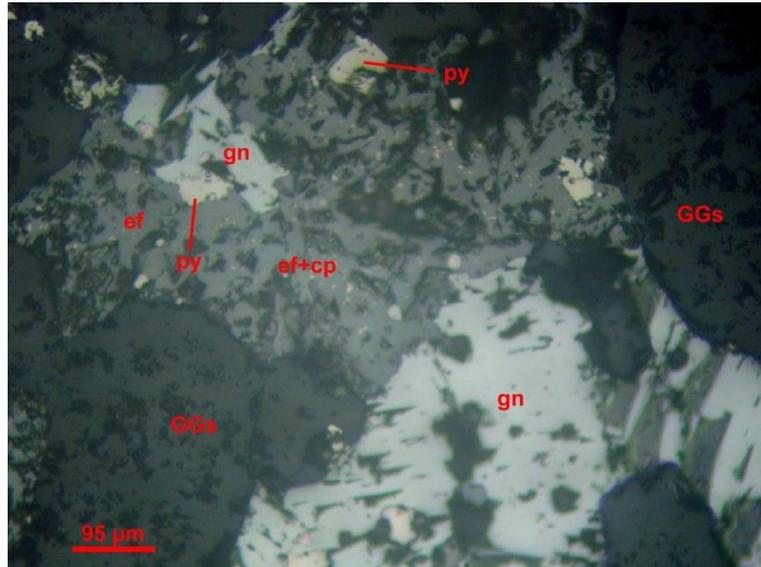


Figura 7. Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) reemplazada por la galena (gn), muestra reemplazamiento intenso hacia la pirita (py), la cual ha quedado en forma de remanentes; como se observa todo el conjunto está dentro de los intersticios de las gangas (GGs). 200X.

4.1.2. Segunda muestra

Fotografía de la muestra en el anexo 06.

- Mineralogía

Los minerales que integran esta muestra son los siguientes: Pirita, esfalerita, galena, tetraedrita y calcopirita.

- Descripción microscópica

Tetraedrita (Cu₁₂Sb₄S₁₃)

Los cristales de tetraedrita, que exhiben formas anhedrales, se encuentran comúnmente asociados con esfaleritas y piritas, las cuales han sido reemplazadas en un grado que varía de moderado a significativo. Estos cristales se localizan en los intersticios de las gangas y, en algunos casos, aparecen como islas dentro de los cristales de galena, tras haber sido desplazados por este mineral. En cuanto a sus dimensiones, los cristales de tetraedrita generalmente presentan longitudes inferiores a 0.12 mm.

Pirita (FeS₂)

Los cristales presentan formas que oscilan entre euhedrales y anhedrales, con longitudes generalmente inferiores a 0.40 mm. Cuando forman agregados microgranulares, pueden alcanzar longitudes de hasta 1.00 mm, localizándose en los intersticios de las gangas. Además, en su forma de diminutos cristales, se encuentran dentro de algunos agregados de galena y esfalerita, lo que sucede tras haber sido reemplazados por estos minerales.

Esfalerita (ZnS)

Estos minerales se encuentran distribuidos de manera extensa en los intersticios de las gangas, lo que contribuye a su predominante forma anhedral. Su tamaño suele ser inferior a 0.70 mm de longitud, y cuando se presentan en forma de agregados, pueden formar playas irregulares que alcanzan longitudes de hasta 1.50 mm. En algunas áreas, se observa que han reemplazado parcialmente a las piritas, mostrando un grado de reemplazo que varía desde incipiente hasta fuerte, lo que ha llevado a su inclusión dentro de las piritas.

Calcopirita (CuFeS₂)

Este mineral se encuentra en exsolución en algunas esfaleritas, por este motivo por sectores se observan con concentraciones de microcristales de calcopirita dentro de las playas de la esfalerita, donde aparecen como gotas de lluvia; sus formas son anhedrales y con tamaños menores de 0.020 mm de longitud.

Boulangerita (Pb₅Sb₄S₁₁)

En el orden de trazas, se hallan asociadas a las tetraedritas y a las galenas, con ambos minerales ocurren con cierta apariencia de estar intercrecidos, pero no es así, con la tetraedrita está como anillo entrecortado, mientras que con la galena, aparece como remanente después de haber reemplazado por este mineral; sus formas son anhedrales; tienen tamaños menores de 0.040 mm de longitud.

Galena (PbS)

Este mineral, al igual que otros presentes en la muestra, se encuentra ubicado en los intersticios de las gangas, donde ha reemplazado e incluido tanto a las

piritas como a las esfaleritas. Se distingue por sus típicas maclas, que presentan características de pits triangulares. En ciertas áreas, este mineral actúa como relleno en algunas oquedades de las piritas y esfaleritas, manifestándose en forma de granos diminutos. Esta particularidad puede generar desafíos metalúrgicos durante el proceso de recuperación de los metales.

- **Distribución volumétrica porcentual**

Tabla 4.2 *Distribución volumétrica de la muestra 2.*

MINERALES	FORMULA	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita	FeS ₂	10.60	-
Esfalerita	-	12.70	-
Galena	-	6.80	-
Tetraedrita	-	0.30	-
Calcopirita	-	0.51	-
Boulangerita	-	Trz	-
Gangas	-	69.09	-
TOTAL		100.00	

- **Textura**

Relleno de espacios vacíos y de reemplazamiento.

- **Paragénesis**

A.- Depositación hipógena de los minerales:

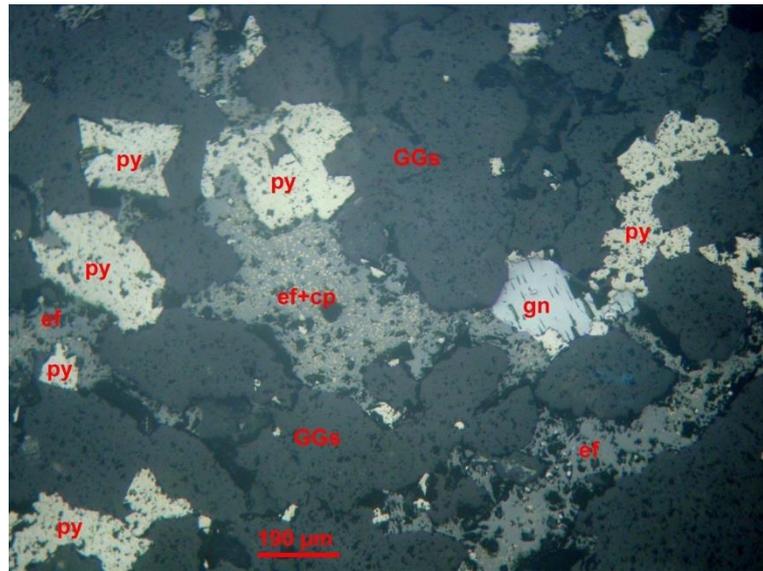
1. Pirita
2. Esfalerita – calcopirita
3. Tetraedrita
4. Boulangerita

5. Galena.

- Observaciones

Macroscópicamente en sección pulida se observan la distribución intersticial de los minerales descritos, pero en un porcentaje menor están como relleno de microfracturas.

- Fotomicrografías



Figuras 8. Esfalerita con exsoluciones de calcopirita (ef+cp) reemplazada por la galena (gn) y a su vez reemplaza a la pirita (py); la galena (gn) reemplaza también a la pirita (py); están como relleno de los intersticios de la ganga (GGs). 100X.

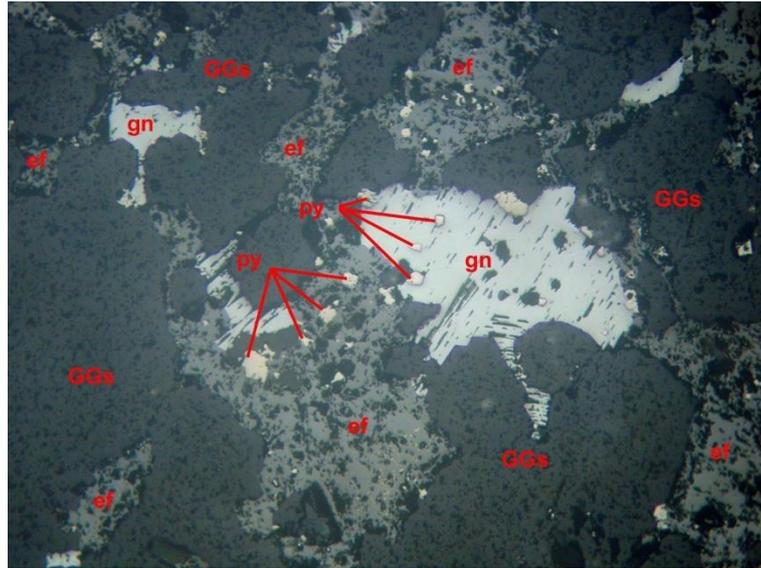


Figura 9. Esfalerita (ef) y galena (gn) han reemplazado fuertemente a la pirita (py), la cual ha quedado como remanente; están como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 200X.

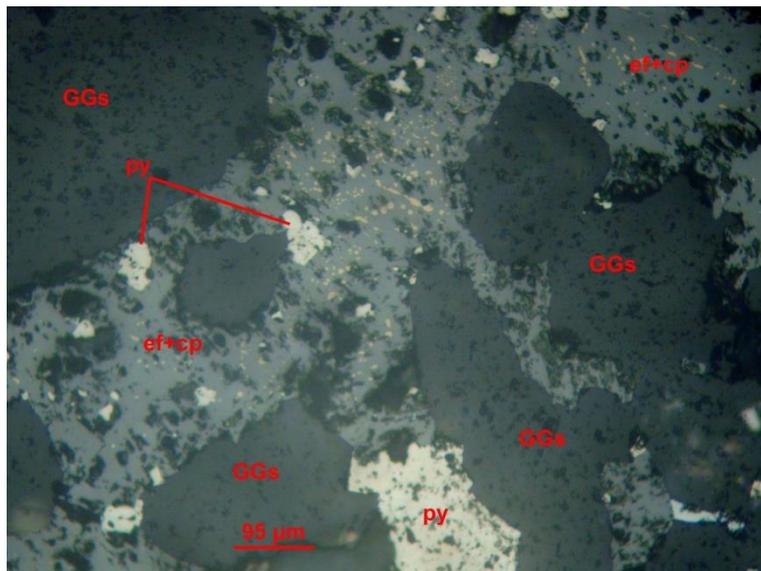


Figura. 10. Pirita (py) intensamente reemplazada por la esfalerita con exsoluciones de calcopirita (ef+cp), se encuentran como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 200X

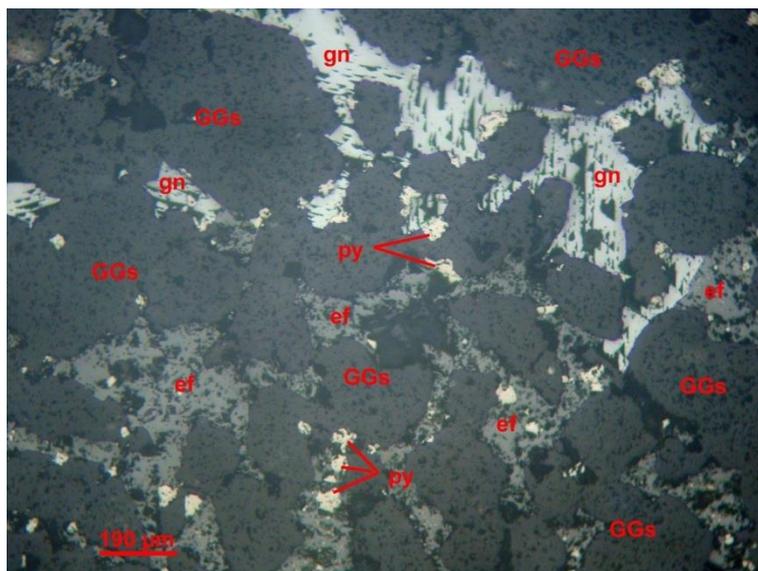


Figura 11. Asociación de pirita (py), esfalerita (ef) y galena (gn) ubicados en los intersticios de las gangas (GGs). 100X.

4.1.3. Tercera muestra

Fotografía de la muestra en el anexo 07.

- Mineralogía

Los minerales determinados en esta muestra son los siguientes: Pirita, esfalerita, calcopirita, galena y tetraedrita.

- Descripción microscópica

Esfalerita (ZnS)

Presenta dos poblaciones, una de ellas es la que muestra reflexiones internas de color blanco, blanco-amarillento hasta amarillo ligeramente parduzco y no presenta exsoluciones de calcopirita; mientras la otra presenta reflexiones internas de color rojo parduzco claro hasta rojo pardo oscuro casi rojizo, esta última población corresponde a la de la primera generación, presenta exsolución de calcopirita; las esfalerita están localizadas en las hendiduras de las gangas, de ese modo exhiben playas amplias irregulares, los que como agregados granulares llegan a tener hasta 6.80 mm de longitud.

Calcopirita (CuFeS₂)

Se encuentra en exsolución en la esfalerita de primera generación, es decir, aquellas que presentan reflexiones internas pardo rojizas; la distribución de

estas exsoluciones es semejante a las gotas de lluvia, presentándose en mayor concentración en ciertos sectores; sus tamaños son menores de 0.020 mm de longitud.

Pirita (FeS_2)

Tienen formas que van desde euhedrales a anhedrales y con tamaños menores de 0.90 mm. de longitud; pero cuando en forma de microgranos aglomerados llegan a tener hasta 2.20 mm de longitud; ubicados en las hendiduras de las gangas se encuentran en parte englobados y reemplazados por la esfalerita y por la galena, en otros sectores el reemplazamiento lo ha hecho en grado moderado, por esto se observan piritas en forma de microislas dentro de estos minerales.

Galena (PbS)

Mayormente caracterizada por sus clivajes típicos de pits triangulares, están ubicados en la oquedad de las gangas, donde han suprapuesto a las esfaleritas y piritas, lo cual acontece en grado incipiente a intenso, sus tamaños son menores de 1.30 mm de longitud; cuando se hallan en forma de agregados microgranulares llegan tener hasta 4.90 mm de longitud, de ese modo son apreciados en forma de cadenas ligeramente interrumpidas por sectores.

Tetraedrita ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$)

Tienen formas anhedrales están ubicados entre los contactos de la ganga con la esfalerita, en los contactos de la esfalerita con la pirita, y además se hallan como relleno de las fracturas de la pirita; sus tamaños son menores de 1.30 mm de longitud. Hay sectores donde se muestran como remanentes dentro de las galenas, esto es como remanentes después de haber sido reemplazado por éste. Como relleno de algunos interludios de la esfalerita, en ciertas zonas de la muestra, se hallan finamente reemplazadas por la galena.

Arsenopirita (FeAs_2)

Se presentan con formas que son de euhedrales a anhedrales y con tamaños menores de 0.080 mm. de longitud, están muy dispersos en la muestra, en algunos sectores son observados como relleno de algunas oquedades y

fracturas de las gangas, en otros están dentro de la galena en contacto con la esfalerita, en este caso han comprimido y alterado a la pirita. En algunas playas de la esfalerita, con distribución muy dispersa, son observadas diminutos cristales de arsenopirita.

- **Distribución volumétrica porcentual**

Tabla 4. *Distribución volumétrica de la muestra 3.*

MINERALES	FORMULAS	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita	FeS ₂	3.00	-
Arsenopirita	FeAsS	Trz	-
Esfalerita	ZnS	41.47	-
Calcopirita	CuFeS ₂	0.50	-
Tetraedrita	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	0.03	-
Galena	PbS	25.00	-
Gangas	-	30.00	-
TOTAL	-	-	-

- **Textura**

Relleno de espacios vacíos y de reemplazamiento

- **Paragénesis**

A.- Depositación hipógena de los minerales

1. Pirita
2. Arsenopirita
3. Esfalerita I – calcopirita
4. Tetraedrita
5. Esfalerita II

6. Galena

- Observaciones

Macroscópicamente la muestra en sección pulida, exhibe a los minerales opacos en los intersticios de las gangas, dentro de los cuales la esfalerita es el mineral predominante.

- Fotomicrografías

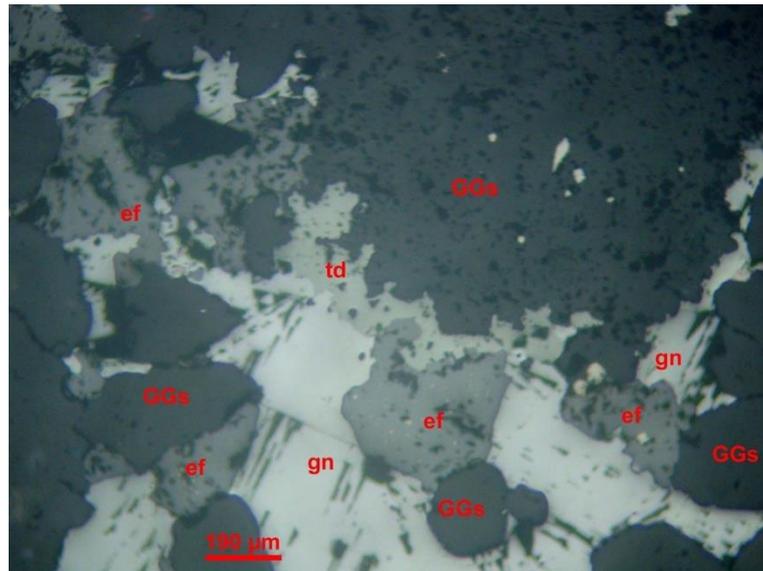


Figura.9. Galena (gn) en forma de playas irregulares y amplias han reemplazado a la esfalerita (ef) y a la tetraedrita (td), están como relleno de los intersticios de las gangas (GGs). 100X.

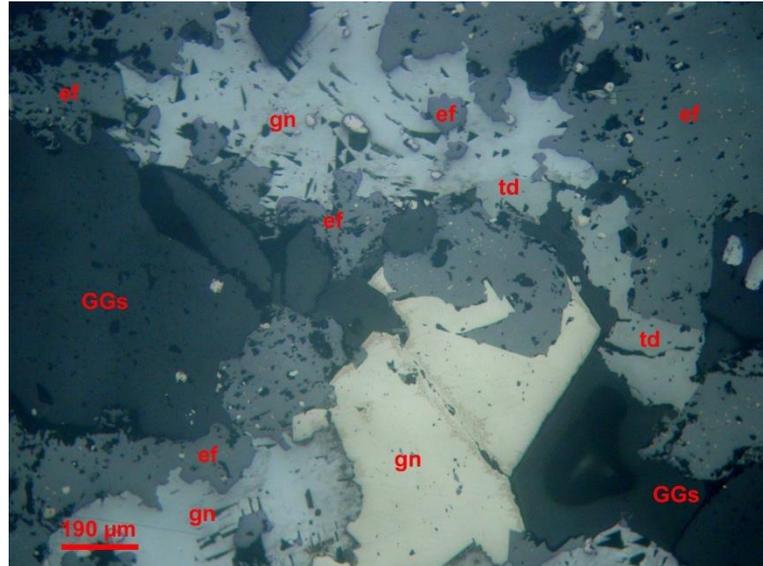


Figura 10. Pirita (py) subhedral y anhedral se encuentra rodeada y reemplazada por la esfalerita (ef), galena (gn) y tetradrita (td); se nota también que la tetradrita (td) ha reemplazado a la esfalerita (ef), mientras que la galena (gn) lo hace también con la esfalerita (ef). 100X.

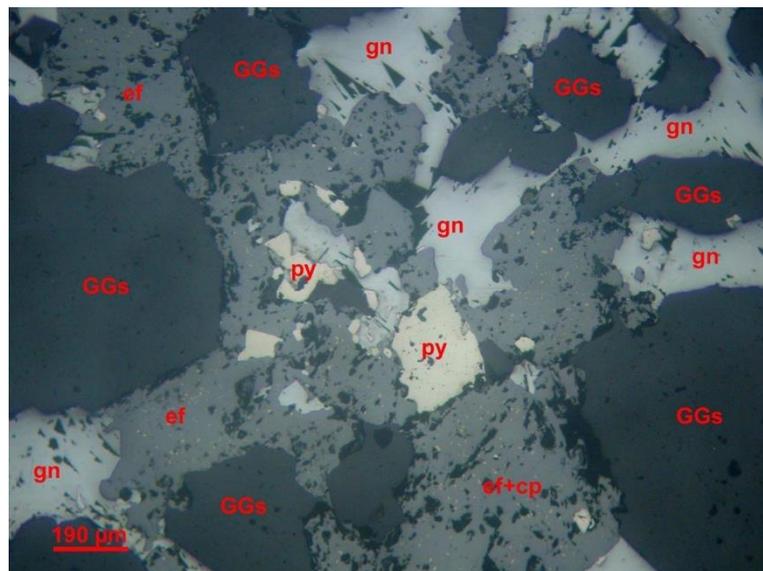


Figura 11. Piritas (py) reemplazadas por la esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) y por la galena (gn; están en los intersticios de las gangas (GGs)). 100X.

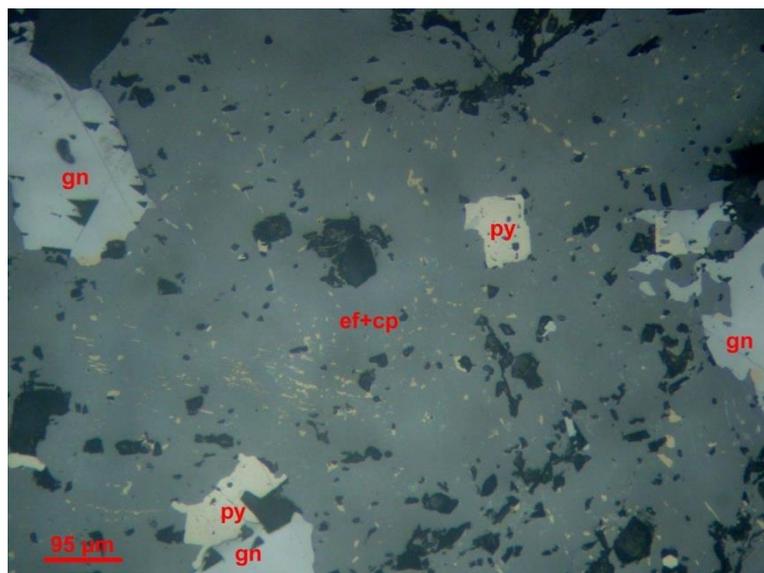


Figura 12 Esfalerita con exsolución de calcopirita (ef+cp) ha reemplazado aintensamente a la pirita (py), pero muestra oquedades rellenas por la galena (gn). 200X.

4.1.4. Cuarta muestra

Fotografía de la muestra en el Anexo 08.

- Mineralogía

Los minerales que se observan en esta muestra son los siguientes: Hematita, goethita, crisocola y malaquita.

- Descripción microscópica

Hematita (Fe_2O_3)

Es el producto de la alteración, posiblemente de las piritas, se supone esta afirmación porque algunas de las hematitas aún presentan los moldes de las piritas, es decir, formas cúbicas; sus formas mayormente sob subhedrales aanhedrales y con tamaños menores de 0.160 mm. de longitud, la mayoría de las hematitas están dispersos en los clastos de las pseudobrechas.

Goethita ($\text{FeO} \cdot \text{OH}$)

Este mineral, mayormente se encuentra como agregados coliformes, las que están dentro de las áreas intermedias de los clastos de pesudobrechas, pero también están en los bordes de las pseudobrechas; por sectores son observados como cordones entrecruzados. En los pseudoclastos de brecha se encuentran diseminados, por este motivo esos clastos están coloreados.

Crisocola ((Cu,Al)₄H₄ (OH)₈ Si₄O₁₀·nH₂)

Como playas irregulares están ubicadas en los espacios intraclastos, es decir, entre los clastos de pseudobrechas.

Malaquita (CuCO₃·nH₂O)

Se encuentra asociado a la crisocola, habiéndose ubicado en los bordes de éstas; sus hábitos también son algo coliformes.

- Distribución volumétrica porcentual

Tabla 4 *Distribución volumétrica de la muestra 4.*

MINERALES	FÓRMULAS	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Hematita	Fe ₂ O ₃	-	0.50
Goethita	FeO.OH	-	3.50
Crisocola	((Cu,Al) ₄ H ₄ (OH) ₈ Si ₄ O ₁₀ ·nH ₂)	-	8.00
Malaquita	CuCO ₃ ·nH ₂ O	-	2.00
Gangas	-	86.00	-
TOTAL		100.00	

- Textura

Relleno de espacios vacíos y de reemplazamiento.

- Paragénesis

A.- Depositación supérgena de los minerales:

1. Hematita

2. Crisocola

3. Malaquita

4. Goethita

- Observaciones

Macroscópicamente las crisocolas y malaquitas están entre las microfracturas, es decir rodean a los microclastos o pseudoclastos de brecha.

- Fotomicrografías



Figura.13. Escasos cristales subhedrales de hematita (hm); hacia la parte inferior derecha se halla la venilla con relleno de crisocola (crc) y ribetes de goethita (gt); en la ganga se halla disperso las partículas finas de goethita (GGs+gt). 100X.

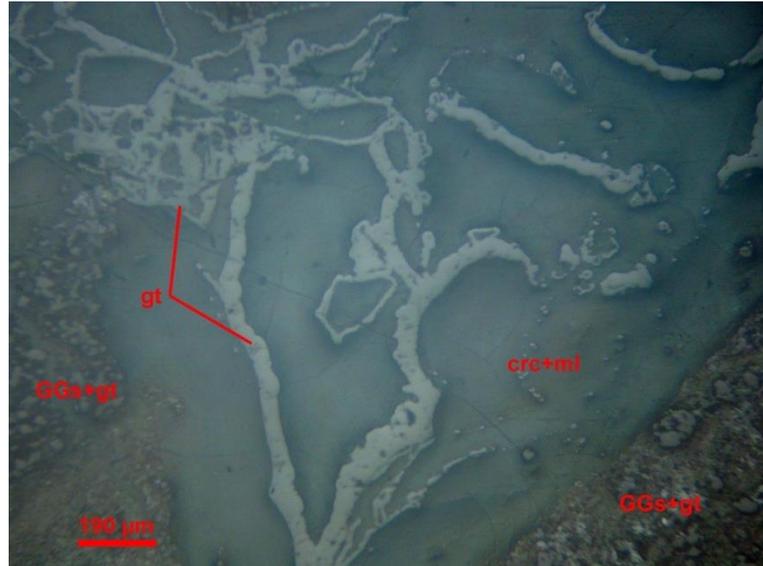


Figura 14. Venillas de goethita (gt) como cordones con textura coloforme, están dentro de la venilla rellena por la crisocola con malaquita (crc+ml); estas venillas rodean a los clastos de pseudobrecha integrada por las gangas y goethita (GGs+gt). 100X.



Figura.15. Observación hecha en nicols cruzados para intensificar la presencia de la crisocola asociada a la malaquita (crc+ml). 100X.



Figura 16. Observación hecha en nicols cruzados, con la venillas de crisocola y malaquita (crc+ml). 100X.

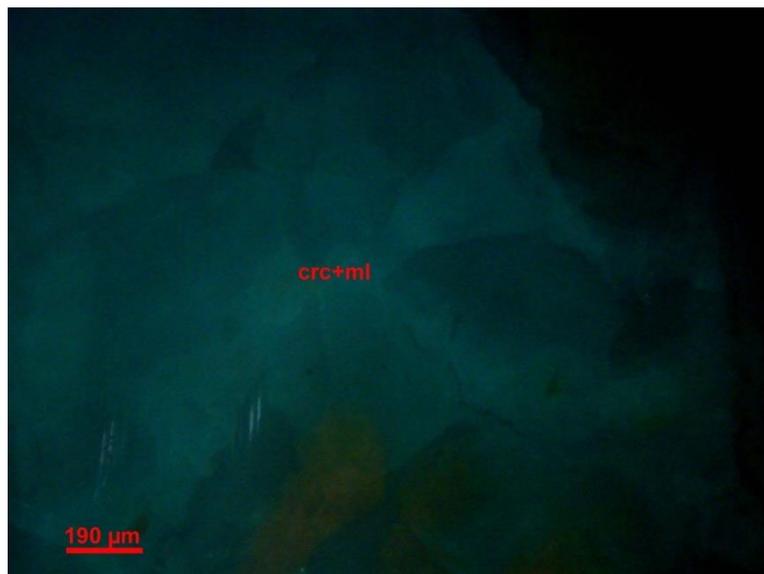


Figura 17. Observación hecha en nicols cruzados, con la venilla amplia de crisocola y malaquita (crc+ml) asociados. 100X.

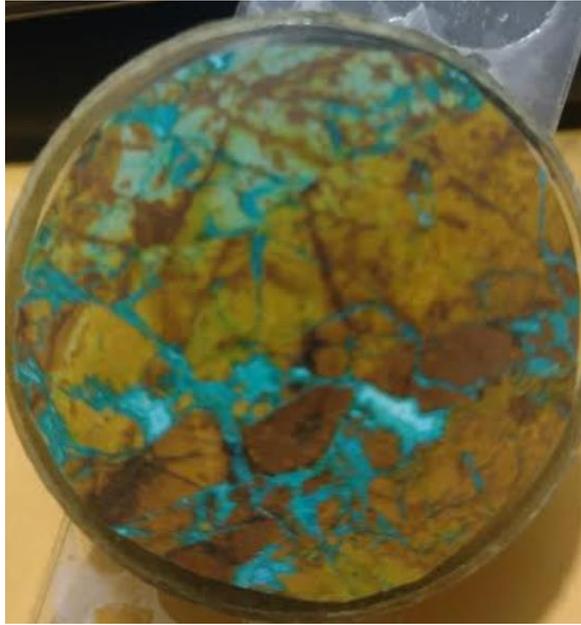


Figura 18. Observación macroscópica, donde se aprecia a la briqueta pulida con los clastos de las pseudobrecha, en cuyas microfracturas se hallan rellenas la crisocola asociada con la malaquita, y en los clastos están mayormente la hematita y la goethita.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis minerográfico de las cuatro muestras estudiadas permitió determinar la composición mineralógica y las texturas asociadas a los minerales metálicos presentes en el yacimiento. Los resultados obtenidos proporcionan una comprensión clara de la distribución de los minerales hipógenos y supergénicos, lo cual tiene implicaciones relevantes para el potencial económico y las futuras etapas de exploración y explotación minera.

1. **Primera muestra:** Se identificaron principalmente minerales hipógenos, como la pirita, esfalerita, galena, tetraedrita y calcopirita, con una textura de reemplazamiento y relleno de espacios vacíos. La presencia predominante de esfalerita (16%) y galena (11.8%) sugiere que el zinc y el plomo son los metales de mayor interés en esta muestra, aunque la calcopirita y la tetraedrita también representan una fuente potencial de cobre. La interacción entre los minerales, como la exsolución de la calcopirita en la esfalerita, presenta desafíos metalúrgicos, especialmente en la recuperación de cobre y zinc.
2. **Segunda muestra:** Al igual que en la primera muestra, se encontraron minerales hipógenos, con una distribución predominante de esfalerita (12.7%) y galena (6.8%). La aparición de boulangerita como traza destaca la posible presencia de antimonio, lo que añade complejidad al proceso metalúrgico, ya que la recuperación de metales como el cobre y el plomo podría verse afectada. La textura observada también es de reemplazamiento y relleno de espacios vacíos, lo que refuerza la idea de que los procesos hidrotermales desempeñaron un papel importante en la formación de estos minerales.
3. **Tercera muestra:** Esta muestra se caracteriza por una abundancia significativa de esfalerita (41.47%) y galena (25%), lo que sugiere una mayor concentración de zinc y plomo en esta porción del yacimiento. La presencia de arsenopirita, aunque en trazas, indica la posible asociación con depósitos de oro, lo que podría aumentar el valor económico de la explotación. La relación entre esfalerita y calcopirita, observada mediante exsoluciones, sigue siendo un factor crítico para las operaciones metalúrgicas, debido a las dificultades en la separación de estos minerales.

4. **Cuarta muestra:** A diferencia de las otras muestras, esta muestra contiene principalmente minerales supergénicos, como hematita, goethita, crisocola y malaquita. Estos minerales sugieren que la zona ha sido sometida a procesos de oxidación, lo que podría estar relacionado con la alteración de minerales primarios, como la pirita. La presencia de crisocola y malaquita indica que el cobre está presente en forma oxidada, lo que podría facilitar su extracción en comparación con los sulfuros. La alta proporción de ganga (86%) también destaca el desafío de la concentración de minerales valiosos en esta muestra.

En conjunto, los resultados de este estudio indican que el yacimiento presenta un alto potencial para la explotación de zinc y plomo, con una menor pero significativa presencia de cobre. Los desafíos metalúrgicos, como la exsolución de calcopirita en esfalerita y la presencia de trazas de antimonio y arsénico, deberán ser abordados en etapas posteriores de desarrollo. Asimismo, el descubrimiento de minerales supergénicos en la cuarta muestra sugiere que las zonas oxidadas del yacimiento podrían ofrecer oportunidades adicionales para la extracción de cobre en formas más accesibles.

Recomendaciones

- El descubrimiento de minerales supergénicos sugiere que las zonas oxidadas del yacimiento podrían tener un gran potencial para la extracción de cobre en formas más accesibles, como óxidos o carbonatos. Se recomienda realizar un estudio específico en estas zonas para evaluar el grado de oxidación y estimar el potencial de lixiviación de cobre, lo que podría complementar la explotación de zinc y plomo.
- Se sugiere profundizar en la caracterización mineralógica de las muestras, especialmente aquellas que presentan exsolución de calcopirita en esfalerita. Este estudio puede ayudar a definir las asociaciones minerales y la distribución de elementos traza como el antimonio y arsénico, lo que será crucial para planificar el procesamiento metalúrgico y optimizar la recuperación de zinc, plomo y cobre.
- Dado que se han identificado desafíos metalúrgicos como la presencia de calcopirita en esfalerita y trazas de elementos nocivos como antimonio y arsénico presentes en la boulangerita, se recomienda realizar pruebas metalúrgicas para estudiar la flotación diferencial de los minerales. Estas pruebas ayudarán a evaluar la eficiencia

de los métodos de procesamiento y a diseñar estrategias para manejar la presencia de estos elementos contaminantes.

- La creación de un modelo geoquímico y metalúrgico basado en los datos actuales te permitirá visualizar la distribución espacial de los diferentes minerales y predecir cómo podrían comportarse en las futuras etapas de explotación. Este modelo ayudará a optimizar el proceso de extracción y reducir costos.

- Por último, es fundamental realizar un estudio hidrogeológico que evalúe la presencia y comportamiento del agua en el yacimiento, ya que puede influir en la oxidación de los minerales y en los procesos de lixiviación. Asimismo, un estudio ambiental exhaustivo ayudará a prever los posibles impactos de la explotación y a implementar medidas de control para manejar residuos, emisiones de arsénico y otros elementos potencialmente dañinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

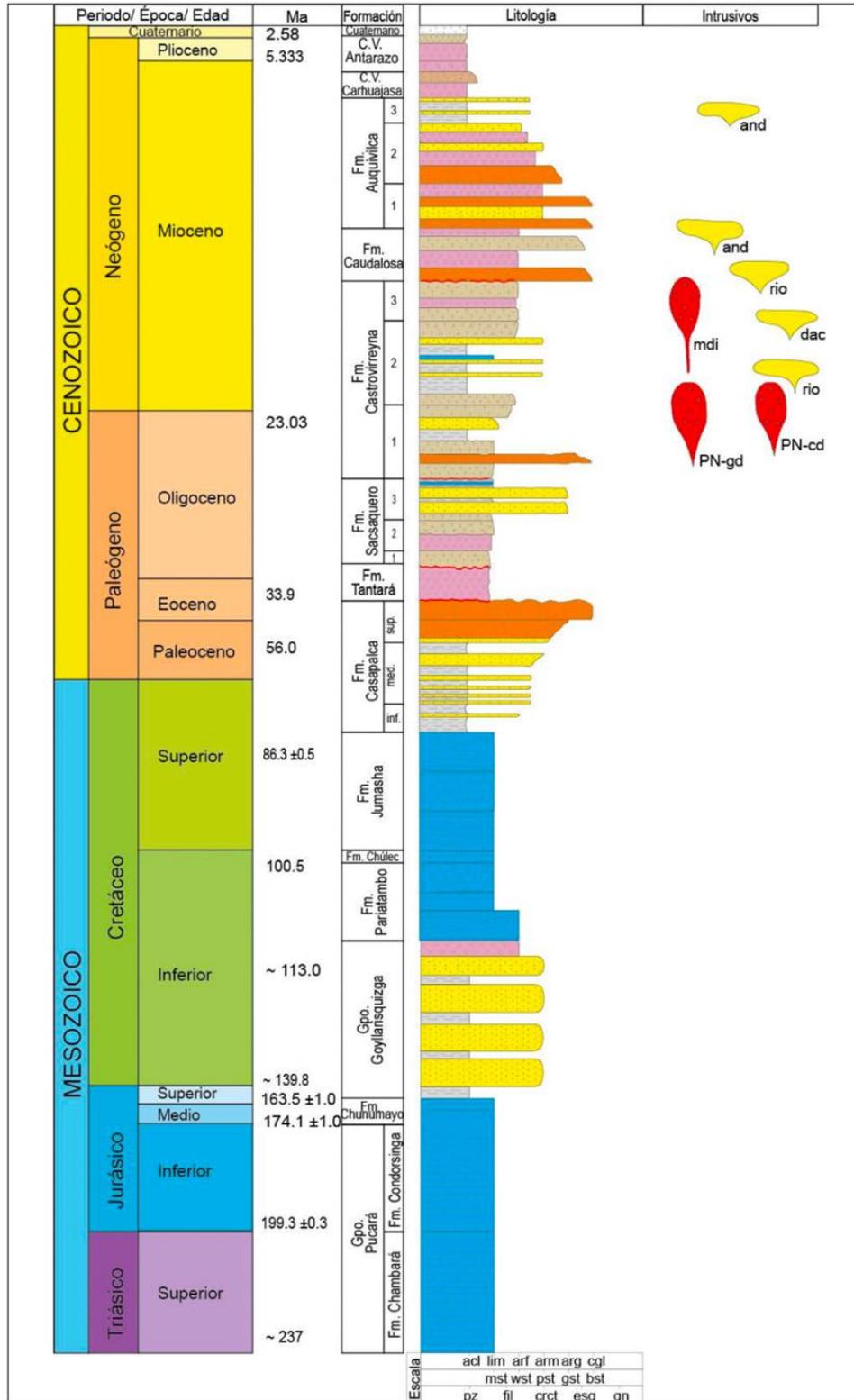
1. KARACIK, Z. Geological exploration and mineral potential assessment of the Kavak Ag-Pb-Zn deposit (eastern Turkey). *Journal of Geosciences and Mineral Research*, 2018, 12(4), 45-60.
2. MUHAMMAD, S. Geological exploration of the Lamabad iron ore deposit, Chilghazi, Kohat, Pakistan: A detailed study. *Pakistan Journal of Geology*, 2019, 14(2), 89-104.
3. MOOSAVIRAD, S.M. Geological and geochemical exploration of the Sangan iron ore deposit, NE Iran. *Iranian Journal of Earth Sciences*, 2015, 22(1), 33-48.
4. ALBINSON, T. Geological and geochemical study of the La Granja porphyry copper deposit, Peru. *South American Mining Journal*, 2016, 5(3), 112-128.
5. BARRIE, C.T. Geological and geochemical exploration of the Tambo Grande porphyry copper deposit, northern Peru. *Exploration Geology and Geochemistry*, 2018, 11(5), 95-110.
6. BAKER, T. Geological and geochemical study of the Alto Chicama porphyry copper-gold deposit, northern Peru. *Mineral Deposits Review*, 2017, 19(2), 62-80.
7. INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET). Mapa Geológico de la Región de Huancavelica. Escala 1:50.000, 2021.
8. NOBLE, D.C., MCKEE, E.H., & MOURIER, T. Cenozoic volcanic rocks of the central Andes: A review of geochronological data and the relationship of volcanism to tectonism. *Geological Society of America Bulletin*, 1979, 90, 286-300.
9. COBBING, E.J., & PITCHER, W.S. The Coastal Batholith of Peru: Geological and geochronological studies. *Journal of the Geological Society*, 1979, 136(6), 693-714.
10. INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO DEL PERÚ (INGEMMET). Estudio geológico del cuadrángulo de Huancavelica y zonas adyacentes. , 2000, Boletín L-34
11. NOLE, M. & OTERO, J. Geología de los cuadrángulos de Tupe (26l2, 26l3, 26l4) y Conayca (26m2, 26m3). INGEMMET, Boletín, Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1:50 000), 2021, 28, 78 p, 5 mapas.
12. RAMOS, W.; MARTÍN, W.; WALTER, P.; ANDIA, J. & TRINIDAD, I. Geología del cuadrángulo de Conayca (hoja 26m1). INGEMMET, Boletín, Serie L:

Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000), 2022, 43, 63 p., 1 mapa.

13. ORDOÑEZ, E. & NAVARRO, P. Geoformas y paisajes de bosques de rocas asociadas al volcanismo cenozoico en los Andes peruanos. En: 1 Simposio de Geoparques, Arequipa, 14 al 17 de julio 2015: Libro de resúmenes. 2015, Lima: INGEMMET, p.36-39
14. ANDIA AYMA, J., & VALDIVIA VERA, W. Sedimentología de la Formación Castrovirreyna en el cuadrángulo de Huancapi, Ayacucho. En Congreso Peruano de Geología, 18, Lima 16-19 Octubre 2016. Resúmenes (pp. 3). Sociedad Geológica del Perú.
15. SPEAR, F. S. Metamorphic Phase Equilibria and Pressure-Temperature-Time Paths. Mineralogical Society of America.1993.
16. NESSA, W. D. Introduction to Optical Mineralogy (4th ed.). Oxford University Press. 2012.
17. CRAIG, J. R., & VAUGHAN, D. J. Ore Microscopy and Ore Petrography. Wiley.1994.
18. VERNON, R. H. A Practical Guide to Rock Microstructure. Cambridge University Press. 2004.

ANEXOS

ANEXO 1: Columna estratigrafica de la Geologia Regional - Conayca



ANEXO 3: Zona de muestreo superficial con rocas visiblemente compuesta de minerales oxidados.



ANEXO 4: Zona de muestreo con rocas visiblemente compuestas de Crisocola.



ANEXO 5: Muestra 1



ANEXO 6: Muestra 2



ANEXO 7: Muestra 3



ANEXO 8: Muestra 4



ANEXO 9: Microscopio polarizante



ANEXO 10: Laboratorio de preparación de secciones delgadas y pulidas

