Estudio mineralógico y textual de la mineralización aplicando microscopia de luz reflejada en una concesión minera en la provincia de Huancavelica

por Corina Leidy Corina Leidy Arroyo Pariona

Fecha de entrega: 06-jun-2025 08:45a.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2693447393
Nombre del archivo: 2._Portada_de_propuesta_de_plan_de_tesis_Corina_Arroyo_2025.docx (18.63M)
Total de palabras: 7934
Total de caracteres: 47717

Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

TESIS

Estudio mineralógico y textual de la mineralización aplicando microscopia de luz reflejada en una concesión minera en la provincia de Huancavelica

Autor
Corina Leidy Arroyo Pariona

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo - Perú
2025

ASESORA

Ingeniera: Nelida Tantavilca Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Continental que me abrió las puertas para mostrar cómo es el mundo, para darnos cuenta de las diversas realidades de nuestra sociedad, me ha brindado muchas oportunidades para poder superarme como persona y estudiante. Agradezco principalmente a mis mamá, Antonia Pariona Magro, por guiarme por el buen camino y darme todo el soporte con amor y por estar siempre a mi lado, a mi padre, Rogger Arroyo Fierro, por enseñarme a ser fuerte y valiente, y a mi hermana, Karito Arroyo Pariona, que en vida me enseñó a ser una mejor persona cada día y desde el cielo me guía y abre los caminos correctos, gracias a mis docentes por la ayuda y educación, compañeros de la Universidad Continental y el apoyo de la ingeniera, Nelida Tantavilca Martinez, por el soporte brindado durante toda la investigación.

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios, gracias a él que he culminado mi carrera universitaria, a mis padres: Antonia Pariona Magro y Rogger Arroyo Fierro, a mi hermana Karito Pariona Magro ya que siempre me han apoyado incondicionalmente, así mismo agradezco a la Ing. Nelida Tantavilca Martinez, mi asesora, quien me apoyó y guió durante todo este tiempo, un agradecimiento a mis amigos y compañeros que formaron parte de nuestra vida universitaria e influyeron para cumplir mis objetivos.

ÍNDICE

CARÁTULA

AGRADECIMIENTO ____ **iii**

DEDICATORIA ____ **iv**

RESUMEN ____ **ix**

ABSTRACT ____ **x**

INTRODUCCIÓN ____ **xi**

CAPÍTULO I ____ **13**

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ____ **13**

1.1.Planteamiento del problema ____ **13**

1.2. Formulación del problema ____ 13

1.2.1. Problemas generales ____ 13

1.2.2. Problemas específicos ____ 13

1.3.Objetivos de la investigación ____ **13**

1.3.1.Objetivo general ____ 13

1.3.2.Objetivos específicos ____ 13

1.4. Justificación e importancia de la investigación ____ **13**

1.5. Hipótesis y descripción de variables ____ **14**

1.5.1. Hipótesis general ____ 14

1.5.2. Hipótesis específicas ____ 14

1.6. Identificación de variables ____ **14**

1.6.1. Variables independientes ____ 14

1.6.2. Variables dependientes ____ 14

1.7. Cuadro de de variables y operacionalización ____ **15**

CAPÍTULO II ____ **16**

MARCO TEÓRICO ____ **16**

2.1. Antecedentes del problema ____ **16**

2.1.1. Antecedentes internacionales ____ 16

2.1.2. Antecedentes nacionales ____ 16

2.1.3. Antecedentes locales ____ 17

2.2. Generalidades ____ **17**

2.2.1. Ubicación ____ 17

2.2.2. Geología ____ 17
2.2.2.1. Geología local ____ 17
2.3. Bases teóricas ____ 26
2.3.1. Microscopía óptica ____ 26
2.3.1.1. Reconocimiento de microspio polarizante ____ 26
2.3.2. Microscopía petrográfica ____ 26
2.3.3. Nicoles cruzados ____ 26
2.3.4. Nicoles paralelos ____ 27
2.3.5. Petrografía ____ 27
2.3.6. Caracterización química ____ 28
2.4. Definición de términos básicos ____ 28
CAPÍTULO III ____ 30
METODOLOGÍA ____ 30
3.1. Método y alcance de investigación ____ 30
3.1.1. Método de investigación ____ 30
3.1.2. Tipo de investigación ____ 30
3.2. Diseño de la investigación ____ 30
3.3. Población y muestra ____ 30
3.3.1. Población ____ 30
3.3.2. Muestra ____ 30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ____ 30
3.4.1. Técnicas ____ 30
3.4.2. Instrumentos ____ 31
CAPÍTULO IV ____ 32
ANÁLISIS DE RESULTADOS ____ 32
4.1. Muestras de secciones pulidas ____ 32
4.1.1. Muestra N°01 ____ 32
4.1.1.1. Mineralogía y textura ____ 32
4.1.1.2. Descripción microscópica ____ 32
4.1.1.3. Paragénesis ____ 32
4.1.1.4. Distribución volumétrica porcentual ____ 32
4.1.2. Muestra N°02 ____ 34
4.1.2.1. Mineralogía y textura ____ 34

4.1.2.2. Descripción microscópica ____ 34
4.1.2.3. Paragénesis ____ 35
4.1.2.4. Distribución volumétrica porcentual ____ 35
4.1.3. Muestra N°03 ____ 38
4.1.3.1. Mineralogía y textura ____ 38
4.1.3.2. Descripción microscópica ____ 38
4.1.3.3. Paragénesis ____ 39
4.1.3.4. Distribución volumétrica porcentual ____ 39
4.1.4. Muestra N°04 ____ 40
4.1.4.1. Mineralogía y textura ____ 40
4.1.4.2. Descripción microscópica ____ 41
4.1.4.3. Paragénesis ____ 42
4.1.4.4. Distribución volumétrica porcentual ____ 42
4.2. Análisis químico de la concesión minera en Huancavelica ____ 44
4.3. Discución de resultados ____ 45
CONCLUSIONES ____ 46
RECOMENDACIONES ____ 47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ____ 48
ANEXO 01 ____ 50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de variables y operacionalización _____15
Tabla 2. Coordenadas Geográficas-Conayca _____17
Tabla 2. Características en considerar _____21
Tabla 3. Características alteración de roca sedimentaria _____20
Tabla 4. Característica roca metamórfica_____22
Tabla 5. Características calcita_____23
Tabla 6. Características fosfato _____24
Tabla 7. Características limonita _____25
Tabla 8. Características nicoles paralelos _____27
Tabla 9. Características petrográficas _____27
Tabla 10. Distribución volumétrica porcentual muestra N°01_____32
Tabla 11. Fotomicrografía muestra N°01 _____33
Tabla 12. Distribución volumétrica porcentual muestra N°02_____35
Tabla 13. Fotomicrografía muestra N°02 _____36
Tabla 14. Distribución volumétrica porcentual muestra N°03_____39
Tabla 15. Fotomicrografía muestra N°03 _____40
Tabla 16. Distribución volumétrica porcentual muestra N°04_____42
Tabla 17. Fotomicrografía muestra N°04 _____43
Tabla 18 Métodos de FIRE ASSAY-Via Seca (FFAA)_____44

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo determinar las características mineralógica, geoquímica y petrográfica de una concesión en la provincia de Huancavelica, donde se hará uso de un diseño no experimental con una metodología descriptiva, correlacional y experimental, obteniendo un valor mínimo es de 0.25 g/TM y el valor máximo presentado es de 1.94 g/TM de oro. En las muestras analizadas encontramos elementos como trazas, los cuales son indicadores de un tipo específico de mineral que buscamos, en este caso oro, cabe mencionar que el oro que va asociado con minerales como el cuarzo, pirita con elementos son el hierro, sílice.

Palabras claves:

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the mineralogical, geochemical and petrographic characteristics of the mining company in the province of Huancavelica, where we will use a non-experimental design with a descriptive, correlational and experimental methodology, obtaining a minimum value of 0.25 g / MT and the maximum value presented is 1.94 g / MT of gold. In the analyzed samples we found trace elements, which are indicators of a specific type of mineral that we are looking for, in this case gold, it is worth mentioning that gold is associated with minerals such as quartz, pyrite with elements such as iron, silica.

Keywords:

INTRODUCCIÓN

El yacimiento de una concesión minera en la provincia de Huancavelica, en noviembre de 2021 se iniciaron los trabajos de análisis petrográfico y químico. Estos estudios indicaron la presencia de oro; identificado posteriormente el origen de la misma como un yacimiento epitermal que se ubicaba en el área de estudio ya mencionado, por lo que se inició con la investigación en el año 2022. El yacimiento en interés de la concesión minera en la región Huancavelica presenta una estructura regional muy importante el cual tiene un alcance de 100 kilómetros en dirección NW-SE y en cuyo entorno se encuentran muchos yacimientos mineros principalmente epitermales.

Por este motivo la presente investigación detalla en el primer capítulo el problema, donde se observa que el área de estudio no tiene cartografiado geológico, lo que significa que no tiene planos. Se plantea como objetivo determinar las características mineralógica, geoquímica y petrográfica de la empresa minera en la provincia de Huancavelica, se tiene como variables dependientes a la caracterización mineralógica, caracterización petrográfica y caracterización geoquímica y como variable independiente al yacimiento epitermal.

En el capítulo número dos se detalló los antecedentes tanto nacionales como internacionales en muchos de estos han usado la misma metodología que se está usando en el presente proyecto, además se presenta las bases teóricas de la caracterización mineralógica, caracterización petrográfica, caracterización geoquímica y yacimiento epitermal.

En el tercer capítulo se presenta la metodología donde se usa los métodos descriptivos, correlacional, usando a si un diseño no experimental, donde las técnicas primarias son la recolección manual de datos en el campo, preparación de análisis de muestras geoquímicos, por otro lado, se hará uso de técnicas secundarias haciendo revisión bibliográfica.

En el capítulo cuatro, se presentan resultados donde se determina que los estudios de la concesión minera exponen yacimiento epitermal de oro, además de las conclusiones y discusión de resultados con los antecedentes mencionados en el capítulo dos.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El ámbito minero consiste en el proceso de extracción de minerales de la corteza, el cual produce un beneficio económico según el mineral a explotar. El sector minero es importante en un país ya que se reconoce como un conjunto de actividades productivas la cuales se concretan en trabajos y operaciones (1).

El territorio nacional es un área subexplorada, el cual presenta potenciales aumentos de las reservas minerales en las diversas partes del Perú. Sin embargo, la exploración es un proceso costoso y arriesgado siendo un área de alta inversión económica donde muchos de ellos resultan un fracaso y solo algunos son viables (2).

En el presente trabajo se realizará un estudio en la concesión debido a que no cuenta con el estudio petromineralógico el cual nos ayudará a poder ver la viabilidad de la concesión minera, la paragénesis, así como la identificación del tipo de roca hospedante.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuáles son las características petromineralógicas y químicas de la concesión de Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

¿Qué características petromineralógicas tiene el yacimiento?

¿Cuáles son las propiedades ópticas de los minerales del yacimiento?

¿Cuál es la interpretación del análisis químico?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar las características petromineralogicas y estudió químico en la concesión en Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar las características petromineralógicas del yacimiento en la concesión minera en la provincia de Huancavelica.
- Identificar las propiedades ópticas de los minerales del yacimiento en la concesión minera en la provincia de Huancavelica.

- Interpretar el análisis químico de la concesión minera en la concesión minera en la provincia de Huancavelica.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

El presente estudio se justifica en la base de falta de estudios petromineralógicos y estudios químicos de la concesión minera en la provincia de Huancavelica, por este motivo existe la necesidad de realizar este estudio para conocer la viabilidad económica de esta, además la investigación pretende acondicionar la información científica ya existente el cual servirá como una guía en nuestro trabajo, así mismo aportará información teórica de los temas tocados para investigaciones futuras.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

1.5.1. Hipótesis general

Las características petromineralogicas y el estudió químico influirá positivamente en la oconcesión de Huancavelica.

1.5.2. Hipótesis específicas

- Se determinará las características petromineralógicas con el método de microscopía óptica en la concesión de Huancavelica.
- Se identificará las propiedades ópticas de las muestras de roca aplicando el método de microscopía óptica en la concesión en Huancavelica.
- Se establecerá la cantidad de mena que presentan las muestras aplicando el método de secado de Vía Seca (FFAA) en la concesión de Huancavelica.

1.6. Identificación de variables

1.6.1. Variables independientes

Técnica de la microscopía óptica

1.6.2. Variables dependientes

Caracterización petromineralógica

1.7. Cuadro de variables y operacionalización

Tabla 1. Cuadro de variables y operacionalización

Objetivo		Variable	Dimensiones	Indicador	ITEM
Analizar características petromineralogicas del yacimiento. Identificar las propiedades ópticas de los minerales del yacimiento. Interpretar el análisis químico de la concesión.	**Variable independiente**	Microscopía óptica	Tipo de propiedades	Propiedades ópticas Nicoles paralelos cruzados y paralelos Secciones delgadas y secciones pulidas Vía seca FFAA	Indica las propiedades ópticas de los minerales
	Variable dependiente	Caracterización petro mineralógica	Granulometría	Composición Tipo Identificación mineralógica	Indicar las propiedades petroquímicas, tamaño y la cantidad de mena

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

El artículo titulado “Caracterización mineralógica y petrográfica de las vetas Vizcaya, Octubrina y Gabi del yacimiento aurífero epitermal Zaruma- Portovelo, Ecuador” (5), plantea como objetivo caracterizar las vetas mediante microanálisis y microscópicas y se tiene como conclusión las tres vetas muestreadas al caracterizarlas se permitió identificar y cuantificar las principales fases minerales (5).

El artículo titulado “Características de la composición mineralógica de las menas de la veta Madre de Guanajuato” (6), propone como objetivo estudiar la composición mineralógica haciendo uso del microscopio minerográfico y analizar la composición química con el microanalizador electrónico y se tiene como conclusión que la seria acantita aguilarita tiene azufre (13.19-2-19%I), selenio (1,53%-19.43%) y plata (85.28-78.35%) (6).

En el artículo titulado ‘‘Caracterización mineralógica y mineralogía de procesos aplicada a la mina de veta "La Esperanza", ubicada en la vereda Cedeño parte alta del municipio de Támesis, Antioquia’’ (7), el objetivo es estudiar la mineralogía del mineral aurífero haciendo uso de microscopía electrónica y microscopía óptica con luz reflejada en las secciones pulidas (7).

La tesis titulada ‘‘Análisis mineralógico, químico y porosimétrico de los agregados pétreos de una cantera perteneciente a la formación geológica de la sabana en el municipio de Soacha - Cundinamarca’’ (8), tiene como objetivo analizar de manera mineralógica, química y porosimétrica los agregados pétreos, y tiene como conclusión que este los agregados están compuestos por un 84,33% de cuarzo y un 15,67% de caolinita (8).

En la tesis titulada ‘‘Caracterización mineralógica y petrográfica de la arenisca M1, de la formación Napo en el pozo Johanna Este 45, campo Johanna Este bloque Tarapoa’’ (9), tiene por objetivo identificar características de las rocas sedimentarias mediante la mineralogía óptica, así mismo tiene como conclusión que se logró identificar material arcilloso el cual constituye a la Caolinita (9)

2.1.2. Antecedentes nacionales

La tesis titulada "Aplicación de microscopía óptica a los minerales sulfurados para la recuperación de plomo y zinc en la E.A. Cerro S.A.C. de Volcán Compañía Minera – Pasco 2019" (3), el objetivo es aplicar el método de microscopía óptica a los minerales sulfurados e identificación mineralógica y determina que dentro del mineral de cobre se logra observar calcopirita, el zinc es esfalerita normal y dentro del mineral de plata se logra observar sulfosales (3).

La tesis titulada "Caracterización petromineralógica de las vetas cercanas al distrito minero San Juan de Chorunga – Arequipa – Arequipa – Perú – 2020", tiene como objetivo describir las características petromineralógicas mediante microscopía óptica que determina la existencia de Au y el electrum, se encuentra rellenado de pirita, además se hizo uso de espectrometría para determinar los minerales y se determinó el tipo de yacimiento mesotermal (4).

2.1.3. Antecedentes locales

La tesis titulada "Caracterización mineralógica del yacimiento no metálico aplicando el método de microscopía óptica en la Concesión minera Santa Rosa 94-1-2021" (10), el objetivo es determinar las características mineralógicas usando microscopía óptica en Santa Rosa 94-1 y concluye que esta influye positivamente en la caracterización mineralógica, además de que las muestras tienen 90% de pureza en sílice y en el carbón 10% de pirita (10).

La tesis titulada "Caracterización petromineralógica mediante microscopía óptica de luz transmitida y reflejada en la Concesión Minera Chaupiloma 2007" (11), propone como objetivo la identificación de características petromineralógicas usando microscopía óptica, donde se trabajó con microscopio polarizante de luz reflejada y transmitida (11).

2.2. Generalidades

2.2.1. Ubicación

La concesión minera se ubica en la zona sur del Perú en el departamento de Huancavelica, en el distrito de Conayca.

Tabla 2. *Coordenadas Geográficas-Conayca*

Longitud oeste	75°00'21,118825"W
Longitud sur	12°31'49,007551" S

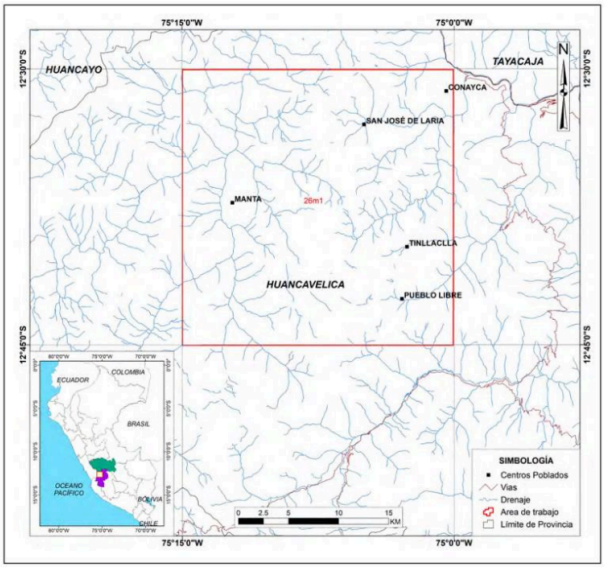
Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Geología

2.2.2.1. Geología local

Tomando en cuenta los estudios geológicos locales se menciona el Boletín Serie L: Actualización Carta Geológica Nacional (Escala 1: 50 000) N°43 donde el contenido se basa en el estudio del cuadrángulo de la concesión minera, de la Dirección de Geología Regional del INGEMMET. El estudio comprende en un cuadrángulo de hoja 26m en escala 1:50 000, una sección geológica estructural a la misma escala y una base de datos de información obtenida.

Imagen 1: Mapa de ubicación del cuadrángulo de Conayca, hoja 26m1



Fuente: INGEMMET

- **Estratigrafía:**

Basándose en el contenido litológico, la ubicación estratigráfica y las razones paleontológico, se han identificado estructuras sedimentarias previamente no distinguidas, y se ha examinado el orden estratigráfico de ciertas unidades de edad jurásica. Las investigaciones llevadas a cabo en este cuadrángulo han facilitado la identificación de nuevas estructuras geológicas que detallan con mayor precisión la deformación de las unidades estratigráficas implicadas, la complejidad tectónica y su vínculo con la localización de los cuerpos intrusivos en el área de análisis; sobresalen las fallas inversas.

El estudio determinó que el cuadrángulo de Conayca compone principalmente de rocas sedimentarias (rocas detríticas y carbonatadas) y volcanosedimentarias, cuyas edades se extienden desde Mesozoico hasta el Cuaternario.

Imagen 2: Columna estratigráfica generalizada del cuadrángulo de Conayca, escala 1:50 000

EDAD			Salazar & Landa (1970 y 1993*)	Quispesivana & Navarro (2003)	Presente estudio (2016)
CENOZOICO	Cuaternario	Holoceno	Fluvioglaciares	Aluviales, fluvioglaciares	Aluvial
		Pleistoceno	Glaciares	Glaciaricos, Morrénicos	Glaciar-fluvial
			Aluviales	Centro Volcánico Huaylla	
	Neógeno	Plioceno	Formación Astobamba		
		Mioceno	Formación Huichinga	Formación Huando	
			Formación Auquivilca	Formación Auquivilca	Formación Auquivilca
			Formación Caudalosa	Formación Caudalosa	Formación Caudalosa
			Formación Castrovirreyna	Formación Castrovirreyna	Formación Castrovirreyna
	Paleógeno		Formación Sacsaquero	Formación Sacsaquero	Formación Sacsaquero
			Formación Tantará	Formación Tantará	Formación Tantará
			Formación Casapalca	Formación Casapalca	Formación Casapalca
MESOZOICO	Cretácico	Superior	Formación Jumasha	Formación Jumasha	Formación Jumasha
		Inferior	Formación Pariatambo	Formación Pariatambo	Formación Pariatambo
			Formación Chúlec	Formación Chúlec	Formación Chúlec
				Formación Chaylacatana	Formación Pariahuanca
			Grupo Goyllarisquizga	Grupo Goyllarisquizga	Grupo Goyllarisquizga
	Jurásico	Superior			Formación Chaucha: Miembro superior
					Formación Chaucha: Miembro inferior
		Medio	Formación Chunumayo	Formación Chunumayo	Formación Cercapuquio: Miembro superior
					Formación Cercapuquio: Miembro medio
					Formación Cercapuquio: Miembro inferior
			Formación Cercapuquio	Formación Cercapuquio	Formación Chunumayo
		Inferior	Grupo Pucará: Formación Condorsinga	Grupo Pucará: Formación Condorsinga	Grupo Pucará: Formación Condorsinga
			Grupo Pucará: Formación Aramachay	Grupo Pucará: Formación Aramachay	Grupo Pucará: Formación Aramachay
	Triásico	Superior	Grupo Pucará: Formación Chambará	Grupo Pucará: Formación Chambará	Grupo Pucará: Formación Chambará

Fuente: INGEMMET

a. **Tipos de alteración:**

- **Alteración argílica:** Es el tipo de alteración más consistente para los minerales que hemos observado, como: la malaquita, sericita, calcita y limonita. Este procedimiento sucede cuando los minerales primarios, como feldespatos y piroxenos, se transforman en minerales arcillosos (tales como la caolinita o illita) bajo condiciones hidrotermales o de

meteorización. En yacimientos de cobre, la alteración argílica es habitual, dado que los sulfuros de cobre, como la calcopirita, se oxidan y carbonatan, generando minerales secundarios como la malaquita. Además, la alteración argílica también puede producir sericita mediante la alteración de feldespatos en entornos hidrotermales.

Imagen 3. Roca sedimentaria

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Características alteración de roca sedimentaria

Características	Descripción
Roca	Las rocas sedimentarias como arenisca, lutita, caliza y arcilla pueden ser alteradas por factores externos como el agua, aire o actividad biológica.
Componentes principales	Minerales originales como, calcita, feldespato, arcilla y micas.
Componentes secundarios	Durante la alteración pueden formarse minerales secundarios como arcillas, yeso, óxidos de hierro, carbonatos, o incluso minerales arcillosos.
Aspecto	Los colores pueden variar dependiendo de los productos de alteración, como tonos amarillos,

	rojos, marrones, y grises, dependiendo de los minerales secundarios presentes.
Textura	Puede volverse más fina, terrosa o en algunos casos más consolidada, dependiendo de la cantidad de alteración.
Origen	El proceso de alteración se debe a factores como la meteorización química (por ejemplo, alteración por ácido o agua) o la metamorfosis hidrotermal, a menudo en contacto con el agua y con elementos como el oxígeno o el dióxido de carbono.
Reacción al HCl	No

Fuente: Elaboración propia

Imagen 4: Roca metamórfica

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. *Característica roca metamórfica*

Característica	Descripción
Roca	Roca metamórfica de grano fino, variante de la moscovita.
Componentes principales	Muscovita (una variedad de mica), cuarzo, feldespato.

Componentes secundarios	Puede contener pequeñas cantidades de clorita, biotita o calcita.
Aspecto	Color gris, blanco o verde claro, con brillo sedoso.
Textura	Textura finamente laminar, suave al tacto, aspecto sedoso.
Origen	Se forma por la alteración hidrotermal de rocas arcillosas o feldespáticas en condiciones de metamorfismo regional.
Reacción al HCl	No presenta reacción fuerte con ácido clorhídrico (HCl), ya que es mayormente inerte.

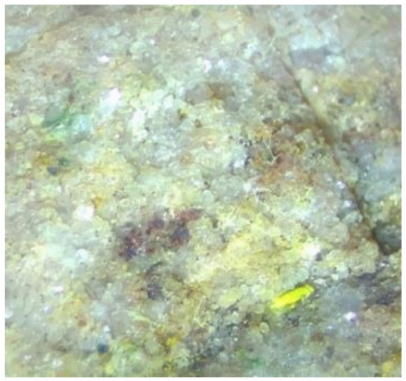
Fuente: Elaboración propia

b. Rocas encajonantes:

Los yacimientos epitermales de alta sulfuración están vinculados con la circulación de fluidos hidrotermales extremadamente ácidos, ricos en volátiles como SO_2, HCl y CO_2, lo que ocasionan una modificación significativa en las rocas encajonantes, que pueden ser de tipo ígneas, volcánicas o sedimentarias. Para las areniscas feldespáticas, la alteración mineralógica produce sílice, sericita, calcita y alunita. Por otro lado, la presencia de calizas y lutitas carbonatadas puede propiciar la inclusión de sulfuros en el proceso de mineralización.

- **Calcita:** En la muestra microscópica se pueden distinguir cristales blancos y beige con una textura granular. En este caso, se reconoce un diminuto fragmento de azufre, de tonalidad amarillo brillante y textura cristalina, lo que señala una precipitación tardía de azufre nativo en el sistema hidrotermal. Además, se encuentran trazas de malaquita, lo que indica que el fluido hidrotermal que depositó la calcita también transportaba cobre en solución. La combinación de calcita, azufre y malaquita señala varios sucesos de mineralización que alteran la química de los fluidos.

Imagen 5: Muestra microscópica de calcita



Fuente: Elaboración propia

Imagen 6. Calcita

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Características calcita

Característica	Descripción
Roca	La calcita es un mineral sedimentario, componente principal de las calizas.
Componentes principales	Carbonato de calcio (CaCO3).

Componentes secundarios	Puede contener impurezas como arcilla, sílice, magnesita o hierro.
Aspecto	Generalmente blanca o incolora, aunque puede presentar colores debido a impurezas (amarillo, gris, verde).
Textura	Puede ser cristalina o masiva, con una textura suave y fácil de rayar.
Origen	Se forma por precipitación de carbonato de calcio en ambientes acuáticos, en sistemas marinos o lacustres.
Reacción al HCl	Reacciona efervescentemente con ácido clorhídrico (HCl) liberando dióxido de carbono (CO_2).

Fuente: Elaboración propia

- **Fosfato**

Imagen 7. Foto macroscópica de fosfato

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Características fosfato

Característica	Descripción
Roca	Mineral que contiene fosfatos, a menudo asociado con depósitos sedimentarios.
Componentes principales	Fosfato de calcio ($Ca_3(PO_4)_2$), aunque puede incluir otros elementos como aluminio o hierro.

Componentes secundarios	Pueden contener impurezas de elementos como hierro, manganeso o arcilla.
Aspecto	Generalmente opaco, de colores que varían desde el blanco, gris, amarillo hasta verde, dependiendo de las impurezas.
Textura	Masiva o granular, aunque puede presentar cristales prismáticos o aciculares.
Origen	Se forma principalmente en ambientes sedimentarios, en áreas de aguas poco profundas, por la precipitación de fosfatos o por procesos biogénicos.
Reacción al HCl	No suele reaccionar de manera intensa con ácido clorhídrico (HCl), pero puede liberar fosfatos en algunas condiciones.

Fuente: Elaboración propia

- **Limonita**

Imagen 8. Foto macroscópica de limonita

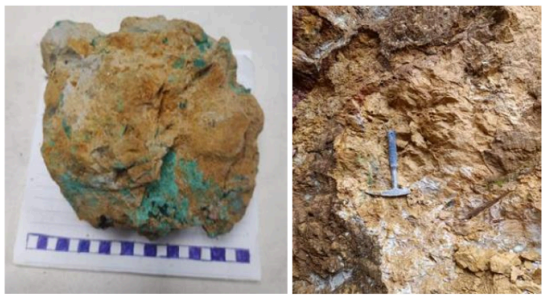


Tabla 7. Características limonita

Característica	Descripción
Roca	La limonita es un mineral de óxido de hierro, generalmente encontrado como depósito secundario.

Componentes principales	Hidróxido de hierro (FeO(OH)·nH2O), generalmente una mezcla de varios óxidos de hierro.
Componentes secundarios	Puede contener sílice, arcilla, y pequeñas cantidades de otros minerales como manganeso o aluminio.
Aspecto	De color amarillo a marrón, a menudo con un brillo mate, aunque puede tener tonalidades rojizas o anaranjadas.
Textura	Masiva o terrosa, con una textura granular, rugosa y, a veces, fibrosa.
Origen	Se forma por la alteración de minerales de hierro, como la magnetita o la hematita, en ambientes de oxígeno y agua.
Reacción al HCl	Reacciona débilmente con ácido clorhídrico (HCl), liberando pequeñas cantidades de gas.

Fuente: Elaboración propia

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Microscopía óptica

La microscopía óptica de los minerales es una herramienta importante para la geología, donde se pueden determinar texturas, alteraciones, etc. (9).

2.3.1.1. Reconocimiento de microscopio polarizante

- Parte mecánica: Es la que se encuentra en contacto directo con el usuario.
- Parte óptica: Aquella que no se debe manipular por el usuario.

La microscopía óptica nos permite usar dos métodos los cuales son los nicoles paralelos, estos dejan que pase la luz al momento de analizarlo y los nicoles cruzados el cual se denomina luz polarizada y permite la focalización de su vibración en un único plano (10).

2.3.2. Microscopía petrográfica

El microscopio polarizado ayuda a determinar las propiedades ópticas de los minerales.

2.3.3. Nicoles cruzados

- Isótropos: Esta propiedad se debe a que la luz viaja en todas direcciones a la misma velocidad, teniendo en consideración a las sustancias no cristalinas y estas tienen un único índice de refracción (10).
- Anisótropos: En esta propiedad la velocidad de la luz varía según la dirección cristalográfica, incluye a todas las sustancias cristalinas y sus índices de refracción varían (10).
- Irrefringencia: En esta propiedad los minerales anisótropos varían en su color por los nicoles cruzados (10).
- Ángulo de extinción: En esta propiedad los colores de interferencia de un mineral pueden variar de intensidad de acuerdo al movimiento de la platina del microscopio (10).
- Figura de interferencia: El sistema de condensador del microscopio petrográfico produce con los nicoles cruzados una iluminación macroscópica (10).

2.3.4. Nicoles paralelos

Tabla 8. Características nicoles paralelos

Textura	Varía según el tipo de roca (11). Relación intergranular del tamaño y forma de los cristales de la roca (11).
Estructura	Distribución y orden de cristales (11).
Fábrica	Orientación espacial de los cristales (11).

Fuente: Elaboración propia

- Color: Esta propiedad determina si el mineral es incoloro o tiene algún color en específico (10).
- Pleocroismo: Esta propiedad permite que cambie de color (10).
- Forma y hábito: Desarrollo de sus caras y formas del mineral (10).
- Relieve: En esta propiedad se puede ver la intensidad de la parte superficial bajo el microscopio (10).
- Exfoliación y fractura: Esta propiedad se presenta por lo general como líneas en forma de sombras que se encuentran dentro del mineral (10).

- Alteración: Es el proceso donde el mineral se modifica a causa de procesos tardíos y superficiales (10).

2.3.5. Petrografía

La petrográfica da a conocer los cristales y granos que conforman una roca, permitiendo así conocer la relación que hay entre estos, las texturas y microtexturas, etc. (11).

Tabla 9. Características petrográficas

Textura	Varía según el tipo de roca (11). Relación intergranular del tamaño y forma de los cristales de la roca (11).
Estructura	Distribución y orden de cristales (11).
Fábrica	Orientación espacial de los cristales (11).

Fuente: Elaboración propia

2.3.6. Caracterización química

La caracterización química de un mineral requiere de una metodología analítica, se necesitan muestras geológicas ya sean muestras sólidas o líquidas proveniente de los procesos metalúrgicos para dar a conocer la cantidad de mena y ganga (12).

2.4. Definición de términos básicos

- Ley: La ley representa el porcentaje de metal presente en el mineral.
- Ley de corte: La ley de corte se aplica al mineral considerado de bajo valor económico, la Ley de corte se emplea en la determinación de las reservas de mineral de un depósito específico.
- Geología: Geo (tierra) y logia (estudio): es la ciencia que estudia en su interior y exterior el globo terrestre, es decir la composición y estructura superficial de la tierra y sus procesos como han ido evolucionando en el tiempo.
- Explotación: Actividades vinculadas a un depósito mineral que se inician en el punto en que se puede estimar de manera razonable que existen reservas económicamente recuperables y que, en general, continúan hasta que la producción comercial empiece.
- Mena: Se refiere al mineral que resulta relevante para su explotación, al aludir al mineral del cual se extrae el elemento químico útil (Cu de la calcopirita, Hg del cinabrio, Sn de la casiterita, entre otros ejemplos hallados).
- Ganga: Minerales de escaso valor económico que se encuentran junto a los que poseen los elementos metálicos recuperados en el proceso en planta. Se refiere

a los minerales, usualmente silicatos, que constituyen la roca y su alteración (micas, feldespatos, arcillas, cuarzo, etc.), que representan entre el 95% y 90% del volumen total de la roca.

- Mina: Las minas son los depósitos de minerales ubicados cerca de la superficie o en el subsuelo.
- Exploración: Prospección, muestreo, manejo, perforación diamantina y otros trabajos comprendidos en la búsqueda de mineral.
- Mineral: Una sustancia uniforme que se produce de manera natural y posee características físicas y composición química determinadas, que, en situaciones propicias, adopta una forma de cristal definida.
- Extracción: La extracción de minerales se refiere al procedimiento sistemático de obtener y recuperar minerales de gran valor de la tierra.

CAPÍTULO 3
METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Método de investigación

Este trabajo empleará el método científico y mostrará una metodología aplicada en campo de manera cualitativa. La metodología a emplear será descriptiva, ya que se basará en relación a datos de campo. Además, se utilizará la metodología correlacional ya que se extraerá un muestreo geoquímico vinculado a la ONZ/Tn aplicando la metodología explicativa para las interpretaciones en base a la petrología geología elaborada, en esta sección se hace el desarrollo teórico y metodológico de las técnicas que se usarán para el análisis de muestras.

3.1.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada con el fin de dar a conocer las características petromineralógicas mediante el método microscopía óptica con nicoles cruzados y paralelos realizando secciones pulidas y secciones delgadas, además de analizar e interpretar las características químicas de la concesión.

3.2. Diseño de investigación

El presente estudio tiene un diseño no experimental - transeccional ya que esta investigación busca recolectar datos en una determinada zona y luego analizarlos.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Según el estudio la población es la concesión minera ubicada en la provincia de Huancavelica.

3.3.2. Muestra

La muestra de la investigación es probabilística – aleatorio simple ya que se estudia 10 muestras de roca que se recolectaron de forma aleatoria en la concesión minera ubicada en la provincia de Huancavelica.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Primarias

- Recolección de muestras manualmente
- Preparación de muestras
- Analizar las muestras recolectadas.
- Análisis químico

Secundarias

- Revisión bibliográfica

3.4.2. Instrumentos

En el estudio se utilizaron instrumentos tales como los muestreos químicos, muestreos petrológicos y mineralógicos de las labores de exploración, además de analizar las muestras tomadas de la zona en laboratorios.

Además, se usaron datos geológicos de campo, brújula, GPS, picota, cámara fotográfica, bolsas de polietileno, revisión de planos topográficos, geológicos y microscopio polarizado, además de hacer uso de los datos del INGEMMET.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Muestras de secciones pulidas

4.1.1. Muestra N°01

4.1.1.1. Mineralogía y textura

Los minerales opacos que forman parte de esta muestra son los siguientes: Hematita y goethita. La textura es diseminada.

4.1.1.2. Descripción microscópica

- **Hematita (Fe_2O_3)**

  Presentan formas anhedrales y se encuentran diseminados, además de rellenar algunas microfracturas., aparecen ligeramente triturados y formando microaglomeraciones. Su tamaño es inferior a 0.50 mm de longitud. Algunos cristales muestran indicios de pseudomorfosis a partir de la pirita, lo que sugiere que podrían haberse originado por la alteración de la hematita.

- **Goethita (FeO.OH)**

  La textura y el origen de un mineral secundario que se ha formado a partir de la alteración de hematita. La presencia de cristales anhedrales (sin formas cristalinas bien definidas) y su aparición en microfracturas sugieren un proceso de alteración hidrotermal o meteórica.

  La goethita, limonita o algún otro óxido/hidróxido de hierro, son productos comunes de la alteración de la hematita.

4.1.1.3. Paragénesis

a. Depósito hipógeno de los minerales

b. Depósito supérgena de los minerales

- Hematita
- Goethita

4.1.1.4. Distribución volumétrica porcentual

Tabla 10. Distribución volumétrica porcentual muestra N°01

MINERALES	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS	ABREVIATURAS
Hematita		1.00	hm
Goethita		0.01	gt
Gangas	98.99		GGs
TOTAL	**100.00**		

Fuente: Elaboración propia

a) Observaciones

La muestra de mano presenta pequeños cristales de goethita en la superficie pulida de la roca.

b) Fotomicrografía

Tabla 11. Fotomicrografía muestra N°01

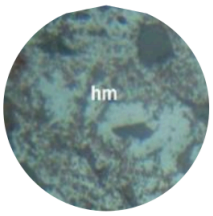


Imagen N°01. Cristal de hematita (hm) dentro de la roca con microfracturas, gangas (GGs). 500X.	Imagen N°02. Bajo nicoles cruzados y a un aumento de 500X, se observan los reflejos internos de tonalidad rojiza, característicos de la hematita (Hm). Se distinguen cristales anhedrales dispersos en microfracturas, resultado del proceso de alteración de la hematita.

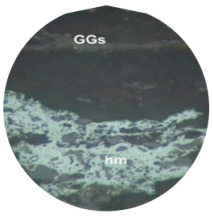
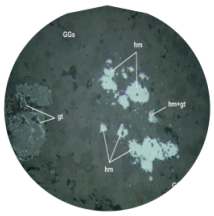
	

Imagen N°03. Cristal anhedral de hematita (hm) como relleno de la microfractura de la ganga (GGs), es decir de la roca hospedante. 500X.	Imagen N°04. Cristales de hematita (Hm) como pseudomorfos de piritas preexistentes (posiblemente framboides) se encuentran diseminados. Junto a la goethita (Gt) rellena los intersticios y se observa un cristal de hematita alterada a goethita (Hm+Gt). Aumento: 200X.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Muestra N°02

4.1.2.1. Mineralogía y textura

Los siguientes son los minerales opacos que forman parte de esta muestra: tennantit, pirita, calcopirita, esfalerita, marcasita, bornita. La textura es diseminada.

4.1.2.2. Descripción microscópica

- **Bormita ($Cu_5 Fe S_4$)**

  Los cristales aparecen como remanentes tras su reemplazo por calcopirita, dado que se encuentran dentro de las superficies de este mineral. Poseen formas anhedrales y tamaños inferiores a 0.084 mm de longitud. Algunos cristales aparecen en los intersticios de la ganga, donde han sido reemplazados con gran intensidad por calcopirita, especialmente en las zonas de textura musgosa de este mineral.

- **Pirita (FeS_2)**

  Además de encontrarse diseminadas en la ganga, estas fases minerales aparecen como relleno de microfracturas e intersticios. De formas desde euhedrales hasta anhedrales y muestran múltiples fases de crecimiento, evidenciadas por zonación y cambios en el hábito cristalino. Inicialmente, algunos cristales presentaban hábito cúbico, sobre el cual posteriormente se desarrolló un hábito

piritoédrico. En ciertos sectores, forman diminutas aglomeraciones. No todos los cristales de pirita se encuentran alrededor y reemplazados por calcopirita y tennantita. Asimismo, las piritas framboidales han sido reemplazados.

- **Tennantita ($Cu_{12}As_4S_{13}$)**

  Se localizan en los intersticios y microfracturas de la ganga, donde han sido reemplazados por calcopirita y bornita. Aparecen en forma remanentes de esqueléticos en el interior de los agregados musgosos de calcopirita. Sin embargo, su mayor concentración se encuentra en la zona microbrechada (cataclástica) de la muestra, donde presentan un aspecto triturado.

- **Calcopirita ($CuFeS_2$)**

  Este mineral presenta múltiples etapas de cristalización. Una de ellas se observa en el interior de la microplaya de tennantita, donde la calcopirita es atravesada por venillas de bornita, aunque este caso es poco frecuente. La ocurrencia más predominante se encuentra en los intersticios y microfracturas de la ganga, desde donde ha englobado y reemplazado a pirita, bornita y tennantita. Como resultado, muchos de estos minerales aparecen reemplazados y/o, como remanentes.

  Se observa evidencias de reemplazamiento de la tennantita y la pirita, donde el mineral forma halos o coronas alrededor de estos. Además, algunas playas irregulares de tennantita, se observa calcopirita rellenando sus oquedades y microfracturas.

- **Esfalerita (ZnS)**

  Los diminutos cristales anhedrales de esfalerita se encuentran ampliamente dispersos en la ganga, ocupando fracturas e intersticios dentro de esta. Su tamaño es inferior a 0.062 mm de longitud.

4.1.2.3. Paragénesis

a. Depósito hipógena de los minerales:

- Pirita
- Esfalerita
- Tennantita
- Bornita

- Calcopirita.

4.1.2.4. Distribución volumétrica porcentual

Tabla 12. Distribución volumétrica porcentual Muestra N°02

MINERALES	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita (py)	**1.50**	
Calcopirita (cp)	**3.08**	
Esfalerita (ef)	**0.05**	
Tennantita (tn)	**6.60**	
Bornita (bn)	**0.08**	
Gangas (GGs)	**88.69**	
TOTAL	**100.00**	

Fuente: Elaboración propia

a) Observaciones

En la muestra de mano, sobre la superficie pulida de la roca, se pueden apreciar cristales dispersos, así como otros que forman parte de las microvenillas.

b) Fotomicrografía

Tabla 13. Fotomicrografía muestra 02

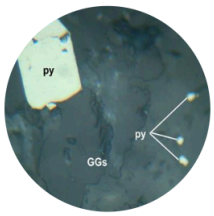
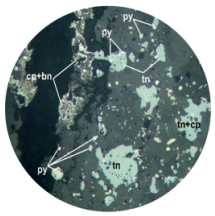
	

Imagen 1. Cristales euhedrales y subhedrales de pirita (py), están	Imagen 2. Bajo un aumento de 100X, se observan cristales anhedrales de tennantita (tn) rodeados y

diseminados en las gangas (GGs). 200X.	parcialmente reemplazados por calcopirita (cp), presentándose de manera diseminada. Hacia la zona casi superior izquierda, la calcopirita reemplaza a la bornita (cp+bn), ubicándose en los bordes de una microfractura. Además, se identifican cristales de pirita (py) con morfologías que varían de euedrales a anhedrales, los cuales también se encuentran dispersos en la muestra.

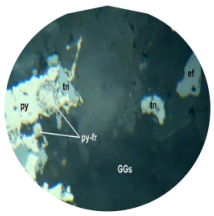
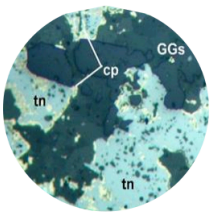

	

Imagen 3. Bajo un aumento de 100X, se observan los restos de piritas framboidales (py-fr) sobrecrecidas por pirita (py) de una generación posterior, las cuales fueron reemplazadas por tennantita (tn). La esfalerita (ef) se presenta rellenando los intersticios de la ganga (GGs).	Imagen 4. Los Cristales de forma anhedrales de tennantita (tn) rodeados y parcialmente reemplazados por las calcopiritas (cp), están dentro de los intersticios de las gangas (GGs). 100X.

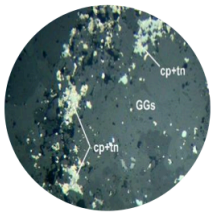
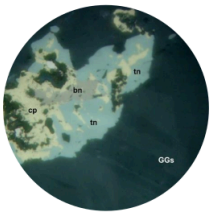
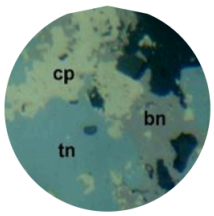

	

Imagen 5. A un aumento de 100X, se	Imagen 6. A un aumento de 400X, la calcopirita

identifican cristales anhedrales de tennantita (Tn) que han sido ampliamente reemplazados por calcopirita (Cp), quedando únicamente algunos remanentes. Estos minerales se encuentran diseminados dentro de la ganga (GGs).	(Cp) anhedral evidencia un proceso de reemplazo progresivo por bornita (Bn) y tennantita (Tn), el cual se desarrolla dentro de una microfractura en la ganga (GGs).
	Imagen 7. Bajo un aumento de 500X, se observan cristales anhedrales de tennantita (tn) y bornita (bn) reemplazados por calcopirita (cp), presentando una textura de tipo cariado.

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Muestra Nº03

4.1.3.1. Mineralogía y textura

Se compone de partículas líticas de diferentes tipos, que incluyen areniscas, cuarcitas, esquistos, calizas parcialmente recristalizadas y posiblemente rocas ígneas (intrusivas o hipoabisales). Estos fragmentos incluyen minerales tales como: calcopirita, pirita, bornita, esfalerita, tennantita, mostrando unas texturas dispersas.

4.1.3.2. Descripción microscópica

- **Tennantita ($Cu_{12}As_4S_{13}$)**

  En algunos litoclastos, este mineral se presenta en forma de microvenillas que rellenan las microfracturas de la calcopirita (ver fotomicrografía), lo que indica una formación posterior a esta. Principalmente, aparece como microplacas que ocupan oquedades y microfracturas en la ganga, adoptando formas anhedrales. Su presencia es recurrente en la mayoría de los litoclastos.

- **Pirita (FeS_2)**

  En algunos litoclastos, las piritas framboidales de origen singenético se presentan en agregados arracimados, con un hábito similar a huevillos de peces

y sometidas a un vigoroso proceso de recristalización. Estas piritas se presentan como microbandas con ciertas inflexiones y, en muchos casos, han sido reemplazadas por tennantita (ver fotomicrografía), lo que indica su origen sedimentario.

Por otro lado, también se observan piritas con morfologías que varían entre euhedrales y anhedrales, diseminadas en la muestra y ocupando oquedades y microfracturas. Estas piritas, envueltas y reemplazadas por tennantita y calcopirita, tienen un origen hidrotermal. En algunos sectores, las piritas hidrotermales se han incorporado a las framboidales.

- **Calcopirita ($CuFeS_2$)**

  Estos minerales se encuentran diseminados y ubicados en intersticios, oquedades y microfracturas dentro de la ganga. En ciertos litoclastos, las piritas fueron incorporadas y sustituidas a las piritas. Presentan en dos etapas de cristalización: el primero corresponde a remanentes dentro de algunas tennantitas, lo que indica su reemplazo del mineral; la calcopirita de una fase posterior aparece rellenando microfracturas en la tennantita. En ambas situaciones muestran formas anhedrales y sus longitudes son inferiores a 0.610 mm.

- **Bornita (Cu_5FeS_4)**

  Se presentan como remanentes esqueléticos tras su reemplazo por calcopirita, con formas anhedrales y tamaños inferiores a 0.060 mm de longitud.

- **Esfalerita (ZnS)**

  Los escasos cristales de esfalerita están ampliamente dispersos en ciertos litoclastos, principalmente rellenando intersticios y oquedades en la ganga. Presentan formas anhedrales y su tamaño es inferior a 0.030 mm de longitud.

4.1.3.3. Paragénesis

a. Depósito hipógena de los minerales:

- Pirita I
- Pirita II
- Esfalerita
- Calcopirita I
- Tennantita
- Bornita
- Calcopirita II

4.1.3.4. Distribución volumétrica porcentual

Tabla 14. *Distribución volumétrica porcentual muestra N°03*

MINERALES	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita (py)	**3.00**	
Calcopirita (cp)	**2.00**	
Esfalerita (ef)	**Trz**	
Tennantita (tn)	**0.50**	
Bornita (bn)	**Trz**	
Gangas (GGs)	**94.50**	
TOTAL	**100.00**	

Fuente: Elaboración propia

a) Observaciones

En la superficie pulida, se observa que los minerales mencionados se encuentran en ciertos tipos líticos y con cierta diseminación.

b) Fotomicrografía

Tabla 15. Fotomicrografía muestra N°03

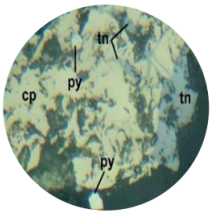
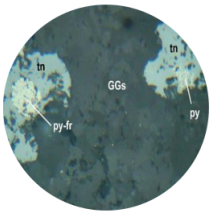
	

Imagen 1. Bajo un aumento de 500X, se observan pequeños cristales subhedrales de pirita (py), los	Imagen 2. Bajo un aumento de 500X, se observan piritas framboidales (py-fr) englobadas y

cuales está dentro de la calcopirita (cp). Este mineral se ha sustituido parcialmente y atravesado por venillas de tennantita (tn). Fuente: Elaboración propia	reemplazadas por tennantita (tn), presentándose de manera diseminada en la ganga (GGs).

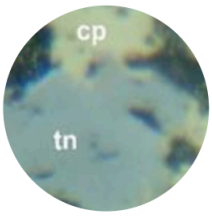
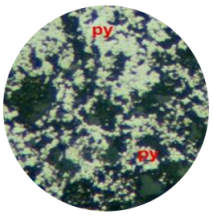

	

Imagen 3. Bajo un aumento de 500X, se observa un cristal anhedral de tennantita (tn) parcialmente envuelto y reemplazado por calcopirita (cp). Fuente: Elaboración propia	Imagen 4. Bajo un aumento de 200X, se observa pirita (py) framboidal con sus gránulos fuertemente dispersos, ubicada en el interior d de una microfractura. Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Muestra Nº04

4.1.4.1. Mineralogía y textura

Se compone de partículas líticas de diferentes tipos, que incluyen calizas, cuarcitas, esquistos, parcialmente recristalizadas, areniscas y probablemente rocas ígneas (intrusivas o hipoabisales). Estos trozos incluyen minerales tales como: tennantita, pirita, covelita, calcocita, calcopirita, enargita y esfalerita. La muestra exhibe una textura dispersa y de sustitución.

4.1.4.2. Descripción microscópica

- **Enargita (Cu3AsS4)**

  Se manifiestan como residuos esqueléticos en algunas microplayas de tennantita, probablemente como resultado de su converción hacia este mineral o debido a un proceso de alteración. Sus formas son anhedrales y su longitud es inferior a 0.060 mm.

- **Pirita (FeS_2)**

Con orígenes tanto sedimentarios (singenéticos) como hidrotermales, estos minerales se encuentran diseminados. En el caso sedimentario, presentan un hábito framboidal con un intenso proceso de recristalización. Por otro lado, los de origen hidrotermal exhiben principalmente hábitos diploédricos (caras con ocho lados), cúbicos (caras cuadradas) y piritoédricos (caras con cinco lados), los cuales se observan en cortes de las secciones pulidas.

Además, algunos cristales muestran un crecimiento zonado y un patrón de adición sobreimpuesta a los cristales framboidales, seguido de un proceso de recristalización.

- **Tennantita ($Cu_{12}As_4S_{13}$)**
  Las formas anhedrales, de minerales lo encontramos ampliamente dispersos, aunque en algunos sectores aparecen en aglomeraciones de microcristales, formando microplayas. En estas, se pueden observar remanentes de enargita, así como la presencia de covelita y calcocita como productos de alteración.
- **Calcopirita ($CuFeS_2$)**
  Los cristales anhedrales visibles de este mineral se hallan extensamente dispersos, de tamaño reducido y relacionados con piritas framboidales, las que fueron sustituido. Su longitud es inferior a 0.025 mm de anchura.
- **Calcocita (Cu_2S)**
  Se encuentran ampliamente dispersos, ocupando oquedades e intersticios en la ganga. En algunos sectores, han englobado y reemplazado a las piritas, en especial a las piritas framboidales. Se observan dos tipos de calcocita: una de tono blanco grisáceo y otra de color celeste. Estas calcocitas se han generado por la alteración de enargita, apareciendo así dentro de ciertas microplayas de tennantita
- **Covelita (CuS_2)**
  Este mineral, similar a la calcocita, está presente en los intersticios y en las oquedades de la ganga, probablemente debido a la alteración de las calcocitas. Aparece vinculado en las microplayas de tennantita.
- **Esfalerita (ZnS)**
  Los diminutos cristales de esfalerita están ampliamente dispersos y se localizan en algunos intersticios de la ganga. Presentan formas anhedrales y tienen longitudes inferiores a 0.030 mm.

4.1.4.3. Paragénesis

a. Depósito hipógena de los minerales:

- Pirita I
- Pirita II
- Pirita III
- Enargita
- Esfalerita
- Tennantita
- Calcopirita
- Calcocita I
- Depósito supérgena de los minerales
- Calcocita II
- Covelita

4.1.4.4. Distribución volumétrica porcentual

Tabla 16. *Distribución volumétrica porcentual muestra N°04*

MINERALES	% HIPÓGENOS	% SUPÉRGENOS
Pirita (Py)	**1.00**	
Calcopirita (Cp)	**Trz**	
Esfalerita (Ef)	**Trz**	
Tennantita (tn)	**0.01**	
Calcocita (Cc)		**0.03**
Covelita (Cv)		**0.01**
Gangas (GGs)	**98.95**	
TOTAL	**100.00**	

Fuente: Elaboración propia

a) Observaciones

Las piritas se han generado en tres etapas distintas: primero, la pirita framboidal de origen singenético; posteriormente, la pirita con estilo de corte cuadrado; y, por último, la pirita diploédrica, caracterizada por su estilo de corte con ocho lados.

En cuanto a la calcocita, existen dos tipos según su origen y condiciones de formación. La calcocita de origen hipógeno, de color gris blanquecino, se formó a temperaturas superiores a 103°C. En contraste, la calcocita de tonalidad celeste es de origen supérgeno y se generó a temperaturas inferiores a 103°C.

b) Fotomicrografía

Tabla 17. *Fotomicrografía muestra N°04*

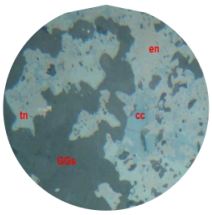
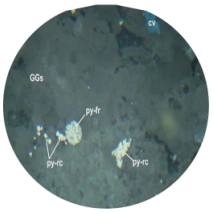
	

Imagen 1. Bajo un aumento de 500X, se observan escasos de enargita (en) alterada a tennantita (tn) y con evidencias de alteración a calcocita (cc), ubicados en el interior de una microfractura de la ganga (GGs). Fuente: Elaboración propia	Imagen 2. Pirita como huevecillos de pescado (py-fr) y piritas framboidales recristalizados (py-rc) esparcidos y diminutos en las gangas (GGs); en la parte superior derecha está el cristal anhedral de covelita (cv). 500X. Fuente: Elaboración propia

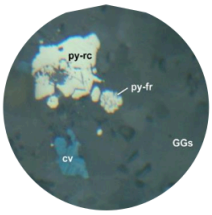
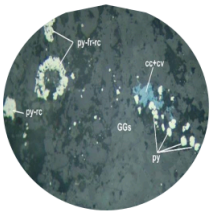
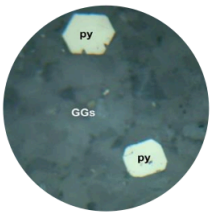

	

Imagen 3. Pirita framboidal (py-fr) y pirita framboidal recristalizada (py-rc) con crecimiento zonificado; crista anhedral de covelita (cv) están diseminados en la ganga (GGs). 500X.	Imagen 4. Bajo un aumento de 200X, se observa pirita framboidal parcialmente recristalizada (py-fr-rc) junto con piritas subhedrales, las cuales han sido parcialmente englobadas y reemplazadas por

Fuente: Elaboración propia	calcocita alterada a covelita (cc+cv). Estos minerales se encuentran diseminados en la ganga (Gs). Fuente: Elaboración propia
	Imagen 5. Piritas (py) bien desarrollado euhedrales diseminados en las gangas (GGs), 500X. Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis químico de la concesión minera en Huancavelica

Métodos: FIRE ASSAY -Vía Seca (FFAA)

Tabla 18. *Métodos de FIRE ASSAY -Vía Seca (FFAA)*

ID. Laboratorio	ID. Cliente	ELEMENTOS							
Elemento		**Au**	**Au**						
Método		**FFAA**	**FFAA**						
Unidad		**g/TM**	**OZ/TC**						
Límite de Cuantificación		**0.20**	**0.005**						
MIN-22/00008	INLLA-01	0.25	0.007						
MIN-22/00009	INLLA-02	0.24	0.007						
MIN-22/00010	ESCORNO-1	1.27	0.037						
MIN-22/00011	ESCORNO-2	1.94	0.057						
MIN-22/00012	HUANCAYPI-1	0.49	0.014						
MIN-22/00013	HUANCAYPI-2	TRAZAS	TRAZAS						
MIN-22/00014	HUANCAYPI-3	1.74	0.051						
MIN-22/00015	HUANCAYPI-4	0.58	0.017						
MIN-22/00016	HUANCAYPI-5	0.29	0.008						
MIN-22/00017	HUANCAYPI-6	TRAZAS	TRAZAS						

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla se puede evidenciar las pruebas de los elementos traza que miden la concentración de minerales específicos en una muestra en este caso el mineral de interés es el oro cuya concentración está en g/TM y OZ/TC respectivamente. En las muestras analizadas encontramos elementos como trazas, los cuales son indicadores de un tipo específico de mineral que buscamos, cabe mencionar que el oro que va asociado con minerales como el cuarzo, pirita con elementos son el hierro, sílice, considerando los datos analizados, se puede demostrar que son de alto valor económico, lo que garantiza la explotación y se puede dar inicio a las operaciones.

- El análisis geoquímico realizado por FIRE ASSAY - Vía Seca (FFAA) facilitó el entendimiento la composición química actual de las distintas zonas seleccionadas (10 análisis). Dicha composición química se expresa en g/TM y OZ/TC. La identificación de oro se destaca principalmente por trazas, lo cual el valor mínimo de g/TM es 0.25 y el valor máximo presentado es de 1.94.

4.3. Discusión de resultados

Se determinó las características geoquímicas de la concesión minera en la provincia de Huancavelica, en esta zona al realizar el análisis se encontró elementos como trazas, los cuales son indicadores de un tipo específico del oro, el análisis geoquímico realizado por FIRE ASSAY - Vía Seca (FFAA) hizo posible entender la composición química puntual de las distintas zonas escogidas (4 análisis). Dicha composición química se expresa en g/TM y OZ/TC. La identificación de oro se destaca principalmente por trazas, lo cual el valor mínimo de g/TM es 0.25 y según el boletín informativo de INGEMMET la mina San Fernando, realizó un estudio en cual la muestra tiene un valor de 1.6 g/t Au, en comparación con los datos que ya tenemos el valor máximo presentado es de 1.94 g/TM, lo cual determina que tiene un alto valor económico para explotar; los yacimientos epitermales se refieren a aquellos depósitos en el cual la mineralización tuvo lugar a profundidad escasa y se depositó partiendo de fluidos hidrotermales. siendo la mineralización mayoritariamente de Au y Ag con sulfuros de metales básicos como Cu, Pb y Zn.

CONCLUSIONES

- En el presente trabajo se determinó las características petromineralógicas de la Empresa Minera en la provincia de Huancavelica, en esta zona al realizar el análisis se encontró elementos como trazas, los cuales son indicadores de un tipo específico del oro.
- El análisis geoquímico realizado por FIRE ASSAY - Vía Seca (FFAA) hizo posible entender la composición química puntual de las distintas zonas escogidas (10 análisis). Dicha composición química se expresa en g/TM y OZ/TC. La identificación de oro se destaca principalmente por trazas, lo cual determina que tiene un alto valor económico para explotar.
- Los yacimientos epitermales se refieren a aquellos depósitos en el cual la mineralización tuvo lugar a profundidad escasa y se depositó partiendo de fluidos hidrotermales, interpretando el análisis químico de la concesión minera, se encuentra mineralización mayoritariamente de Au y Ag con sulfuros de metales básicos como Cu, Pb y Zn.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar más puntos de referencia para el recojo de muestra y posteriormente tener resultados más claros.
- Es importante tener en cuenta que al llevar a cabo un proyecto de ingeniería será necesario averiguar si en la zona hay antecedentes de un yacimiento o un índice de mineralización.
- Para un mejor reconocimiento del área en estudio, se recomienda un mapeo geográfico para la ubicación y registro de lo estudiado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ECHAVARRIA, L. E. y ETCHEVERRY, R. O. Características geoquímicas de la mineralización epitermal del área El Dorado-Monserrat, Provincia de Santa Cruz, Argentina. *Rev. geol. Chile* [online]. vol.25, n.1 [citado 2022-06-26], pp.69-83. 1998. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-20819980001000 06&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0716-0208. http://dx.doi.org/10.4067/S0716-02081998000100006
2. FREY, A.C., PÁEZ, G. and RUIZ, R. Mineralogía de la Alteración Hidrotermal en el Yacimiento Epitermal Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina. *Dialnet* [en línea]. 1970. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6404576.
3. RÍOS MANSILLA, H.W. Yacimiento epitermal de Oro de alta sulfuración de Alto Chicama, controles de mineralización y modelo genético preliminar. *Descripción* [en línea]. 2017. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_825ffaf55a5bbc179e79d2c1fa3cecf2.
4. SUCAPUCA GOYZUETA, C.J. Caracterización petromineralógica de tres yacimientos epitermales del sur peruano – [Boletín B 58]. *Instituto geológico, minero y metalúrgico* [en línea]. 2019. Disponible en: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1985
5. VALENCIA MUÑOZ, M. M. et al. Características geológicas y geoquímicas de los depósitos minerales de la faja magmática cretáceo-paleógena entre Huancavelica y Tacna-bloque norte- [Boletín B 72], [en línea]. 2021. Disponible en: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/3062
6. GOYZUETA, S. JULI, C. Caracterización petromineralógica de tres yacimientos epitermales del sur peruano–[Boletín B 58]. [en línea] 2019. Disponible en: https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/1985?mode=full
7. SPATARO, S. CARRAZANA, A. TORRENTE, D. G. Estudios mineralógicos, texturales y geoquímicos de las vetas epitermales de Morro Bola, Complejo Volcánico Farallón Negro, Catamarca, Argentina. 2019. Disponible en: https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/DataFiles/14905_v2_pp_172_175.pdf
8. ROJAS CASTILLO, J. C. Evaluación de un yacimiento mineral de oro: interpretación geológica, modelado, estimación y clasificación de recursos minerales, [en línea]. 2023. Disponible en: http://hdl.handle.net/10334/8849

9. ROJAS-REYES, N. R. and ECHEVERRY-VARGAS, Luver.Characterization of high-grade gold deposits in northeastern Antioquia-Colombia. *Dyna rev.fac.nac.minas* [online]. 2021, vol.88, n.217, pp.68-74. Disponible en: https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.88766.
10. RODRIGUEZ-ESQUIVEL, C. E. and SANCHEZ-QUINONEZ, C. A. Evidencias de metamorfismo de bajo grado y caracterización petrográfica de la Formación El Hígado, Sur del Huila, Colombia. *Bol. geol*. [en línea]. 2021, vol.43, n.1, pp.77-97. Disponible en: https://doi.org/10.18273/revbol.v43n1-2021004.
11. PATARROYO-CAMARGO, G. D. et al. Reconocimiento geológico de la Formación La Luna en el sector de Matanza (Oeste del Macizo de Santander, Colombia). *Bol. geol*. [en línea]. 2021, vol.43, n.1, pp.35-51. Disponible en: https://doi.org/10.18273/revbol.v43n1-2021002.

ANEXO 01

Imagen N°09: Veta

Imagen N°10: Muestras encontradas en campo N°01

Imagen N°11: Muestras encontradas en campo N°02

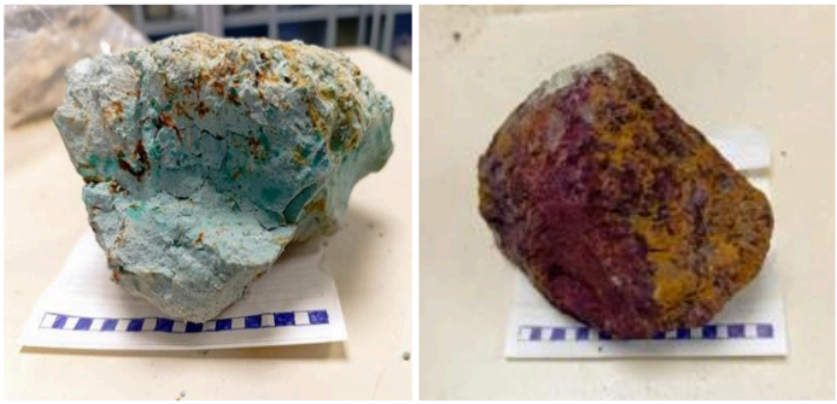


Imagen N°12: Picota

Imagen N°13: Cincel

Estudio mineralógico y textual de la mineralización aplicando microscopia de luz reflejada en una concesión minera en la provincia de Huancavelica

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	17%	5%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
3	www.repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
11	bibliotecadigital.udea.edu.co Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.ingemmet.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Trabajo del estudiante	<1 %
14	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Consorcio CIXUG Trabajo del estudiante	<1 %
16	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.tzvs.ec Fuente de Internet	<1 %
19	Huaman Huallpa, Rigoberto. "Intervención educativa con estrategias colaborativas para mejorar el logro de aprendizaje en física II en	<1 %

los estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, 2019", Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (Peru)
Publicación

20	repositorio.unicartagena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
21	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
23	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
28	www.emaze.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 10 words
Excluir bibliografía	Activo		