



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



**“ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS
MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-
LAMPA-PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FRANK KLEBER GARCIA YARETA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO - PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO
**BORRADOR DE TESIS FRANK GARCIA CO
RREGIDO FINAL.pdf**

AUTOR
Frank Kleber Garcia Yareta

RECuento DE PALABRAS
15284 Words

RECuento DE CARACTERES
89703 Characters

RECuento DE PÁGINAS
99 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO
3.4MB

FECHA DE ENTREGA
Oct 24, 2023 1:23 PM CST

FECHA DEL INFORME
Oct 24, 2023 1:25 PM CST

● **11% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)



E. Samuel Machaca Hanco
INGENIERO GEOLOGO
CIP. N° 50063



Leonel Palomino Asencio



DEDICATORIA

Dedicado a Dios, quien me brindó salud y a la vez oportunidad de crecer personal y profesionalmente, a mi padre, madre y hermanos, quienes son mi ejemplo y quienes me enseñan todos los días lo importante que son los valores humanos.

Frank Kleber García Yareta



AGRADECIMIENTOS

Expresar mi profundo y sincero agradecimiento a:

Dios Padre todo poderoso por brindarme salud, fortaleza, sabiduría para tomar decisiones correctas hasta el día de hoy y ser la luz guía en momentos de tormento.

A mi querida madre Candelaria, mi querido padre Juan, mis grandiosos hermanos Rolando, Alcides, Edwin y hermanita Mishel, a ellos por su apoyo constante y ser motivo de mi superación personal y profesional.

A mi alma mater Universidad Nacional del Altiplano y la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica que me acogieron durante 5 años de formación profesional, a mis maestros, los ingenieros Roberto Zegarra, Luis Ortiz, Jorge Luis Paredes, Vidal Chambi, Digmar Loza, Wilber Calapuja, Juan Diego Rojas y Ruth Quispe. También, a mis compañeros del código 2014-II con quienes compartí experiencias y conocimientos que me ayudaron en mi vida personal y profesional.

Al Dr. Samuel Machaca mi asesor de tesis quien me orientó, apoyó y corrigió durante la ejecución y culminación de este trabajo de investigación.

A mis maestros en Compañía de Minas Buenaventura, los ingenieros Carlos Montes, Alejandro Cabana, Roger Baldeón, Percy Morales, Luis Requejo y compañeros de trabajo.

A mis compañeros y amigos de toda la vida, con quienes he desarrollado fuertes lazos de amistad y hermandad.

Frank Kleber García Yareta



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	19
1.2.1 Problema General	19
1.2.2 Problema Específico.	19
1.3 HIPÓTESIS.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.5 OBJETIVOS	20
1.5.1 Objetivo General.....	20
1.5.2 Objetivos específicos	20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA



2.1	ANTECEDENTES.....	21
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2	Antecedentes nacionales	23
2.1.3	Antecedentes locales.....	25
2.2	GEOLOGÍA REGIONAL	27
2.2.1	Cretáceo	27
2.2.2	Cretáceo – Paleógeno	28
2.2.3	Paleógeno – Neógeno	29
2.2.4	Cuaternario	31
2.2.5	Colque – granodiorita (Nm-co-gd)	32
2.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	34
2.4	METALOGENIA	34
2.5	BASES TEORICAS.....	37
2.5.1	Litología.....	37
2.5.2	Geología estructural.....	37
2.5.3	Yacimientos minerales.....	37
2.5.4	Mineralogía.....	37
2.5.5	Brechas hidrotermales	38
2.5.6	Depósitos epitermales	39
2.5.7	Clasificación de depósitos epitermales	40
2.5.8	Fluidos Hidrotermales	45
2.5.9	Mineralización	46



2.5.10	Movilidad en el ambiente endógeno, dispersión primaria.....	46
2.5.11	Sección pulida	48
2.5.12	Sección delgada.....	48
2.5.13	Petrografía	48
2.5.14	Mineragrafía	48

CAPÍTULO III

METODOS Y MATERIALES

3.1	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1	Etapa 1: Recopilación y revisión de bibliografía.....	49
3.1.2	Etapa 2: Trabajo de campo	50
3.1.3	Etapa 3: Trabajo de gabinete	50
3.2	TRABAJO DE CAMPO.....	50
3.2.1	Mapeo geológico y descripción de estructuras mineralizadas.....	50
3.2.2	Muestreo para secciones delgadas	51
3.3	TRABAJOS DE LABORATORIO	53
3.3.1	Preparación de muestras	53
3.4	EQUIPOS Y MATERIALES.....	54
3.4.1	Equipos de campo.....	54
3.4.2	Equipos de laboratorio	55
3.4.3	Materiales de escritorio.....	55

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



4.1	UBICACIÓN	56
4.2	ACCESIBILIDAD.....	56
4.3	CLIMA.....	57
4.4	FLORA Y FAUNA	58
4.5	GEOLOGÍA LOCAL	58
	4.5.1 Grupo Tacaza.....	58
	4.5.2 Formación Ocoruro.....	59
	4.5.3 Depósitos Morrénicos	60
	4.5.4 Depósitos Aluviales	61
	4.5.5 Bofedales	61
4.6	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	62

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA, MINERALÓGICA Y ESTRUCTURAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE.....	64
	5.1.1 Litología.....	64
	5.1.2 Estructuras mineralizadas	67
	5.1.3 Mineralización	70
	5.1.4 Mineralogía.....	72
5.2	MINERALES DE VALOR ECONÓMICO Y GENERACION DE NUEVAS ZONAS DE INTERÉS.....	74
	5.2.1 Petrografía de la roca caja.....	74



5.2.2 Minerografía de la veta Vicuña.....	79
5.2.3 Minerografía de la veta Verde	80
5.3 CONTROL DE MINERALIZACION EN EL ÁREA DE CANCAHUINE	81
5.3.1 Control litológico.....	81
5.3.2 Control estructural	82
VI. CONCLUSIONES	83
VII. RECOMENDACIONES	84
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS.....	90

Área: Geología de minas

Tema: Estudio geológico de las estructuras mineralizadas del área de Cancahuine Ocuvi-Lampa-Puno

Fecha de sustentación: 10 de noviembre del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Columna estratigráfica regional.....	33
Figura 2 Mapa de franjas metalogénicas con respecto al área de estudio Cancahuine	36
Figura 3 Clasificación genética de brechas.....	38
Figura 4 Estructuras y procesos hidrotermales en depósitos epitermales.....	39
Figura 5 Esquema de alteración en sistemas de baja sulfuración	41
Figura 6 Tipos de fluidos y diagrama de zonación de alteración para sistemas epitermales de alta y baja sulfuración.....	42
Figura 7 Depósitos epitermales alcalinos (baja e intermedia sulfuración)	44
Figura 8 Modelo mostrando los dos principales estados de evolución de depósitos de alta sulfuración	45
Figura 9 Distribución espacial de los halos primarios en la zona de mineral	47
Figura 10 Mapeo geológico del área de Cancahuine	51
Figura 11 Canal de muestreo de la veta Vicuña.....	52
Figura 12 Canal de muestreo de la veta Verde	52
Figura 13 Muestras para secciones delgadas y pulidas.....	53
Figura 14 Láminas de sección delgada	54
Figura 15 Afloramiento de Grupo Tacaza	59
Figura 16 Afloramiento de Formación Ocoruro	60
Figura 17 Afloramiento de depósitos morrénicos.....	61
Figura 18 Columna estratigráfica local.....	62
Figura 19 Geología estructural del área de estudio Cancahuine.....	63



Figura 20	Afloramiento de rocas	65
Figura 21	Brechas freáticas en roca caja.....	67
Figura 22	Afloramiento superficial de la estructura Vicuña.....	69
Figura 23	Afloramiento de la estructura Verde	70
Figura 24	Mineralización de la Veta Vicuña	71
Figura 25	Mineralización de la Veta Verde	72
Figura 26	Minerales de mena y ganga	73
Figura 27	Microfotografías de roca andesita muestra 1	75
Figura 28	Microfotografías de roca andesita muestra 2.....	76
Figura 29	Microfotografías de roca caja de Veta Vicuña	77
Figura 30	Microfotografías de la roca caja de Veta Verde	78
Figura 31	Microfotografías de sección pulida de la veta Vicuña	79
Figura 32	Microfotografías de sección pulida de la veta Verde	80



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Tipos de yacimientos epitermales.....	40
Tabla 2 Características de los yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración ...	42
Tabla 3 Coordenadas del área de estudio.....	56
Tabla 4 Accesibilidad al área de estudio.....	57



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Az:	Azimut
Bz:	Buzamiento
cm:	Centímetros
EPIG:	Escuela Profesional de Ingeniería Geológica
INGEMMET:	Instituto Geológico Minero y Metalurgico
Km:	Kilometros
Kis-a:	Cretácico inferior-superior Arcurquina
Kis-Ayb:	Cretácico inferior-superior Ayabacas
kis-vi:	Cretácico inferior-superior Vilquechico
m:	Metros
Ma:	Millones de Años
mm:	Milímetros
NE:	Noreste
Nm-ma:	Neógeno Maure
Nm-p:	Neógeno Palca
Nm-si:	Neógeno Sillapaca
NQ-ca:	Neógeno Cuaternario Qalasaya
NW:	Noroeste
P-m:	Paleógeno Muñani
P-pu:	Paleógeno Puno
PN-t:	Paleógeno Neógeno Puno
Po-oc:	Neógeno Oligoceno ocoruro
Q-bi:	Cuaternario Biogenico
Q-gl:	Cuaternario Glacial



Q-alfl:	Cuaternario Aluvial-fluvial
Q-glfl:	Cuaternario Glacial-fluvial
Qh-al:	Cuaternario Aluvial
SE:	Sureste
SW:	Suroeste
UTM:	Universal Mercator Transversal
°C:	Grados Centígrados



RESUMEN

El proyecto de investigación está ubicado en el Distrito de Ocuvi, Provincia de Lampa y Departamento de Puno. El objetivo de la tesis es caracterizar las estructuras mineralizadas del área denominada Cancahuine, describir la litología, geología estructural y mineralogía, determinar la ocurrencia de minerales de valor económico y determinar los controles de mineralización. La metodología utilizada para esta tesis es de tipo descriptivo y cualitativo, por lo tanto, se establece tres fases de trabajo, primero la etapa de recopilación de información, segundo la etapa de campo donde se obtuvieron datos geológicos y muestreo para trabajos petrominerográficos y finalmente la etapa de gabinete donde se redactará el informe final y el desarrollo de planos y secciones geológicas. El área de estudio Cancahuine está conformada por una serie de rocas volcánicas de composición andesítica del Grupo Tacaza, conglomerados de la Formación Ocoruro, depósitos cuaternarios y bofedales. La roca encajonante en las estructuras mineralizadas son las rocas volcánicas andesíticas, por su comportamiento frágil poseen espacios que facilitan de deposición de fluidos hidrotermales. La falla Rossy al S y una falla inferida al N de orientación andina NW-SE controlan a la veta Vicuña, el cual tiene una orientación NW-SE y a la veta Verde con una orientación E-W, la potencia de la veta Vicuña oscila de 0.80 a 1.20 m con una longitud de 25 m visibles y en parte cubierto por vegetación y la veta Verde tiene una potencia de 0.30 a 0.45 m con un longitud no determinada por presencia de material cuaternario y vegetación, los minerales en la veta Vicuña son de oro electrum, pirita, calcopirita, pirrotita, cuarzo, calcita y óxidos, en la veta Verde se evidencia calcopirita, y minerales secundarios en abundancia como bornita, malaquita, calcosina y óxidos relleno de cavidades, al sur del área de estudio también se evidencian pequeñas vetas, pero de menor interés por el contenido mineral, potencia y longitud. Estas características conllevan a describir el yacimiento como un depósito epitermal de baja sulfuración. Los minerales de valor económico son el oro (Au) y el cobre (Cu) los cuales generan mayor expectativa de exploración en el área de investigación y alrededores. Los controles de mineralización en el área de Cancahuine están enmarcados por los controles litológicos y estructurales.

Palabras claves: Control estructural, estructuras mineralizadas, geología y mineralogía.



ABSTRACT

The research project is located in the District of Ocuvi, Province of Lampa and Department of Puno. The objective of the thesis is to characterize the mineralized structures of the area called Cancahuine, describe the lithology, structural geology and mineralogy, determine the occurrence of minerals of economic value and determine the mineralization controls. The methodology used for this thesis is descriptive and qualitative, therefore, three phases of work are established, first the information collection stage, second the field stage where geological data and sampling for petromineragraphic works were obtained and finally the cabinet stage where the final report and the development of geological plans and sections will be written. The Cancahuine study area is composed of a series of volcanic rocks of andesitic composition of the Tacaza Group, conglomerates of the Ocoruro Formation, quaternary deposits and wetlands. The encasing rock in the mineralized structures are the andesitic volcanic rocks, due to their brittle behavior they have spaces that facilitate the deposition of hydrothermal fluids. The S Rossy fault and the N inferred fault both NW-SE Andean oriented control the Vicuña vein, which has a NW-SE orientation and the Verde vein with an E-W orientation, the thickness of the Vicuña vein ranges from 0.80 to 1.20 m with a length of 25 m visible and partly covered by vegetation and the Verde vein has a thickness of 0.30 to 0.45 m with a length of no determined by the presence of quaternary material and vegetation, the minerals in the Vicuña vein are electrum gold, pyrite, chalcopyrite, pyrrhotite, quartz, calcite and oxides, in the Verde vein chalcopyrite is evidenced, and secondary minerals in abundance such as bornite, malachite, chalcocite and oxides filling cavities, to the south of the study area small veins were also evidence, but of less interest for mineral content, thickness and length. These characteristics lead to the description of the reservoir as a low-sulphidation epithermal deposit. The minerals of economic value are gold (Au) and copper (Cu), which generate greater expectations for exploration in the research area and surroundings. Mineralization controls in the Cancahuine area are framed by lithological and structural controls.

Keywords: Geology, Mineralized structures, Mineralogy and structural control



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El área de estudio Cancahuine, está ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Lampa y Distrito de Ocuvi, aproximadamente a 1175 Km al Sureste desde la ciudad de Lima y 20 Km al Noroeste del yacimiento epitermal de Au de alta sulfuración Arasi.

Desde la época de los españoles se explotó principalmente oro, en el área de investigación y alrededores aún se observan labores subterráneas derrumbadas (piques, galerías) de extracción y remanentes de molinos para su molienda y obtención.

El distrito de Ocuvi cuenta con una larga historia de exploración y explotación minera, el área de investigación y sus alrededores no ha sido ajeno a estos procesos, se puede ver diferentes tipos de denuncios mineros pertenecientes a empresas y/o compañías nacionales y extranjeras, por tal razón, la potencialidad metalífera del distrito de Ocuvi y distritos alrededores (Condoroma, Pallpata, Espinar, Ichuña, etc.) son de gran interés por la presencia de yacimientos minerales y razón de estudio del área de Cancahuine.

El área de estudio se encuentra controlada por fallas regionales de orientación NW-SE y centros volcánicos que controlan la mineralización y forman yacimientos minerales como Arasi, Tintaya, Antapaccay, Coroccohuayco, etc.

El objetivo de este estudio es caracterizar las estructuras mineralizadas, describir la litología, estructural, mineralogía, conocer los minerales de valor económico y generar nuevas zonas de interés, así mismo determinar los controles de mineralización.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El área de Cancahuine se encuentra en la XV franja metalogénica, caracterizada por Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno, se encuentra controlada por el Sistema Estructural Ocuvirí-Arasi-Paratia y Sistema Estructural Yauri vista en el mapa estructural regional (Ver anexo N°03), estas fallas regionales darían lugar a la formación de fallas menores que controlan la mineralización. Localmente al S se tiene la falla Rossy y al N se infiere una falla principal de dirección NW-SE, los cuales darían lugar a la formación de fallas de dirección NE-SW, al W del área de investigación existen centros volcánicos (Ajopichaca, Luli, Choquepirhua, entre otros), los cuales darían origen a la formación de rocas volcánicas y piroclásticas expuestas en Cancahuine, así también, se evidencia rocas sedimentarias. Las rocas de origen volcánico hospedan la mineralización ya que poseen espacios (fracturas y permeabilidad) favorables para que a partir de fluidos hidrotermales precipite la mineralización.

El área de estudio y alrededores de Cancahuine carece de un mapeo geológico detallado, es fundamental elaborar diseños geológicos que identifiquen adecuadamente los afloramientos y las características del área de estudio. Además, no se tiene investigaciones que detallen las características litológicas y descripción de estructuras mineralizadas, serie o eventos de mineralización que se han producido.

El problema surge debido a la importancia de comprender, caracterizar y describir la litología, geología estructural, estructuras mineralizadas y conocer el potencial económico desde el punto de vista geológico. Los resultados obtenidos ayudarán a comprender mejor las estructuras mineralizadas y a tomar decisiones en relación con una probable explotación de los recursos minerales.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1 Problema General

De acuerdo con el planteamiento del problema se considerará las siguientes interrogantes: ¿Es posible caracterizar las estructuras mineralizadas en el área de estudio Cancahuine Ocuvi - Lampa - Puno?

1.2.2 Problema Específico.

¿Cuál será la litología, geología estructural y mineralogía en el área de Cancahuine?

¿Cuáles serán los minerales de valor económico en el área de Cancahuine?

¿Cuáles serán los controles de la mineralización en el área de Cancahuine?

1.3 HIPÓTESIS

En el área de estudio Cancahuine, se espera encontrar una litología dominada por rocas volcánicas. Se prevee que la mineralogía estará compuesta por minerales como pirita, calcopirita, cuarzo y calcita, pero también se identificarán minerales de valor económico, y se delinearán nuevas zonas de interés prospectada. Se hipotetiza que el control de la mineralización en Cancahuine estará relacionado con las estructuras geológicas y la presencia de vetas y fracturas que facilitan la concentración de minerales de valor económico.

Esta hipótesis establece las expectativas en relación a la litología, la mineralogía, la identificación de minerales de valor económico y el control de mineralización en el área de Cancahuine de acuerdo a los objetivos mencionados.

1.4 JUSTIFICACIÓN



El presente trabajo de investigación tiene el propósito de caracterizar las estructuras mineralizadas en el área de estudio, así mismo, identificar la litología, geología estructural y mineralogía; se desconoce el comportamiento estructural, relación y sus tendencias espaciales.

Se debe identificar los minerales de valor económico presentes en las estructuras mineralizadas principales, con los cuales podremos generar nuevas zonas de interés prospectable y poder realizar trabajos a mayor detalle.

Así mismo, se debe determinar el control mineralógico y conocer los minerales presentes en las estructuras mineralizadas y su relación con los minerales de valor económico. Finalmente, todos estos datos recopilados en campo y laboratorio nos ayudarán a conocer las características geológicas de las estructuras geológicas y redactar el trabajo de investigación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Caracterizar las estructuras mineralizadas del área de estudio Cancahuine Ocuvi-Lampa-Puno.

1.5.2 Objetivos específicos

- Describir la litología, geología estructural y mineralogía del área de estudio Cancahuine.
- Determinar los minerales de valor económico y generar nuevas zonas de interés prospectada en el área de Cancahuine.
- Determinar los controles de mineralización en el área de Cancahuine.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes internacionales

Ordóñez L. (2019), en su “Estudio de la génesis de la veta azul basado en un control geológico estructural en las labores mineras circunscritas de la concesión “Nueva Esperanza 4” código 300086, ubicado en la parroquia Zaruma y Sinsao del Cantón Zaruma, provincia de El oro”, tiene como objetivo principal analizar el control geológico y estructural de la veta Azul. Donde el análisis mineralógico, ensayos de contenido de oro, mapeo de unidades litológicas y diagnóstico estructural, permitió relacionar la mineralización del sitio, a una nueva zona de transición entre una fase polimetálica a una fase epitermal más enriquecida en metales preciosos. También se puede advertir la presencia de cuerpos minerales con textura crustiforme y brechada; con presencia de calcita, adularia y carbonatos; evidenciando un proceso de ebullición tipo Hot Spring. La litología predominante es la andesita y algunas brechas relacionadas al miembro Muluncay, principalmente la mineralización es albergada por andesitas del miembro Portovelo.

Lemus O. (2012), en su trabajo de investigación denominada “Exploración geológica del área El Refugio, Durango, México”, tuvo como objetivo realizar estudios geológicos para determinar el potencial exploratorio o minero, orientado en la búsqueda de ambientes hidrotermales del tipo epitermal de metales preciosos. Donde evidenció alteración hidrotermal (argílica y fílica), mineralización aurífera de baja ley en vetas con valores de 0,3 a 0,6 g/t Au. Con



el mapeo geológico estructural realizado, a escalas 1:20.000 y 1:2.000, se definieron las estructuras y vetas relacionadas al sistema de fallas San Luis - Tepehuanes con dirección NW-SE. La mineralización encontrada en el área El Refugio permitió conocer el potencial exploratorio por Au-Ag, asociado a ambientes epitermales de metales preciosos. La aseveración anterior es confirmada por estudios de inclusiones fluidas que permiten clasificar los sistemas de vetas en el área de estudio en depósitos epitermales de baja a intermedia sulfuración

Conrado P. (2014), en su investigación denominada “Caracterización detallada de la mineralización en veta Eureka, y su comparación con otras mineralizaciones del Distrito Cerro Negro, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina”, tuvo como objetivo desarrollar tareas de investigación que condujeran a la caracterización geológica de nuevos sectores de mineralización, donde la geología del sector oeste del distrito está dominada por una secuencia volcánica del Jurásico superior correspondiente al Complejo Volcánico Bahía Laura, apoyada sobre un basamento metamórfico no aflorante con una edad máxima de depositación de ~379 Ma (Devónico superior) equivalente a la Formación La Modesta (Macizo del Deseado) y al Complejo Metamórfico Andino Oriental (Argentina-Chile).

La mineralización corresponde a cuerpos vetiformes de rumbo NO, ONO y EO con longitudes, espesores y contenidos en metales preciosos excepcionales. Eureka es la veta más importante del distrito y del Macizo del Deseado, con una longitud de hasta 5 km y espesores de hasta 20 metros y la mineralización principal de metales preciosos se encuentra asociada a bandas tipo ginguro ricas en sulfuros y sulfosales de plata con metales base.



2.1.2 Antecedentes nacionales

Tunque C. (2015), en su investigación “Prospección y exploración geológica de depósitos de hierro del proyecto Cerro Ccopane Accha – Omacha”, nos menciona como objetivo definir las dimensiones del cuerpo mineralizado y localizar los afloramientos de intrusivos granodioríticos de magnetita de tipo gossan, La mineralización del proyecto Cerro Ccopane se denomina Orcopura, Aurora, Huillque y Bob 1. Las tres primeras zonas trazan la interacción tectónica de las calizas de la Formación Ferrobamba con las rocas intrusivas del batolito Andahuaylas-Yauri. La mineralización en la zona de Bob 1 está compuesta principalmente de magnetita masiva, de grano medio-fino con una textura granular, con pirita irregular y magnetita masiva de grano muy fino. Al norte de Bob 1, también se evidencia magnetita en bandas onduladas con intercalación de calco silicatos y dispersión de pirita, las brechas hidrotermales contienen una matriz de magnetita, las vetas de magnetita son de grano medio y grueso de entre 1 mm y 4 cm de potencia con evidencias de calcopirita. La silicificación masiva es la alteración más visible en los sondeos, pero también pueden encontrarse alteraciones propilíticas y potásicas.

Villatty J. (2021), en su trabajo denominado “Estudio geológico para determinar el potencial de polimetálicos en la concesión minera san Luis, distrito de san Luis, provincia san pablo, Cajamarca”, tiene como objetivo realizar un estudio geológico para determinar el potencial multimetálico en la Concesión Minera San Luis, Distrito de San Luis, Provincia de San Pablo, Cajamarca - 2021. Aplicación, interpretación, cuantitativa, cuasiexperimental. La dirección de la mineralización en la veta Lady está determinada por la estructura de tendencia NW-SE y ENE; y un rumbo de 60°. La investigación topográfica muestra que la



estructura de la veta Lady no crea las condiciones adecuadas para una minería segura porque el ancho y la altura del socavón solo son adecuados para la minería manual. La pendiente se considera suficiente para la manipulación y el transporte. Se encontró que la mineralización de la solución hidrotermal extraída determina el control estructural y petrográfico. En la etapa de intrusión y deposición dentro de fallas de tensión preexistentes, se forman vetas de mineral que consisten en capas de cuarzo, pirita en cantidades variables, en menor medida esfalerita, galena y calcopirita.

Peña C. (2016), en su “Estudio geológico, mineralógico y de ocurrencia del yacimiento Imanniyoq, distrito de Ccapacmarca – Cusco”, tuvo como objetivo definir las características geológicas y mineralógicas del yacimiento de Imanniyoq. Está conformado por afloramientos de intrusivos plutónicos como dioritas, monzodioritas y cuarzo-monzodioritas, rocas sedimentarias como calizas de la Formación Arcurquina, la mineralización está relacionada con eventos producidos por intrusivos dioríticos y monzodioríticos del batolito Andahuaylas - Yauri del Eoceno - Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales y controlados por los sistemas de fallas regionales, existen dos sistemas de fallas principales con dirección NW-SE (falla Sotomachay) y NE-SW (falla San Francisco). Durante la sedimentación Mesozoica, la falla Sotomachay pudo haber funcionado como una falla inversa entre el Eoceno y el Oligoceno (orogenia Inca), mientras que la falla San Francisco posiblemente se formó en el Paleozoico y controló el emplazamiento de los intrusivos durante el Eoceno y el Oligoceno (orogenia Inca).



2.1.3 Antecedentes locales

Ramos S. (2011), en su “Estudio geológico y recursos económicos en la zona Mamacocha Distrito De San Antonio de Esquilache–Puno”, nos menciona que según su la geología, mineralogía, mineragrafía y petrología, es un depósito hidrotermal mesotermal a epitermal, presenta un sistema principal de mineralización multi-evento de baja sulfuración, vetiforme, sigmoidal en un estadio transicional que va gradando de un mesotermal a epitermal típico de intermedia a baja sulfuración, con mineralización polimetálica con predominancia de Ag-Au en la zona epitermal y mesotermal, muestra mayores valores de Zn-Pb-Ag-Cu-Au.

Muñoz L. (2012), en su trabajo denominado “Evolución tectónica-estructural del corredor paratía-ocuviri, Puno, sur del Perú y sus implicancias en el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos minerales”, en el cual se identificaron 4 eventos, mostrando diferentes estados de evolución tectónica, ígnea e hidrotermal en el Corredor Paratia-Ocuviri. El primer evento, que duró de 24 a 18 Ma, facilitó el vulcanismo generalizado en este período, como lo demuestra la ubicación de productos volcánicos asociados con el grupo Palca. El segundo evento de deformación (hace 18-16 millones de años), caracterizado por un máximo hacia los 60° de latitud norte, facilitó la deposición de depósitos epigenéticos de bajo y medio sulfuración (El Cofre, San Carlos, Pomasi, La Inmaculada, Palca y Raquel). El tercer evento, de 16 a 10 mA, con un eje de compresión máxima N45°, facilitó la alineación de los centros volcánicos de Sillapaca y las estructuras de intersección y reemplazó las estructuras sedimentarias mineralizadas principales en relación con el evento anterior (18 hasta 16 millones de años). Finalmente, entre 10 y 8 Ma, hubo un eje de



contracción $N85^{\circ}-90^{\circ}$ que creó las condiciones adecuadas para el almacenamiento de depósitos epiteliales altamente sulfatados (Arasi y Quiscas).

Mamani P. (2016), en su “Estudio geológico y análisis estructural de la veta el Cofre-Paratia provincia de Lampa, departamento de Puno”, tuvo como objetivo fue determinar el comportamiento estructural de la veta mediante la creación de secciones geológicas utilizando cartografía subterránea y muestreo. La geología de la zona minera está representada por rocas volcánicas del Grupo Tacaza del Oligo-Mioceno Neógeno formadas por fundidos andesíticos, y la Formación Palca del Mioceno Inferior formada por rocas piroclásticas y depósitos cuaternarios pleistocenos y cuaternarios recientes. Se concluyó que la veta primaria se encuentra en el techo de la falla regional, con un rumbo medio de $N35^{\circ}E$ y un buzamiento alto de $65-85^{\circ}NW$. Aproximadamente 2300 m a lo largo de la falla, hay un rumbo medio $N5-35^{\circ}E$ y un buzamiento alto de $65-85^{\circ}NW$, que a veces se detecta perpendicularmente. La potencia de las vetas varía, con un relleno mineralizado que oscila entre 0,2 m. y 10,0 m. cerca de la falla, lo que indica un sistema de tipo "rosario" con ensanchamientos y estrechamientos horizontales y verticales. Las proyecciones estereográficas revelaron la existencia de movimientos casi horizontales al comienzo de la formación de la falla. Hubo movimientos horizontales al comienzo de la creación de la falla, y cuando se produjo el desplazamiento, este adquirió mayor ángulo en sentido vertical.

Ponce D. (2017), en su “Estudio geológico y aplicación del Método IP en la exploración del yacimiento Jésica (Ocuvi-Puno)”, de acuerdo con sus objetivos se ha determinado su comportamiento en profundidad, relacionando aspectos petrográficos, estructurales y mineralógicos con los valores de resistividad y la carga obtenida del ensayo. Se identifican las anomalías de



resistividad al norte, centro y sur. La anomalía del sur aparece como una alta resistividad que indica un moderado intercambio de silicio en el lecho rocoso. La Anomalía Central es circular y tabular mientras que la Anomalía Norte tiene una resistividad moderadamente alta. Se han identificado áreas de posibles concentraciones de sulfuro cerca de la superficie y debajo del Límite de Pit.

2.2 GEOLOGÍA REGIONAL

En referencia al cartografiado regional del INGEMMET se conoce que las rocas más antiguas corresponden a la Formación Arcurquina del Cretácico inferior las cuales infrayacen a las formaciones del vulcanismo cretácico, así como a depósitos cuaternarios. A partir de ello, se describirá la litología a escala regional (Ver anexo N°02).

2.2.1 Cretáceo

2.2.1.1 Formación Arcurquina (Kis-a)

Fue estudiada por (Jenks, 1948), el cual consiste en una sucesión de calizas de color oscuro a gris claro, fuertemente plegadas, con una potencia promedio de 650 m en estratos que varían de 20 a 50 cm de espesor y abundante presencia de fósiles mal conservados. Ubicado al NW del área de estudio.

2.2.1.2 Formación Ayabacas (kis-Ayb)

Fue estudiado por (Valdivia & Rodriguez, 2003), posteriormente por (Palacios, et al., 1993) y se caracteriza por rocas calizas y limo arcillas rojas.

Los afloramientos tienen una potencia promedio de 300. En algunas zonas existen calizas de color gris oscuro con moluscos mal conservados. Asimismo, se pueden encontrar calizas micríticas que



contienen restos de erizos de mar, radiolarios, ostrácodos y gasterópodos. Ubicados al N, NE y SE del área de estudio.

2.2.1.3 Formación Vilquechico (Ks-vi)

Según Newell (2003), tiene una potencia aproximada de 300 m y está compuesto por lutitas verde grisáceas, blanco lechosas y rojas finamente estratificadas, sobreyacen lutitas pardo-rojizas y areniscas de grano fino a medio moderadamente cementadas, arenisca de cuarzo de capa delgada y marrón verde a amarilla y caliza concoide de capa delgada. Así también, subyace en discordancia erosional a la Formación Muñani. Ubicado al NW del área de estudio.

2.2.2 Cretáceo – Paleógeno

2.2.2.1 Formación Muñani (P-m)

Según Newell (2003), esta unidad con un espesor promedio de 480 m comprende niveles de conglomerados subredondeados en una matriz areno arcillosa, niveles de areniscas beige y niveles delgados de limo arcillas rojizas. Ubicados al NW, E, S y SW del área de estudio.

2.2.2.2 Grupo Puno (P-pu)

Fue reconocida por primera vez por Gherh, (1915) como conglomerados y areniscas rojas. Posteriormente Cabrera la Rosa a. y Petersen G., (1936) le elevan al rango de Formación Puno. (Valdivia & Rodriguez, 2003) la eleva a la categoría de grupo.

Esta unidad cuya potencia promedio es de 500 m se encuentra representada por areniscas feldespáticas, arcosas y conglomerados



polimícticos de matriz arenosa pardo-rojiza, con clastos subangulosos a subredondeados heterométricos. Ubicados al NW, NE y SE del área de estudio.

2.2.3 Paleógeno – Neógeno

2.2.3.1 Grupo Tacaza (PN-t)

Según (Valdivia & Rodriguez, 2003), con una potencia promedio de 3600 m son afloramientos de rocas volcano-sedimentarias, secuencias de lavas andesíticas y rocas piroclásticas. Su principal afloramiento se encuentra cerca de la Mina Tacaza (Lagunillas), que se superpone a la Formación Ayabacas en una discordancia angular, subyace al Grupo Palca, creando las primeras manifestaciones de vulcanismo Cenozoico. Las rocas volcánicas expulsadas de centros volcánicos se formaron entre 30 y 24 millones de años. Ubicado alrededor del área de estudio.

2.2.3.2 Grupo Maure (Nm-ma)

Según (Valdivia & Rodriguez, 2003) está conformado por limolitas laminadas tobáceas de colores grises, verdes, cremas a blancas, alternadas con tobas retrabajadas, areniscas tobáceas y conglomerados. Tobas con fragmentos líticos son de caliza, cuarcita y rocas volcánicas. Ubicado al NW del área de estudio.

2.2.3.3 Grupo Palca (Nm-p)

Según (Valdivia & Rodriguez, 2003) se encuentra en discordancia angular con el Grupo Tacaza e infrayace al Grupo Sillapaca, y se caracteriza por una serie de tobas y conglomerados tobáceos. Consiste en



capas de conglomerado de arcilla tobácea con clastos subredondeados intercalados con capas delgadas de arenisca rojiza, arenisca verde con cemento calcáreo.

Contiene una serie de conglomerados con clastos casi redondeados de origen volcánico y calcáreo, intercalados con clastos de granodiorita alterada de menos de 15 cm de diámetro. La distribución de los detritos es generalmente débil y también se exponen tobas lenticulares masivas, de color rosado y de grano fino. En la parte superior, una serie de tobas con tonalidades rosadas, tobas silicificada de color blanco verdoso mezcladas con conglomerados piroclásticos andesíticos y finalmente algunas tobas riolíticas bordeadas por vidrio volcánico entrecruzado con calcedonia. La datación geológica, se determinó que la edad es de 11 a 16 millones de años, correspondiente al Mioceno Inferior (Neógeno Terciario Medio a Inferior). Ubicado al S y SE del área de estudio.

2.2.3.4 Grupo Sillapaca (Nm-si)

Según (Valdivia & Rodriguez, 2003), con una potencia promedio de 2000 m presenta flujos de lava de composición andesítica y dacítica, algunos de ellos están parcialmente erosionados; las coladas lávicas más jóvenes muestran dirección de flujo, siendo algunos típicos de domos lava de composición dacítica, estas lavas sobreyacen en aparente concordancia a las ignimbritas del Grupo Palca y tiene una datación de 11.2 ± 0.6 Ma. Ubicado al E, SE, S y W del área de estudio.

2.2.3.5 Formación Ocoruro (Po-oc)

Según (Klinck, 1986), está constituido por conglomerados que se



formaron al oeste de la localidad de Ocoruro, distrito de Pampa Ojo Pampa, y sobre el cerro Misa Punta en el cuadrángulo de Condorama. Consiste en una serie de conglomerados que contienen clastos de granodiorita, caliza y cuarcita. Esta formación infrayace a los flujos de centros volcánicos como el centro volcánico Ajopichaca.

La parte inferior de la Formación Ocoruro consiste en conglomerados con clastos de caliza, rocas volcánicas, cuarcita, arenisca y granodioritas que varían en tamaño de 0.20 a 1,20 m. En el techo de la formación presenta intercalación de areniscas y lutitas, que corresponden al depósito de ríos areno-conglomerádicos trenzados con llanuras de inundación, la Formación Ocoruro no cuenta con datación radiométrica o fósiles, pero, al infrayacer a flujos datados en 25 ± 0.8 Ma se considera del Oligoceno inferior. Se ubica al NW del área de estudio.

2.2.3.6 Formación Calasaya (NQ-ca)

Están conformados por gravas y arenas mal seleccionadas en matriz areno limosa. Se ubica al NW del área de estudio.

2.2.4 Cuaternario

2.2.4.1 Depósito Glaciar (Q-gl)

Están conformados por fragmentos angulosos a subangulosos con diámetro variable, compuesto por rocas, arena, grava y arcilla, se forman cuando el hielo se derrite y deja atrás los materiales que transportaba, se pueden evidenciar en morrenas.



2.2.4.2 Depósito Aluvial – fluvial (Q-alf)

Estos depósitos se encuentran en llanuras dejadas por el paso de los ríos. Son depósitos restringidos a los lechos de los ríos y están constituidos de grava y rodeados en una matriz arenosa con presencia de limo arcillas lenticulares y materiales residuales no consolidado.

2.2.4.3 Depósito Glaciar – fluvial (Q-glfl)

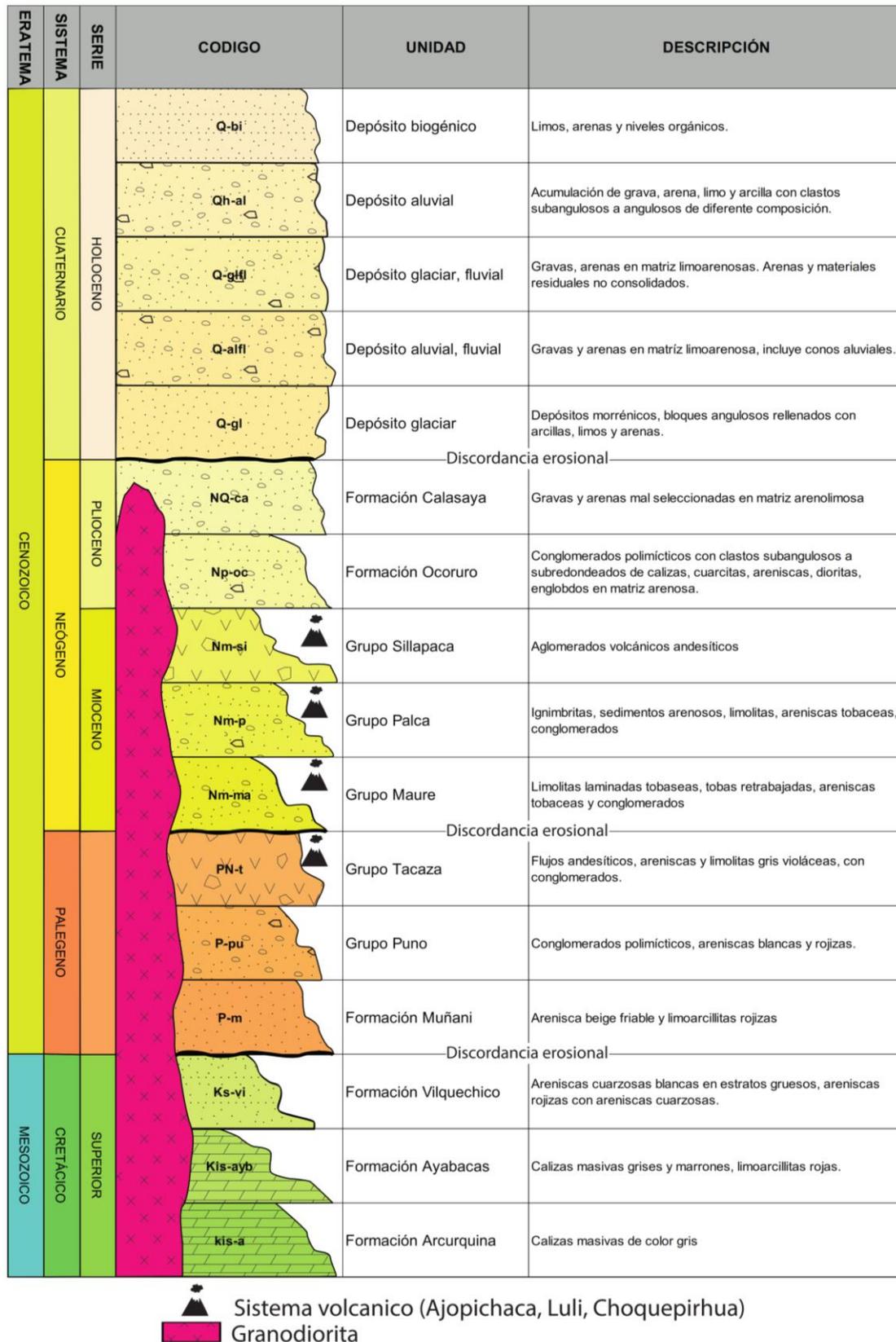
Es una acumulación de sedimentos que se forma cuando el agua proveniente del deshielo de un glaciar transporta y deposita materiales. Estos depósitos se forman cuando el agua de fusión del glaciar fluye a través de valles y cañones, llevando consigo sedimentos como arena, grava y limo. A medida que el agua se desplaza, deposita estos sedimentos en forma de abanicos aluviales, terrazas o deltas glaciares.

2.2.5 Colque – granodiorita (Nm-co-gd)

Conformado por granodiorita, leucócrata, holocristalina, inequigranular de textura fanerítica con cristales de plagioclasa, ortosa, cuarzo y anfíbol.

Figura 1

Columna estratigráfica regional



Fuente: Elaboración propia, modificado de (Cerpa, 2015)

2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

El área de estudio se encuentra controlado por dos grandes sistemas estructurales, al E el Sistema Estructural Ocuwiri-Arasi-Paratia y al W el Sistema Estructural Yauri (Ver anexo N°03).

Los sistemas estructurales marcan los corredores tectónicos que controlan la ubicación y emplazamiento de centros volcánicos de los grupos Tacaza, Palca y Sillapaca. Además, estos sistemas produjeron cuencas sedimentarias del Mioceno, como la Cuenca de Tinajani, cuyos sedimentos formaron estructuras complejas como resultado de procesos de erosión (Cerpa, 2015)..

Asimismo, en ambos períodos del Mioceno, estas estructuras mostraron esfuerzos, fracturando las rocas y creando estructuras favorables para la circulación de fluidos magmáticos, formando así los centros volcánicos, también para los fluidos hidrotermales ubicados cerca de los centros de paleo-emisión, lo que permitió el desarrollo de sistemas de mineralización (Cerpa, 2015).

2.4 METALOGENIA

El área de estudio se encuentra dentro de la XV franja de pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno, se ubica entre la Cordillera Occidental y el Altiplano de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno (Ver imagen N°01).

La mineralización está relacionada con granitoides dioríticos a granodioritas del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003) y controlados, por los sistemas de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, Cusco-Lagunillas-Mañazo, Abancay- Andahuaylas-Totos-Chincheros Licapa y Abancay- Condoroma- Caylloma. La mineralización Cu-Mo (Au)

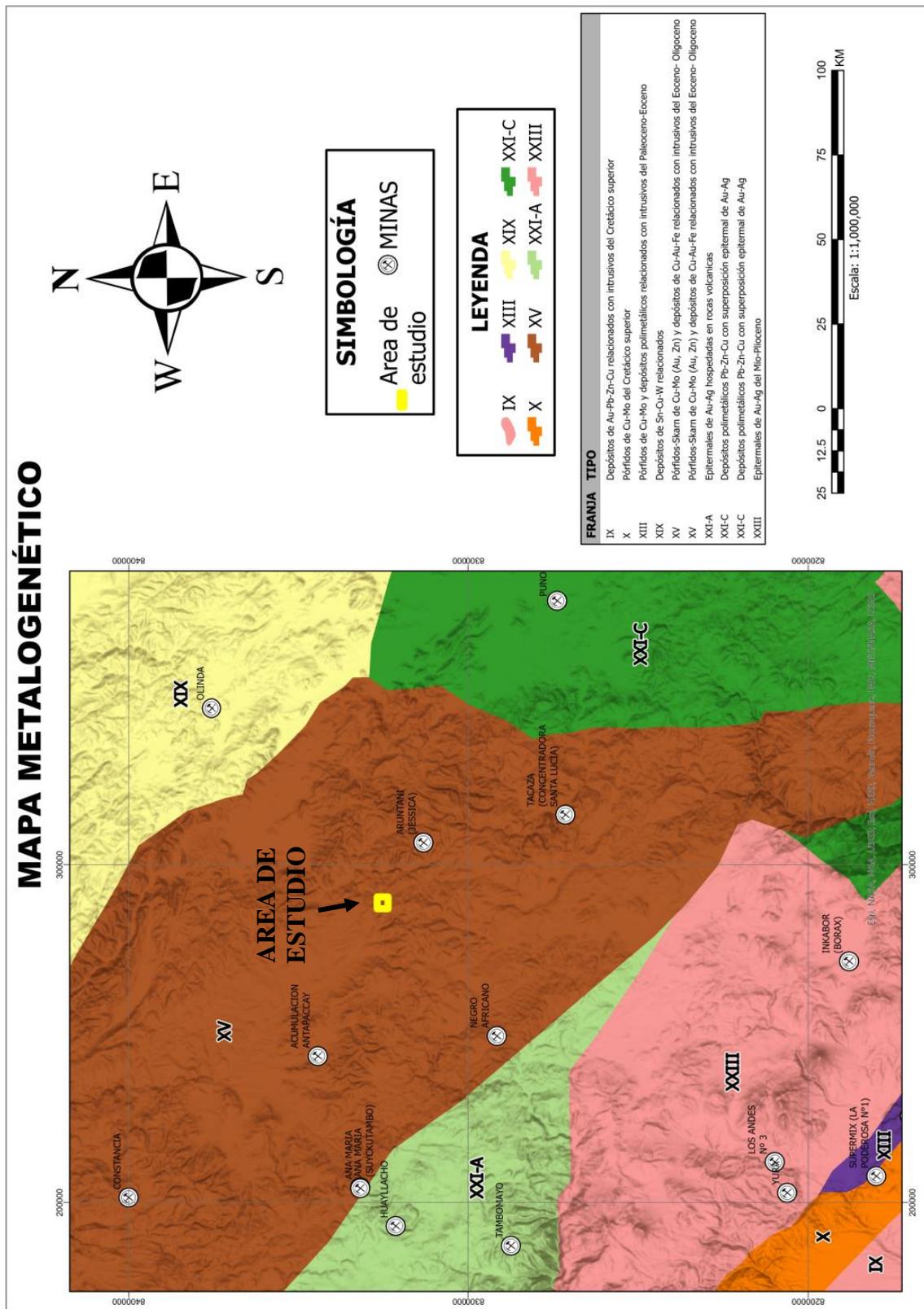


está relacionada con intrusivos intermedios a ácidos, asimismo en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano se desarrollan cuerpos de Skarn de Cu-Zn. Los intrusivos más básicos están relacionados con las mineralizaciones de Fe-Cu-Au, que se presentan a manera de cuerpos, en el contacto con secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano, además de vetas principalmente de Au- Cu en los intrusivos.

Los depósitos más representativos de esta franja son Tintaya, Kananga, Las Bambas, Cotabambas, Morosayhuas, Antapacay, Haqaira, Los Chancas, Antillas, Trapiche, entre otros. Las edades de mineralización están registradas entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que en el dominio del sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri, se tienen cuencas continentales sin-orogénicas (Carlotto et al., 2005), con mineralización de Cu tipo “Red Bed” alojada en capas rojas del Eoceno-Oligoceno del Grupo San Jerónimo y relacionada con el Batolito Andahuaylas Yauri (Loza, 2004). Los depósitos más importantes de este tipo se ubican en las localidades de Tambomachay, Ushpa, Tipón y Anta (Cerpa, 2015).

Figura 2

Mapa de franjas metalogénicas con respecto al área de estudio Cancahuine



Fuente: Tomado de INGEMMET



2.5 BASES TEORICAS

2.5.1 Litología

Es una rama de la geología que se centra en el estudio y la descripción de las características físicas de las rocas. Esto incluye su composición mineralógica, textura, estructura y cualquier otra característica observable. La litología es fundamental para comprender la historia geológica, identificar recursos naturales como minerales.

2.5.2 Geología estructural

Es una rama de la geología que se enfoca en el estudio de las deformaciones, fracturas y pliegues de la corteza de la tierra. Su objetivo principal es comprender la disposición tridimensional de las capas de roca y las fuerzas que han dado forma a las estructuras geológicas, como fallas, pliegues y fracturas, lo que es esencial para la exploración de recursos naturales, la evaluación de la estabilidad de terrenos y la comprensión de la historia geológica.

2.5.3 Yacimientos minerales

Los yacimientos minerales son fuentes de recursos naturales esenciales y se forman a lo largo de millones de años. La extracción de minerales de estos depósitos es fundamental para la industria y la economía, ya que proporciona los materiales necesarios para la fabricación de productos y la generación de energía.

2.5.4 Mineralogía

Es la ciencia que se enfoca en el estudio de los minerales, que son sólidos inorgánicos con una composición química y estructura cristalina definida. Los mineralogistas investigan la identificación, clasificación y propiedades de los minerales, lo que es fundamental para comprender la Tierra, la formación de rocas,

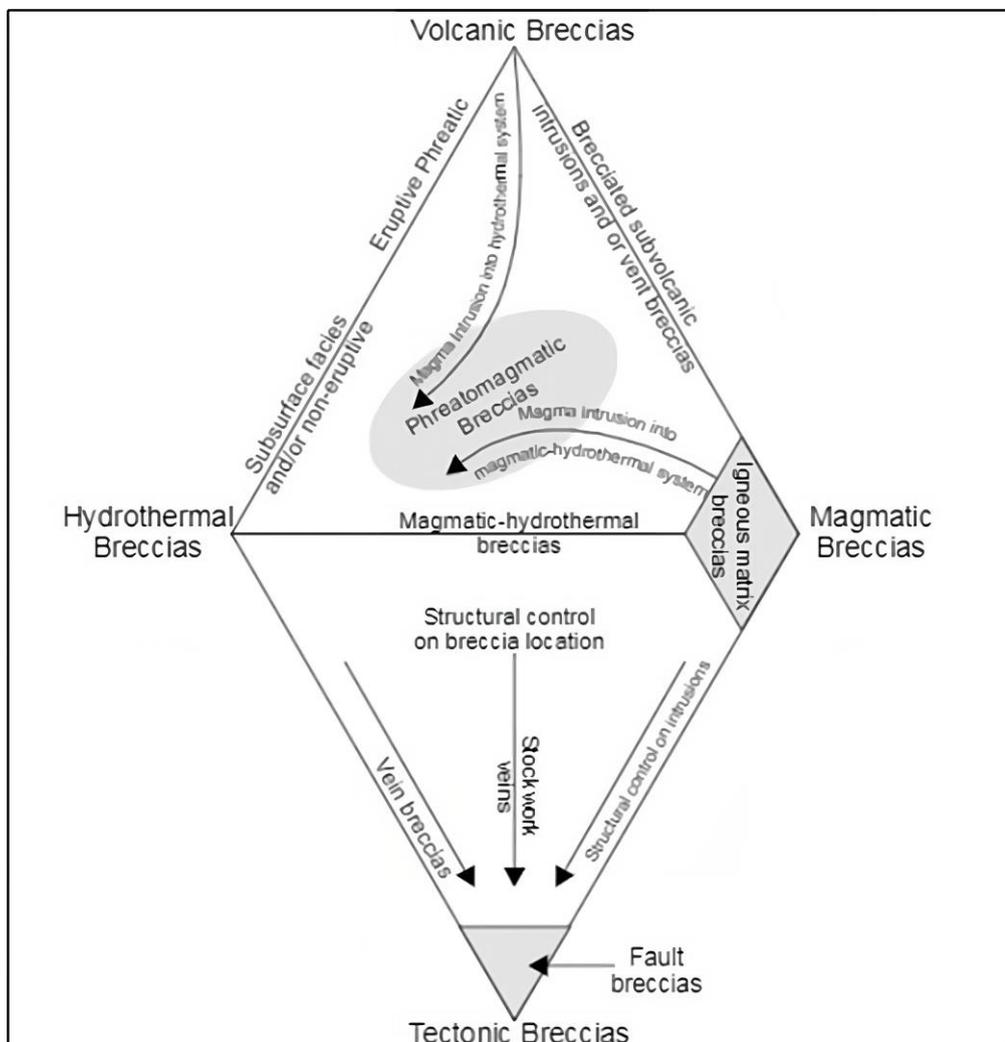
la exploración de recursos naturales y la caracterización de materiales en diversas aplicaciones industriales y científicas.

2.5.5 Brechas hidrotermales

Se forman por la salida de fluidos hidrotermales del magma y se componen de clastos angulosos a subangulosos que han sido cementados por fluidos hidrotermales mineralizados. (Camprubí & Albinson, 2007).

Figura 3

Clasificación genética de brechas



Fuente: Cooke, Gemell, & Davies (2005)

2.5.7 Clasificación de depósitos epitermales

Según Camprubi & Albinson (2007) existen 3 tipos de depósitos epitermales clasificados en:

Tabla 1

Tipos de yacimientos epitermales

Estilos de sistemas hidrotermales	Tipos	Subtipos
Depósitos epitermales ácidos	Alta sulfuración	
Depósitos epitermales alcalinos neutros	Sulfuración intermedia Baja sulfuración	Relacionas con magma subalcalino Relacionado con magmas alcalinos

Fuente: Tomado de (Camprubí & Albinson, 2007)

a) Depósitos epitermales de baja sulfuración

Este tipo de yacimiento se forma por la mineralización de fluidos que contienen azufre reducido (HS, H₂S), donde este elemento se encuentra en un estado de oxidación -2 y tiene un pH cercano al neutro y los fluidos tienen una baja salinidad, menos de 1 a 2 wt% de NaCl equivalente (Cooke & Simmons, 2000).

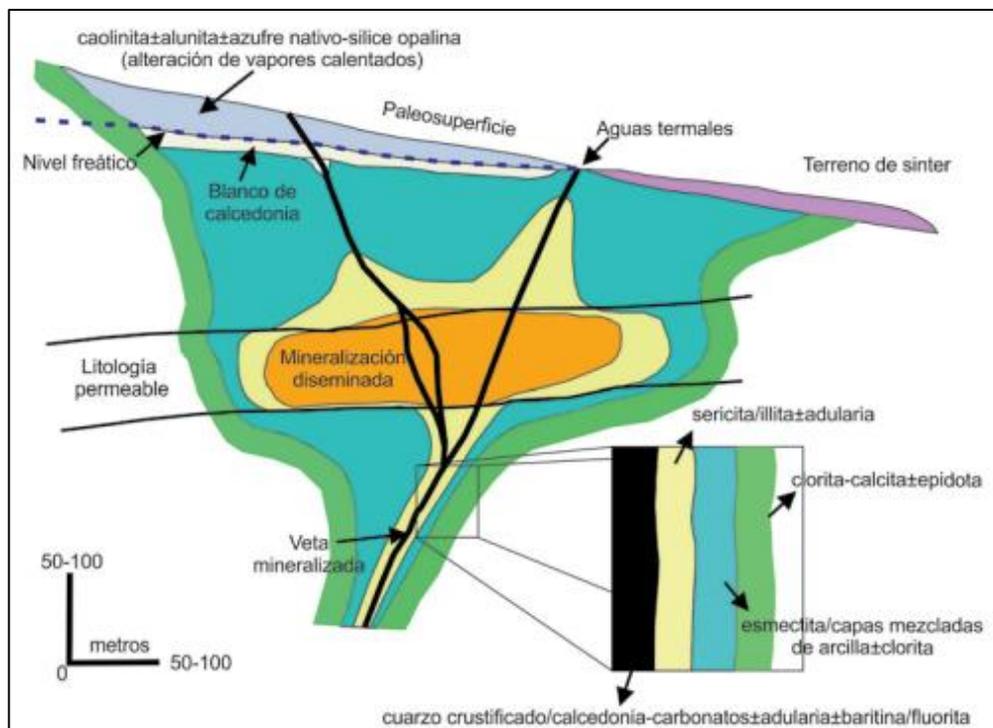
Su desarrollo está relacionado con los rifts insulares y de arco continental asociados al vulcanismo bimodal basalto-riolítico, que se asocia a un espectro diverso de tipos de rocas alcalinas a calcoalcalinas. En la roca caja, la alteración Propilítica consiste en illita, clorita, epidota, albita, zeolitas, calcita, adularia, cuarzo y pirita, mientras que, en las zonas superficiales, el sistema se caracteriza por un sínter silíceo que se deposita como sílice amorfa que cristaliza con el

tiempo en cuarzo muy fino. Este sinter marca el límite entre la paleo superficie y la antigua capa freática (Hedenquist et al., 2000).

Los sulfuros más frecuentes en estos yacimientos son la pirita, la pirrotita, la arsenopirita y la esfalerita rica en Fe, mientras que los minerales de ganga más comunes son el cuarzo, la calcedonia, la adularia, la calcita, la rodocrosita, las micas potásicas (sericita, illita) y la fluorita.

Figura 5

Esquema de alteración en sistemas de baja sulfuración



Fuente: Tomado de (Buchanan, 1981)

Tabla 2

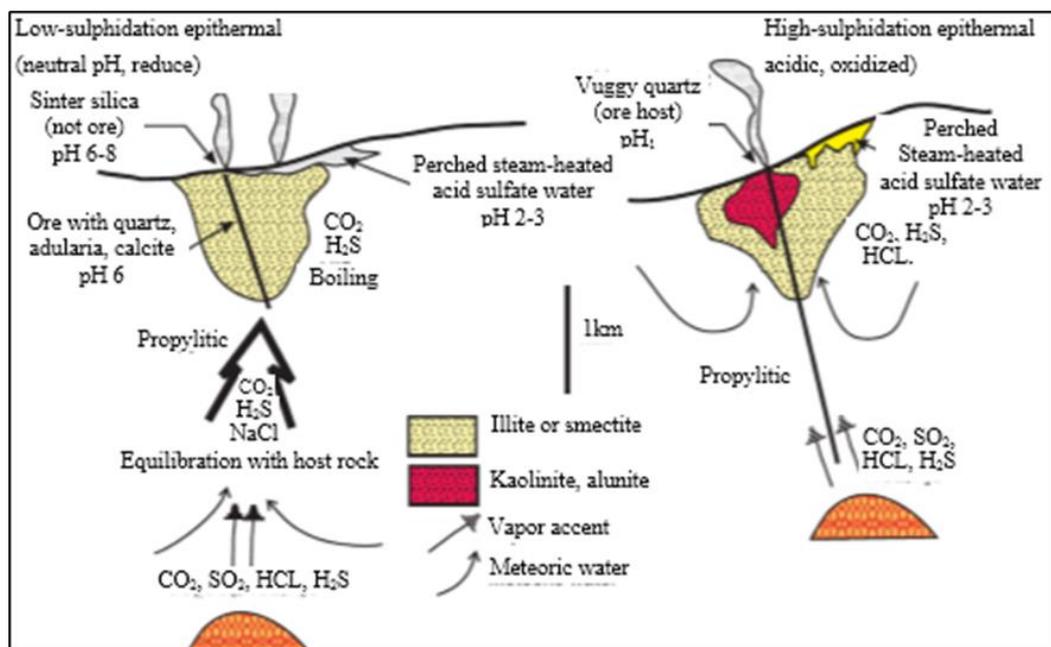
Características de los yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración

Alta sulfuración	Baja sulfuración
Especies de sulfuros oxidados (SO_2 , SO_4 , HSO_4) mineral en fluido/vapor	Especies de sulfuros reducidos (HS^- , H_2S) Mineral en fluido/vapor
Referido como Oro-alunita, acido-sulfato, alunita-caolinita	Adularia-sericita, con relación a hotspring
Fluidos pH ácido, probablemente salino, dominante agua magmática	pH cerca a neutro, baja salinidad, gases ricos en CO_2 , H_2S , dominante agua meteórica
Ensamble de alteración Argílica avanzada (zonación: cuarzo-alunita-caolinita-illita-mortmorillonita-clorita)	Adularia-sericita (zonación: cuarzo/calcedonia-calcita-adularia-sericita-clorita)
Metales asociados Au-Cu (menor Ag, Bi, Te)	Au-Ag (menor As, Sb, Se, Hg)

Fuente: Tomado de (Laurence, 2004)

Figura 6

Tipos de fluidos y diagrama de zonación de alteración para sistemas epitermales de alta y baja sulfuración.



Fuente: Tomado de (White & Hedenquist, 1990)



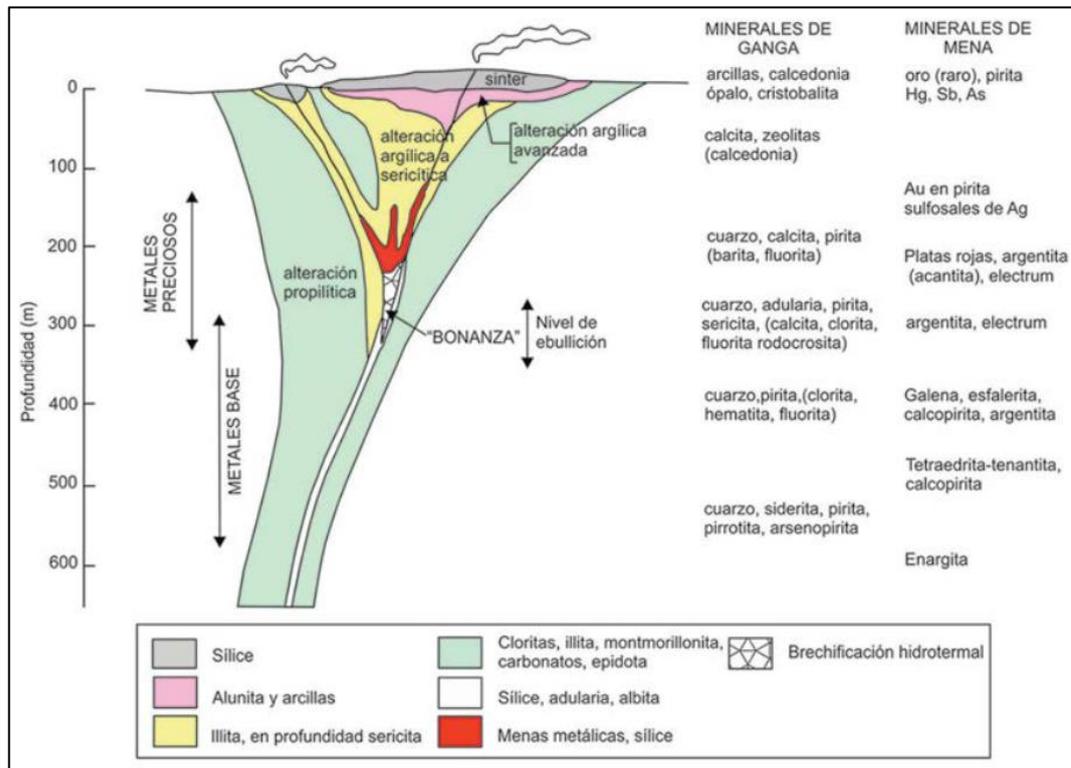
b) Depósitos epitermales de sulfuración intermedia

Estos depósitos son estructuralmente muy similares a los depósitos de baja sulfuración; sin embargo, las características geoquímicas de los fluidos mineralizados asociados y la mineralización metalífera tienden a tener una mayor afinidad con los depósitos de alta sulfuración y de tipo pórfido. Un halo de alteración illita-adularia rodea las vetas, gradando inferiormente a sericita y exteriormente a conjuntos propilíticas. Los metales base (Pb y Zn), como la galena y la esfalerita, así como la piritita, la calcopirita y la tetraedrita, son los sulfuros más frecuentes. La mena de plata existen como sulfosales de plata y en algunas circunstancias, una gran variedad de estos minerales se presenta como minerales traza (Einaudi et al., 2003).

Estos depósitos se originan en diversos contextos tectónicos y tienen diversas asociaciones magmáticas. En contraste con los depósitos de baja sulfuración, y tienen varias conexiones magmáticas. El nivel de sulfuración es bajo. La mayoría de los depósitos epitermales de Au y Ag de sulfuración intermedia ocurren en arcos calco alcalinos andesíticos-dacíticos (aunque localmente arcos andesíticos-dacíticos (aunque localmente rocas más félsicas actúan como huéspedes), pero no muestran comúnmente una conexión tan estrecha con depósitos de pórfidos de Cu como muchos depósitos de alta sulfuración. Pocos depósitos de sulfuración intermedia, a menudo minúsculos, bordean litocapas argílicos avanzados, con o sin relación con depósitos de alta sulfuración (Sillitoe & Hedenquist, 2003).

Figura 7

Depósitos epitermales alcalinos (baja e intermedia sulfuración)



Fuente: Tomado de (Camprubí & Albinson, 2006)

c) Depósitos epitermales de alta sulfuración

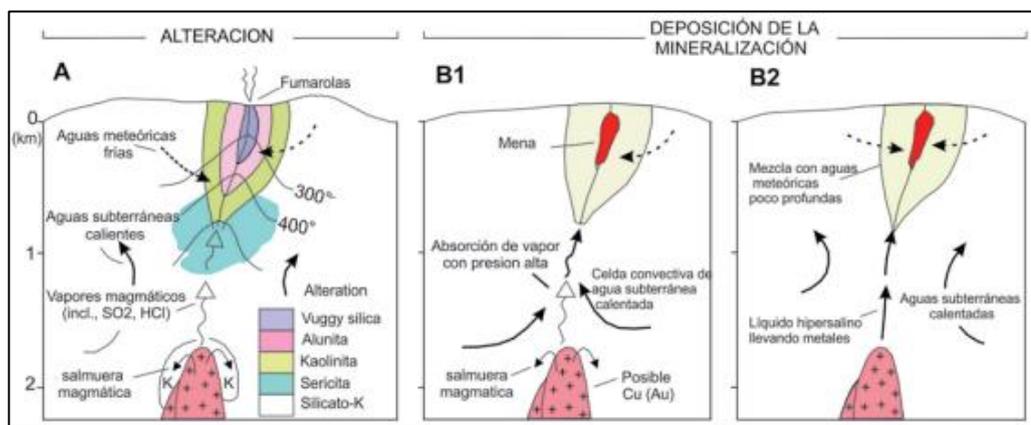
Este tipo de yacimiento está formado por fluidos oxidados y ácidos, es decir, azufre en estado de oxidación +6 o +4, en forma de SO_4^{2-} o SO_2 , procedentes de vapores magmáticos condensados de baja salinidad (1% en peso de NaCl equivalente), que originan los lito capas de cuarzo-alunita. (Arribas, 1995).

Estos depósitos se asocian a sistemas volcánico-hidrotermales próximos a chimeneas volcánicas a través de las cuales la descarga de vapor se dirige a la superficie. La existencia de fumarolas de alta temperatura y fluidos extremadamente ácidos como resultado de la condensación es el principal indicador de este tipo de sistemas. Los fluidos ácidos y oxidados están en

desequilibrio con la roca huésped, exponiendo su naturaleza magmática. El control estructural es vital en la canalización de fluidos y es un factor definitorio de su carácter altamente reactivo. Los intrusivos afines pueden estar muy cerca de la superficie o entrar en erupción. Generalmente presentan una sección central de sílice masiva y una capa de sílice ocre residual, que se considera la zona de alteración considerable y de lixiviación de las rocas preexistentes por fluidos ácidos. Gran parte de la mineralización puede estar contenida en estas capas de sílice, enormes zonas de cuarzo, stockworks, brechas y vetas de minerales arcillosos, alunita y cuarzo. (Camprubí & Albinson, 2006).

Figura 8

Modelo mostrando los dos principales estados de evolución de depósitos de alta sulfuración



Fuente: Tomado de (Arribas, 1995)

2.5.8 Fluidos Hidrotermales

Son soluciones acuosas que transportan elementos solubles, también conocidos como aguas juveniles, aguas magmáticas y aguas subterráneas. En profundidad, la presión y la temperatura son mayores y mientras, nos acercamos a la superficie la presión y la temperatura disminuyen. En este último caso, la



solubilidad de los iones complejos en los fluidos hidrotermales se reduce, provocando la precipitación para formar estructuras mineralizadas. Cuando el fluido hidrotermal interactúa con la roca circundante durante su ascenso, la acidez del flujo hidrotermal profundo disminuye y se produce la precipitación de minerales. (Tumialán, 2003)

2.5.9 Mineralización

Es el proceso de introducir minerales en las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de la corteza terrestre, formando así acumulación anómala de minerales y formando depósitos económicamente viables. (Betejtin, 1975)

a) Minerales Primarios o Hipógenos

Se forman originalmente a partir de magma o soluciones mineralizadas y los encontramos alrededor de bloques de magma.

b) Minerales Secundarios o Supergénicos

Es el resultado de cambios en los minerales primarios en la superficie de la corteza terrestre, dando paso a nuevos minerales (óxidos y sales, etc.) que están en equilibrio con el nuevo entorno geológico. (Rivera, 2011)

2.5.10 Movilidad en el ambiente endógeno, dispersión primaria

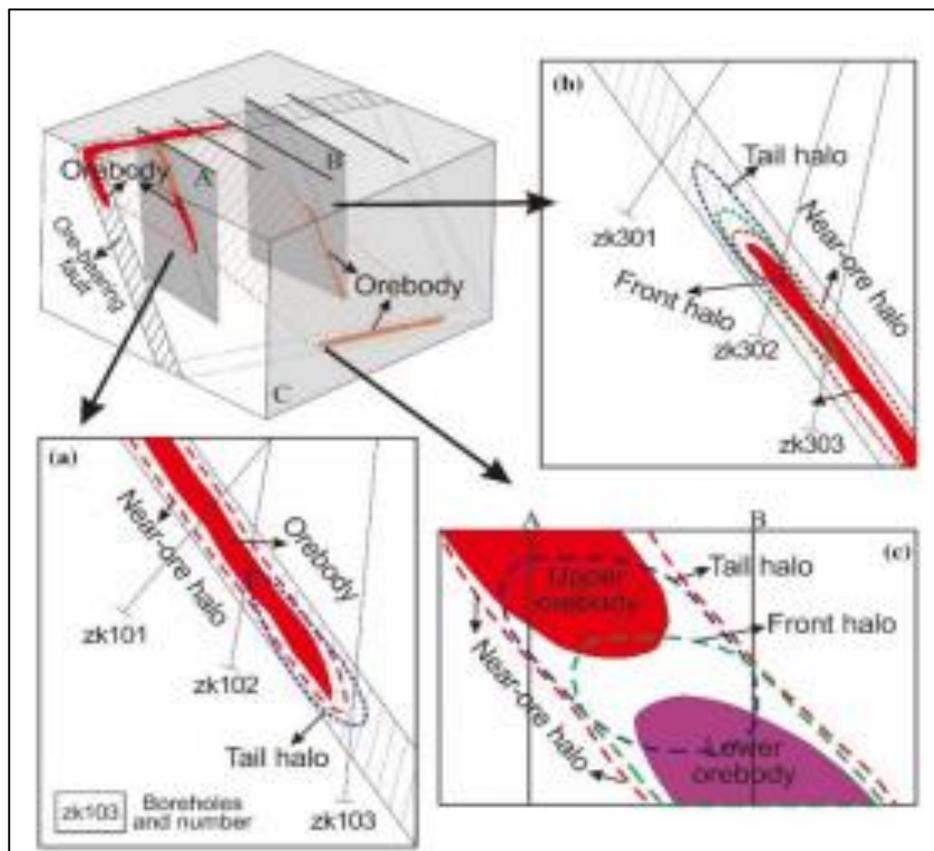
Las principales dispersiones que ocurren en el subsuelo están asociadas con rocas frescas sin envejecer. La movilidad de los elementos en el ambiente profundo (proto-ambiente) se ve afectada por la alta temperatura y presión, limitada por la circulación de fluidos y el bajo contenido de oxígeno libre. El entorno puede incluir actividad volcánica, aguas termales, minerales alterados asociados y fenómenos similares. (An, 2020)

Hay tres tipos básicos de zonificación en el halo geoquímico primario del depósito: axial, longitudinal y transversal. Los estudios tridimensionales de halos geoquímicos primarios en depósitos se centran en la zonificación axial asociada con la dirección del flujo y los fluidos que contienen minerales (alimentadores).

En zonas sedimentarias completamente verticales, la zonación axial coincide con la zonación vertical. Por lo tanto, analizar la distribución de metales en el perfil determina la dirección del flujo, donde valores altos indican enriquecimiento y valores bajos de concentración indican agotamiento. Sin embargo, para zonas verticales incompletas, la distribución del halo primario en una sección no puede reflejar completamente la información. (An, 2020).

Figura 9

Distribución espacial de los halos primarios en la zona de mineral



Fuente: tomado de (An, 2020)



2.5.11 Sección pulida

Es una lámina delgada de una muestra de roca o mineral que ha sido cortada con precisión, montada en una superficie y luego pulida hasta que sea lo suficientemente delgada como para ser transparente o translúcida.

2.5.12 Sección delgada

Las secciones delgadas son fundamentales en la geología, ya que permiten a los geólogos estudiar la composición mineralógica, la textura y la estructura de las rocas y minerales a nivel microscópico. Esto es esencial para comprender la historia geológica, la formación de rocas y minerales, así como la identificación de minerales y la evaluación de propiedades como la orientación de los cristales. Las secciones delgadas se utilizan ampliamente en la investigación geológica y en la exploración de yacimientos minerales.

2.5.13 Petrografía

Es una rama de la geología que se centra en el estudio y la descripción de las rocas a nivel microscópico, donde se analizan minuciosamente secciones delgadas de muestras de rocas utilizando un microscopio petrográfico para determinar la composición mineralógica, la textura y la estructura de las muestras.

2.5.14 Minerografía

Es una técnica que se utiliza para identificar y caracterizar minerales en una muestra de roca o mineral. Consiste en el estudio de las características ópticas de los minerales utilizando un microscopio polarizado donde se pueden determinar propiedades como el color, la forma, el brillo, la transparencia, la dureza, la fractura y la exfoliación de los minerales presentes en una muestra.



CAPÍTULO III

METODOS Y MATERIALES

3.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología tiene un alcance de análisis descriptivo y cualitativo, que consta de tres etapas, a través de esto se establece una secuencia de pasos de investigación para identificar y describir los hallazgos en el campo y las características geológicas del área de estudio.

3.1.1 Etapa 1: Recopilación y revisión de bibliografía

Consta de 3 etapas, en el cual se realizó recopilación de información y se hicieron digitalizaciones de planos geológicos que tuvieron influencia directa con el área de estudio.

- **Recopilación de información.** Se recopiló información con respecto a investigaciones anteriores, tesis, resúmenes, informes técnicos, boletines realizados por instituciones públicas (INGEMMET) y empresas privadas.
- **Analizar y sistematizar de la información.** Los datos obtenidos se han convertido a formato digital, esta conversión se realizó para producir mapas geológicos, secciones geológicas, descripción macroscópica, entre otros.
- **Interpretación de imágenes satelitales.** Mediante este tipo de imágenes se realizó el mapeo geológico, estructural y de vegetación, con más énfasis en los afloramientos rocosos y estructuras mineralizadas.
-



3.1.2 Etapa 2: Trabajo de campo

- **Mapeo geológico.** Se realizó mapeo geológico-estructural tomando datos de rumbo/azimut y buzamiento, descripción macroscópica de la litología y mineralogía, los mapas geológicos fueron trabajados a escala 1/15,000.
- **Toma de muestra para microscopia.** El muestreo se realizó de las rocas que afloran en el área de estudio, así mismo, de las vetas Vicuña y Verde con su respectiva roca encajonante para conocer el contenido de minerales económicos. Las muestras recolectadas fueron enviados al laboratorio de microscopia de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (EPIG-UNA Puno).

3.1.3 Etapa 3: Trabajo de gabinete

En esta etapa final, se interpretó fotografías de campo, digitalización de mapas y secciones geológicas para comprender mejor la formación y evolución de la mineralización en el área de trabajo, y también se describen los resultados del laboratorio de las secciones delgadas y pulidas, todo ello confirmó la hipótesis.

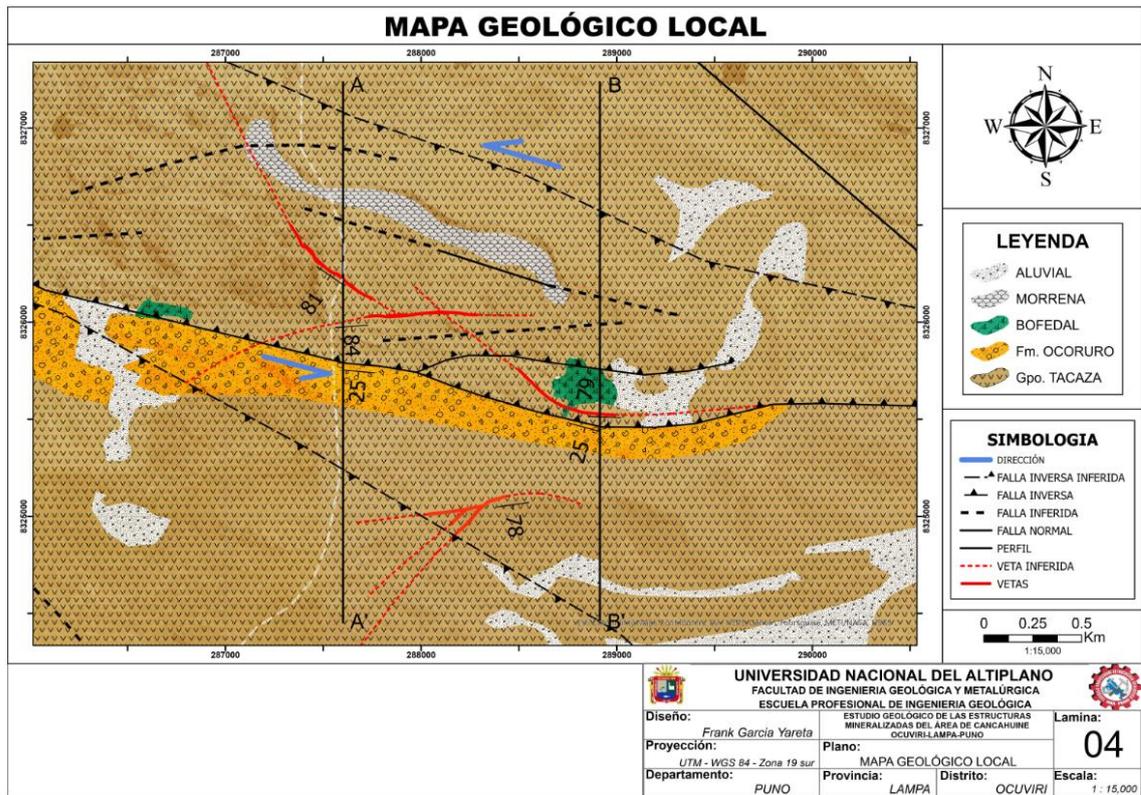
3.2 TRABAJO DE CAMPO

3.2.1 Mapeo geológico y descripción de estructuras mineralizadas

Se realizó el mapeo geológico en campo, en el cual se observó rocas volcánicas y sedimentarias, el comportamiento estructural con fallas de orientación NW-SE y se evidenció estructuras mineralizadas de orientación NW-SE y E-W con presencia de pirita, calcopirita, cuarzo y minerales secundarios como la bornita, malaquita y óxidos de hierro.

Figura 10

Mapeo geológico del área de Cancahuine



Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Muestreo para secciones delgadas

Esta etapa de muestreo es muy importante, se comienza con la disposición de las marcas de muestreo preliminarmente fijados en un plano geológico superficial para la recolección de muestras, estos deben estar sujetos con sus coordenadas UTM, rumbo, buzamiento y sus respectivas fotos, se escoge los lugares o zonas con mayor afloramiento visible para toma de muestras tanto para la veta Vicuña y veta Verde.

Figura 11

Canal de muestreo de la veta Vicuña

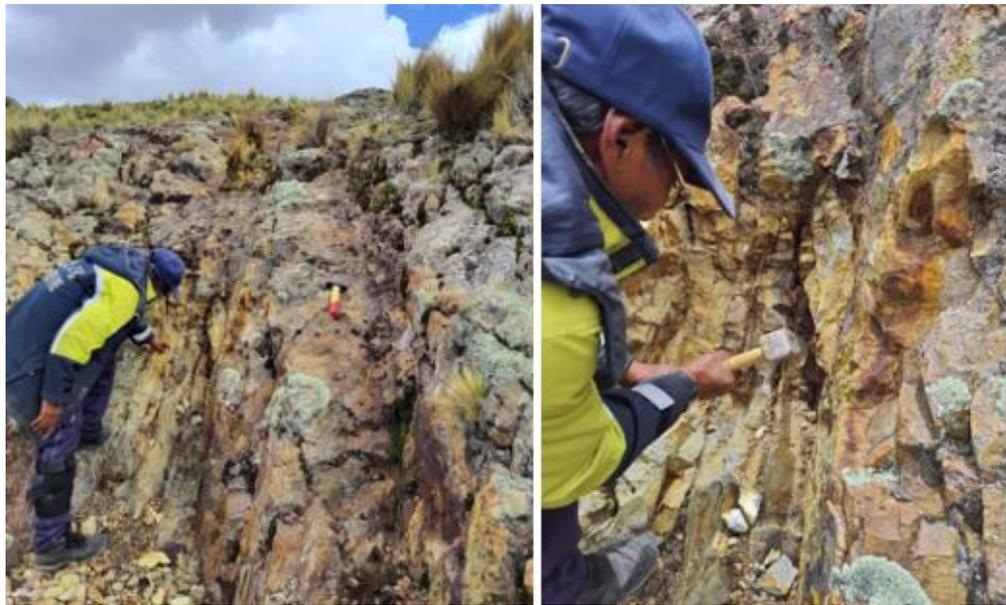


Figura 12

Canal de muestreo de la veta Verde



3.3 TRABAJOS DE LABORATORIO

3.3.1 Preparación de muestras

Para las secciones delgadas y pulidas, las muestras se fabricaron con discos de diamante y petrótomos de la marca Clipper.

Para desbastar las partes pulidas se empleó carbonuro de silicio y suspensión de diamante. Las muestras manuales se dividieron, codificaron y cortaron.

Para el estudio petrográfico se cuenta 8 láminas delgadas, cada una representando por diferentes colores y tonalidades.

Para el estudio minerográfico se cuenta con 7 secciones pulidas.

Figura 13

Muestras para secciones delgadas y pulidas



Figura 14

Láminas de sección delgada



3.4 EQUIPOS Y MATERIALES

Los equipos y materiales utilizados para llevar a cabo el presente estudio de investigación son las siguientes:

3.4.1 Equipos de campo

- GPS Garmín
- Lupa 20x
- Brújula Brunton.
- Martillo de Geólogo
- Pintura
- Combo de 32 libras
- Comba de 4 libras
- Protactor
- Libreta de campo
- Tablero
- Flexómetro



- Lápiz rayador de dureza
- Herramientas de excavación
- Precintos de seguridad
- Equipos de Protección Personal (EPPs)
- Bolsas de polietileno de 33 x 48 cm
- Planos topográficos
- Rafia o engrampadora

3.4.2 Equipos de laboratorio

- Petrótomo
- Lijar
- Carbonuro de silicio
- Briquetas
- Microscopio

3.4.3 Materiales de escritorio

- Impresora
- Laptop
- Escalímetro
- Hojas bond A2, A3 y A4
- Tableros
- Lápices de colores

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN

El área de estudio Cancahuine se encuentra ubicado en el Distrito de Ocuvi, Provincia de Lampa y Departamento de Puno, aproximadamente a 1175 km al Sureste desde la ciudad de Lima, a 6 km al SW desde el distrito de Ocuvi y a 20 km al NW del yacimiento epitermal de Au de alta sulfuración Arasi (Ver Anexo N° 01).

Tabla 3

Coordenadas del área de estudio

Vértices	Este	Norte
V1	286977	8326871
V2	290488	8326881
V3	290490	8323684
V4	286984	8323628

Fuente: Elaboración propia

4.2 ACCESIBILIDAD.

El área de estudio es accesible por vía terrestre a través de la Panamericana sur y vía aérea desde la ciudad de Lima a Juliaca, el acceso desde la ciudad Juliaca es por vía terrestre hasta el distrito de Ocuvi para luego dirigirse al área de estudio Cancahuine.

Tabla 4

Accesibilidad al área de estudio

Tramo	Distancia	Vía	Tiempo	Estado de vía
Arequipa-Ocuviri	651 km	Asfaltado- Trocha	6 hr	Regular
Juliaca-Ocuviri	488 km	Asfaltado- Trocha	3hr 30 min	Regular

Fuente: Elaboración propia

4.3 CLIMA

En el área de estudio Cancahine la época de helada se mantiene seco y frío, propio de la sierra, con dos estaciones bien diferenciadas, verano e invierno. El verano se caracteriza por fuertes lluvias en noviembre y en algunos casos, que se extienden hasta abril, se aprecian nevadas y granizadas acompañadas de tormentas eléctricas y lluvias intermitentes.

El invierno se caracteriza por la escasez de lluvias, así como cierta variación del calor invernal, la temperatura promedio es muy baja y oscila entre los 6°C y los 0°C, incluso en algunos lugares la temperatura oscura llega hasta los 0°C. La intensidad de los cambios de temperatura en determinadas épocas del año y representan heladas entre mayo y julio, así como fuertes vientos, generalmente entre agosto y septiembre. Las bajas temperaturas en esta zona reducen significativamente la cantidad de oxígeno debido a la presión atmosférica,

Cancahuine está por encima de los 4200 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media anual en esta zona es de 9°C, la precipitación en algunas zonas llega hasta los 1000 mm de media anual. Las temperaturas en esta zona oscilan entre 4°C y



15°C en promedio según SENAMHI.

4.4 FLORA Y FAUNA

En él esta área de estudio Cancahuine, la flora está caracterizada por Ichu (*Stipa ichu*) en abundancia y en menor cantidad se observa chillihua (*Festuca dolichophylla*) y tola (*Parastrephia quadrangularis*). La fauna se caracteriza por zorro andino (*Lycalopex culpaeus*), zorrino (*Mephitidae*), vizcachas (*Lagidium viscacia*), alpacas (*Vicugna pacos*) y vicuñas (*Vicugna vicugna*). Los ríos y lagos albergan especies como la trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

4.5 GEOLOGÍA LOCAL

La geología local del área de estudio Cancahuine está conformado por rocas volcánicas del paleógeno pertenecientes al Grupo Tacaza, también se evidencia conglomerados del neógeno de la Formación Ocoruro. Así mismo, se evidencia depósitos cuaternarios y bofedales (Ver anexo N°04).

4.5.1 Grupo Tacaza

En el área de estudio se evidencian afloramientos rocosos compuestos principalmente por intercalación de flujos de lavas, aglomerados, flujos piroclásticos y depósitos volcanoclásticas de color gris rosáceo y gris verdoso de composición andesítico. Los principales minerales evidenciados macroscópicamente son plagioclasas, anfíboles, piroxenos, hornblendas y también se observaron pequeños cristales de cuarzo vista en lupa de 20x, la textura es de matriz vítrea, hialina-granular, en algunas zonas del área de investigación se evidencia que la roca se encuentra meteorizada y erosionada el cual dificulta su descripción macroscópica.

Figura 15

Afloramiento de Grupo Tacaza



Nota: Se evidencia el afloramiento de Grupo Tacaza en la parte intermedia de la fotografía entre Formación Ocoruro y depósitos morrénicos

4.5.2 Formación Ocoruro

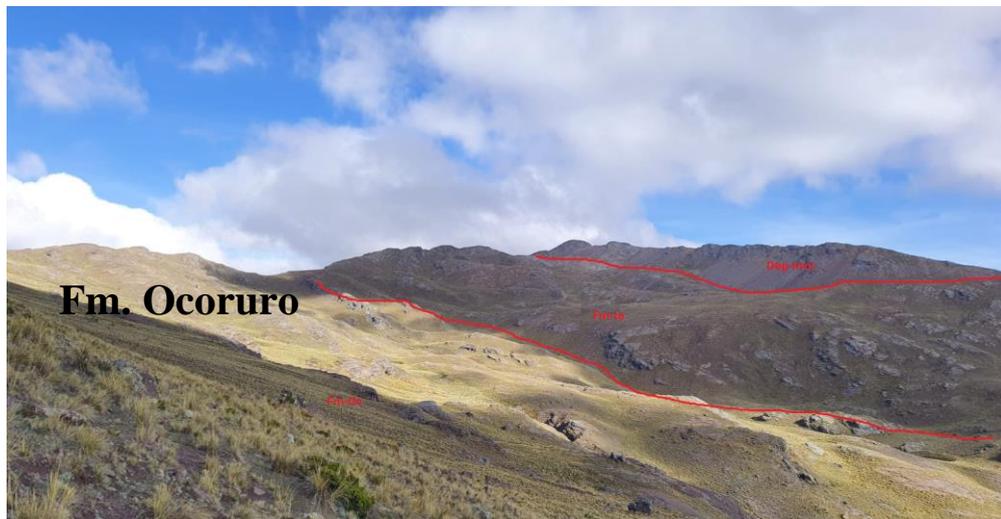
En el área de investigación se evidencia que está constituido a partir de una serie de conglomerados oligomicticos con clastos de calizas, andesitas, traquiandesitas, cuarcitas, areniscas, cherts y granodioritas, los clastos poseen diámetros que varían de 0.04 a 1.20 m.

Consiste en un material débilmente consolidado con matriz arenosa pardo-rojiza y en algunos sectores se evidencia presencia de capas de 1 m de areniscas pardo rojizas (Ver imagen N°20 – B), no se evidencia presencia de fósiles o restos orgánicos dentro de la Formación Ocoruro.

En Cancahuine la Formación Ocoruro se evidencia a partir de una falla inversa, el cual da a conocer que esta formación subyace a los volcánicos del Grupo Tacaza.

Figura 16

Afloramiento de Formación Ocoruro



Nota: Se observa el afloramiento de la Formación Ocoruro en la parte inferior de la fotografía

4.5.3 Depósitos Morrénicos

El depósito de morrenas se ubica al NW del área de estudio, conformados por bloques angulosos y subangulosos y gravas de origen volcánico expuestos esporádicamente, sin estratificación, y se encontraron restos volcánicos del Grupo Tacaza.

Son depósitos formados por material diamictico con clastos angulosos y subangulosos cuyo tamaño oscila entre 0.05 m y bloques de 2 metros. Están compuestos por una cantidad significativa de matriz (45-50%), que corresponde a una mezcla de material arenoso con cantidades menores de limo y arcilla. Estos depósitos son grandes, con poca estratificación interna y clastos dispersos y aleatoria.

Figura 17

Afloramiento de depósitos morrénicos



Nota: Se observa el afloramiento de depósitos morrénicos en la parte superior de la fotografía

4.5.4 Depósitos Aluviales

Depósitos aluviales constituidos por material no consolidado de arena, grava, limo y algunos restos de toba, formando planicies aluviales, terrazas aluviales, también identificados debajo de la capa de morrena, la cual es en gran parte fácil de identificar. Han perdido sus características morfológicas debido a su transporte y depósito, y también se localizan en áreas de topografía moderada y bajos gradientes de flujo o en áreas muy incisas.

4.5.5 Bofedales

Los bofedales son ecosistemas húmedos, formados en cuencas glaciares con suelos impermeables. En gran parte debido al deshielo de glaciares, crea condiciones de suelos saturados esenciales para la vegetación adaptada. Estos ecosistemas están influenciados por procesos glaciares y geológicos.

Figura 18

Columna estratigráfica local

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	CODIGO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Q	Material cuaternario	Gravas, arenas en matriz limoarenosas. Arenas y materiales residuales no consolidados.
	Discordancia erosional				
	NEOGENO	PLIOGENO	Np-oc	Formación Ocoruro	Conglomerados polimícticos con clastos subangulosos a subredondeados de calizas, cuarcitas, areniscas, dioritas, englobdos en matriz arenosa.
Discordancia erosional					
	PALEOGENO		PN-t	Grupo Tacaza	Tobas, brechas de flujo, ignimbritas y flujos de lava de composición andesítica, dacítica, riolítica y riodacítica, ocasionalmente alternan sedimentos continentales constituidos por lutitas tobáceas, cineritas, calizas y conglomerados de extensión reducida.

Intrusivo

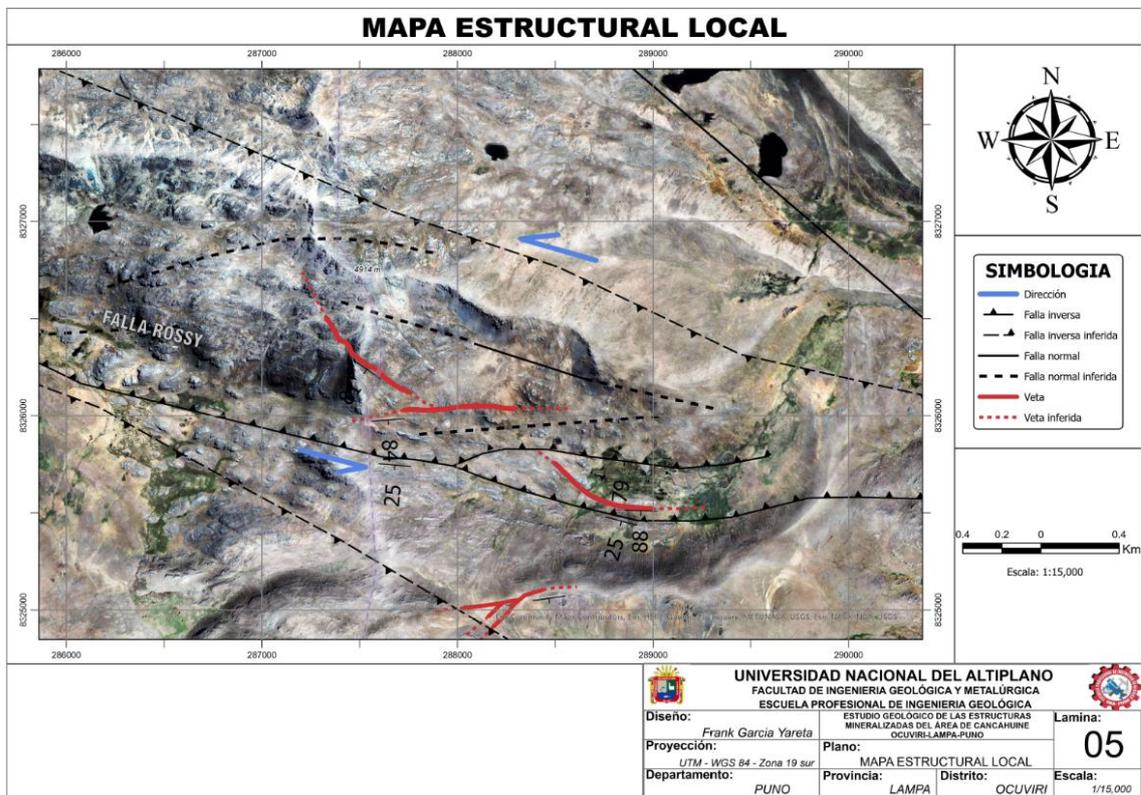
Fuente: Elaboración Propia

4.6 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

En el área de estudio Cancahuine se evidencia al S una falla inversa denominada Rossy con orientación siniestral andino NW-SE que también enmarca el contacto litológico entre el Grupo Tacaza y la Formación Ocoruro, en la parte central se evidencia una quebrada bien enmarcada por el que se infiere la presencia de una falla y al N se infiere una falla inversa cubierto por material cuaternario de orientación andino NW-SE. Estas fallas principales abarcan en gran parte el área de estudio, los cuales dan lugar a la formación de fallas normales de orientación NE-SW. Las fallas normales fueron mapeadas, evidenciando el sentido de desplazamiento y tienen un azimut promedio de N240° y buzamiento de 72°NW.

Figura 19

Geología estructural del área de estudio Cancahuine



Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA, MINERALÓGICA Y ESTRUCTURAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE

5.1.1 Litología

Se conoce que la litología del área de estudio está compuesta por rocas volcánicas, aglomerados y rocas piroclásticas de composición andesítica, en algunos puntos las rocas volcánicas se observan brechada producto de la interacción con los fluidos hidrotermales, los cuales presentan clastos angulosos a subredondeados, también se observa una serie de conglomerados oligomícticos con clastos de caliza, cuarcita, andesitas, cherts y granodioritas expuestas por la falla inversa denominada Rossy.

Los depósitos morrénicos están conformados por material diamíctico con clastos angulosos y subangulosos cuyo tamaño oscila entre 0.05 m y bloques de 2 m. Están compuestos por una cantidad significativa de matriz (45-50%), que corresponde a una mezcla de material principalmente arenoso con cantidades menores de limo y arcilla. Estos depósitos son grandes, con poca estratificación interna y clastos dispersos y aleatoria.

5.1.1.1 Lavas Andesíticas

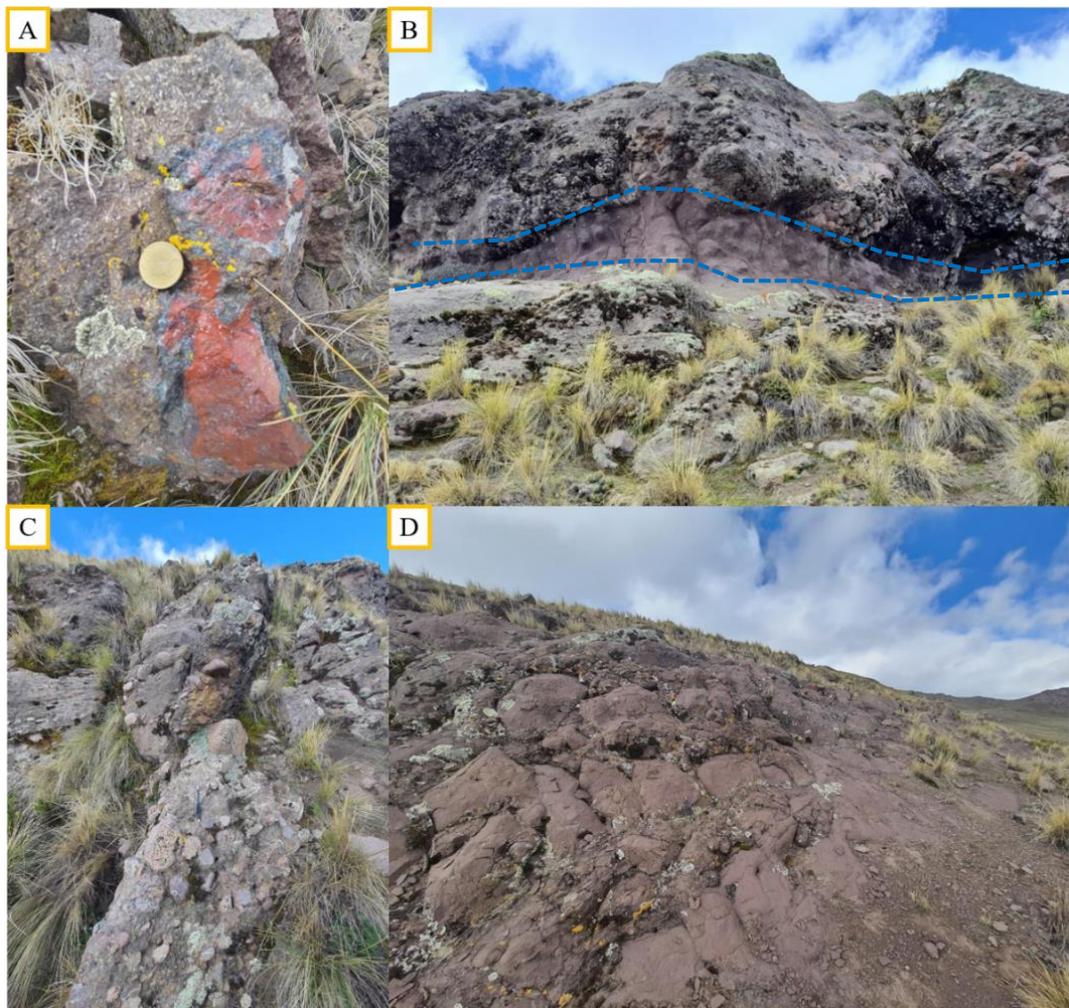
Presentan tonalidades grises rosáceos de textura afanítica, con presencia de plagioclasas y minerales ferromagnesianos de tipo olivino, piroxeno y hornblenda en mayor cantidad. Constituye la roca encajonante en la mayoría de las estructuras mineralizadas y en algunos puntos se

observa brechada producto de los fluidos hidrotermales.

Posee un comportamiento frágil, al estar expuesto a los esfuerzos compresivos y extensivos, creando fracturas y/o fallas que posibilitan en gran medida el emplazamiento de fluidos hidrotermales.

Figura 20

Afloramiento de rocas



Nota: En la Figura 20. A) Se observa roca andesita de color pardo claro con presencia de plagioclasas acompañado de mineral jaspe con patinas de manganeso. B) En la parte inferior se observa conglomerados con clastos de arenisca, calizas, granodioritas y cherts de 0.05 a 0.15 m de



diámetro, en la parte central se observa areniscas pardo-rojizas y en la parte superior aglomerados C) Se observa conglomerados con clastos de caliza, cherts, andesitas y granodioritas. D) Se observa secuencias de rocas volcánicas y rocas piroclásticas de color gris rosáceo con textura afanítica con presencia de plagioclasas en abundancia y presencia de minerales ferromagnesianos como el olivino, piroxeno y hornblenda vista en lupa de 20x, levemente oxidada por aguas meteóricas.

5.1.1.3 Brecha freática

La roca caja se encuentra brechada producto de los fluidos hidrotermales con clastos angulosos a subredondeados de andesita con fina disseminación de pirita entre los clastos y la matriz, también se observa disseminación de calcopirita y es abundante en la matriz, presenta mineralización de malaquita en los clastos como mineral secundario, pequeñas cavidades producto de la lixiviación de plagioclasas rellenos por óxidos de hierro y presencia de arcillas.

Figura 21

Brechas freáticas en roca caja



Nota: En la Figura 21. A) Se observa roca caja brechada producto de los fluidos hidrotermales con clastos angulosos de andesita y cherts. B) Muestra de la veta verde donde se observa brecha con diseminación y relleno en la matriz de calcopirita, los clastos de andesita se encuentran oxidados y en algunos puntos con presencia de malaquita. C) Brecha de roca caja con clasto anguloso de andesita y clastos de cherts. D) Muestra de la veta vicuña con fina diseminación de pirita entre los clastos y la matriz, pequeños oquedades producto de la lixiviación y plagioclasas, se evidencia clastos angulosos alterados de andesita, y la matriz se encuentra con minerales de óxido de fierro, con presencia de arcillas en abundancia.

5.1.2 Estructuras mineralizadas

Las estructuras predominantes en el área de estudio, son fallas normales que en algunos casos fueron rellenadas por fluidos hidrotermales, trayendo



consigo mineralización de sulfuros, principalmente pirita, calcopirita y arsenopirita, así también, causando halos de alteración y gran parte está cubierta por material cuaternario y/o vegetal, la interacción entre fluido-roca causó la precipitación de minerales, presentándose en forma bandeada y mineral disperso a lo largo de la veta Vicuña con una orientación NW-SE y la veta Verde con una orientación E-W, y al sur se tienen estructuras de menor importancia con orientación NE-SW (Ver anexo N°05).

Las estructuras mineralizadas en el área de Cancahuine poseen principalmente pirita y calcopirita como mineral primario, causando minerales supérgenos como: bornita, malaquita y calcosina.

5.1.2.1 Veta Vicuña

Posee azimut: N130° y buzamiento: 79°SW, catalogado como una falla normal por la apertura y dirección de desplazamiento de las rocas cajas, posee espaciamiento que facilita la movilidad de los fluidos hidrotermales.

Tiene una potencia de 0.80 a 1.20 m y en algunas zonas se ramalea, posee 25 m de longitud visible y parte cubierta por vegetación, es una estructura masiva con brechas polimícticas de matriz soportada en la parte central y hacia los bordes se evidencia brechas polimícticas de clasto soportado, la mineralización se evidencia en tres estilos con presencia de calcopirita, pirita, cuarzo, arsenopirita, calcita en pequeñas venillas y arcillas de color gris blanquecino y a la superficie se evidencia abundante oxidación. Los halos de alteración hidrotermal en las rocas cajas son evidentes hacia los bordes de la estructura con presencia de minerales de clorita y calcita.

Figura 22

Afloramiento superficial de la estructura Vicuña



5.1.2.2 Veta Verde

Posee azimut: $N089^\circ$ y Buzamiento: $67^\circ SE$, al igual que la estructura Vicuña posee apertura y dirección de desplazamiento el cual facilita la movilidad de los fluidos hidrotermales.

Tiene orientación casi E-W, con una potencia de 0.30 a 0.45 m, su longitud no es reconocible por estar cubierto de material cuaternario y vegetación, es una estructura masiva con brechas monomíticas de clasto soportado en la parte central, con presencia de calcopirita en abundancia y minerales supérgenos de bornita, malaquita, calcosina y presencia de arcillas de color gris oscuro y óxidos relleno de cavidades productos de la lixiviación

Figura 23

Afloramiento de la estructura Verde



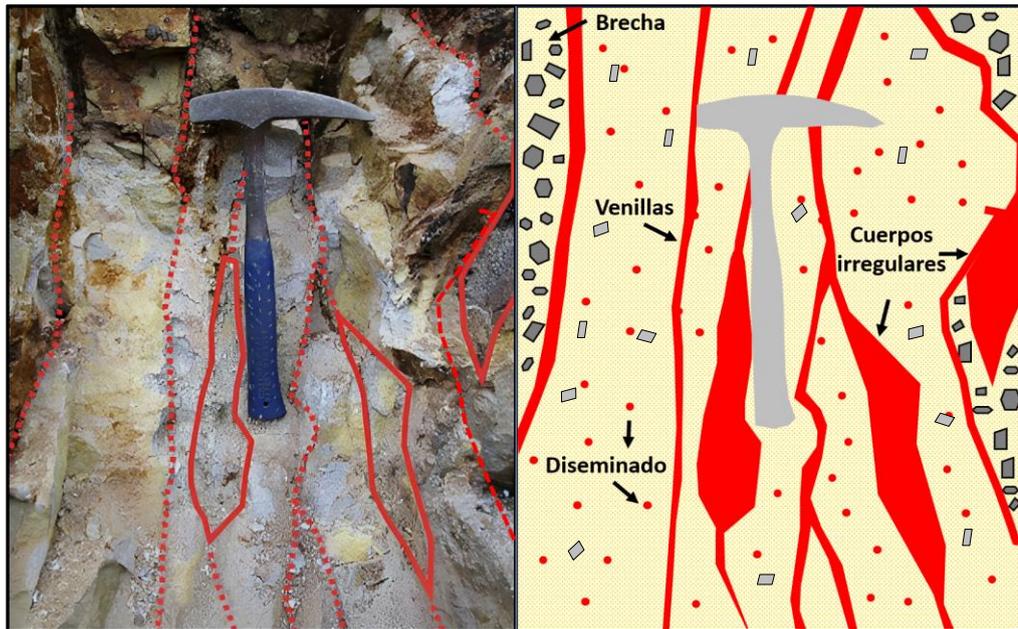
5.1.3 Mineralización

En la veta Vicuña ocurren tres estilos de mineralización: (i) diseminado, (ii) venillas, y (iii) cuerpos irregulares. El primer estilo de mineralización está conformado por pirita fina y calcopirita diseminada, en algunos puntos se evidencia calcita, esto se conoce debido a la reacción en contacto con ácido clorhídrico. El segundo estilo son venillas conformadas por cuarzo, arsenopirita, pirita cristalizada y calcita, son paralelas y presentan una potencia de 1 a 2 cm en promedio. El tercer estilo son los cuerpos irregulares de cuarzo, arsenopirita y pirita cristalizada de 5 a 7 cm de potencia en promedio.

En la parte central se aprecia brechas polimícticas de matriz soportada con clastos angulosos a subangulosos de andesita y cherts, hacia los bordes y en contacto con la roca caja se evidencia brechas polimícticas de clasto soportado con clastos angulosos a subangulosos de andesita parcialmente alteradas y cherts.

Figura 24

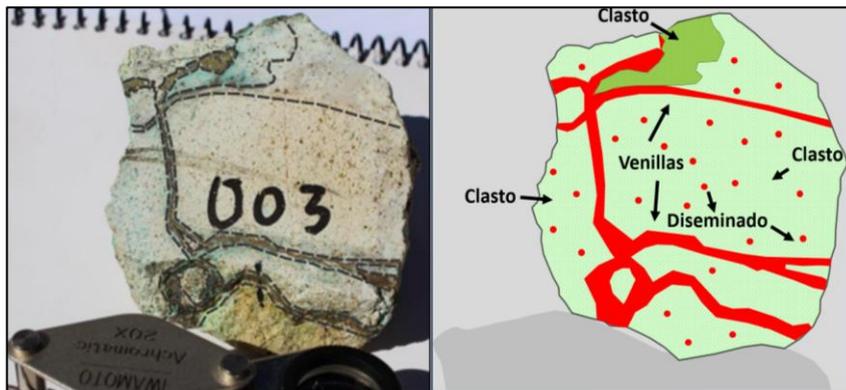
Mineralización de la Veta Vicuña



La veta Verde está caracterizada principalmente por mineralización en brechas monomícticas de clasto soportado con clastos angulosos a subangulosos de andesita total y parcialmente alterada, se observa que la matriz está completamente rellena por calcopirita y en los clastos de evidencia diseminación de calcopirita y que a partir de ello se formaron minerales secundarios como: Bornita, malaquita y calcosina, así mismo se evidenció calcita, debido a la reacción con el ácido clorhídrico, con lupa de 20x también se evidencia que los clastos poseen pequeñas cavidades rellenos por minerales de óxido de hierro como la hematita y gohetita.

Figura 25

Mineralización de la Veta Verde



5.1.4 Mineralogía

5.1.4.1 Minerales de mena

- Oro
- Calcopirita
- Bornita
- Calcosina
- Malaquita

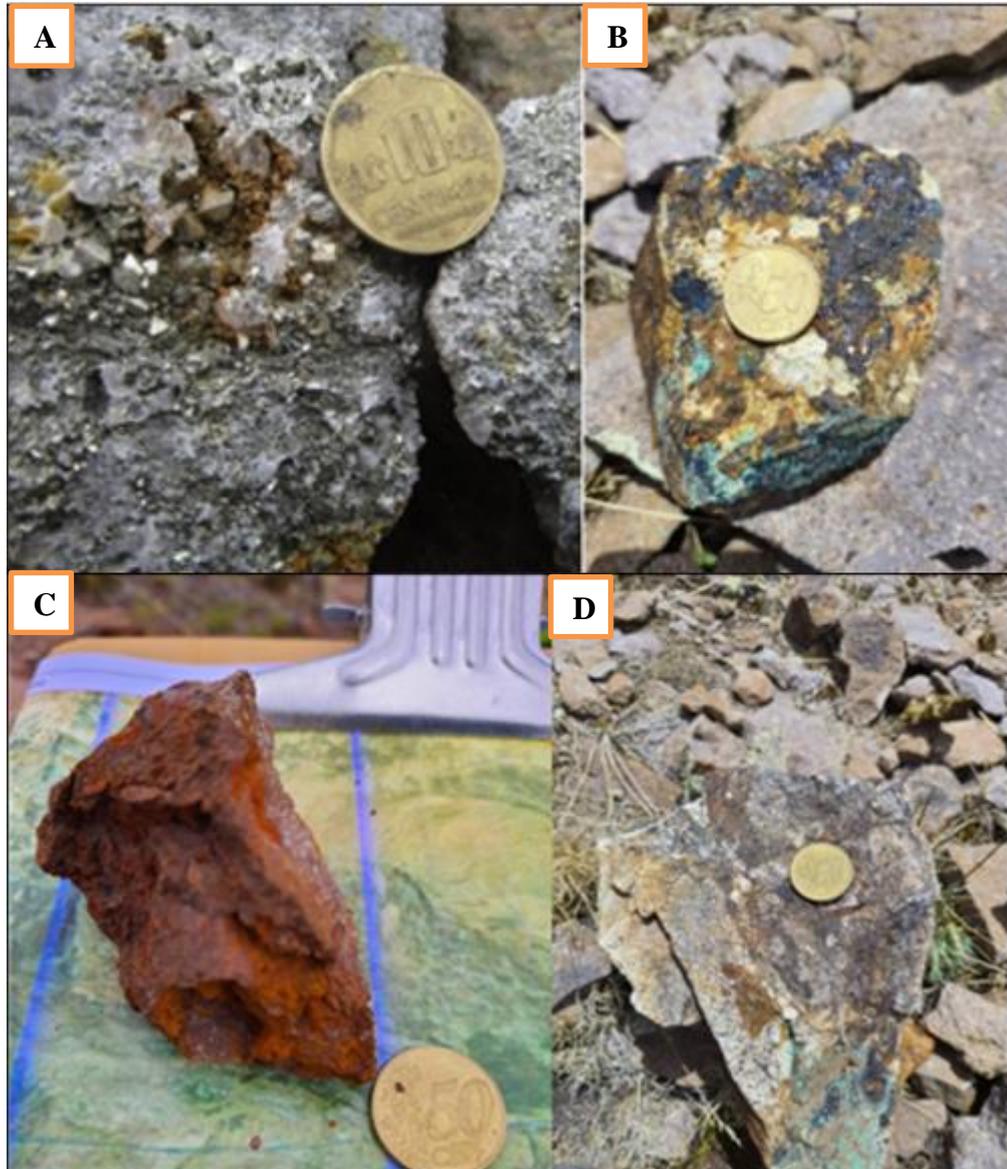
5.1.4.2 Minerales de ganga

- Pirita
- Arsenopirita
- Cuarzo
- Hematita
- Goetita
- Calcita
- Arcillas

- Jaspe

Figura 26

Minerales de mena y ganga



Nota: En la figura 26 A) Fotografía correspondiente a la veta Vicuña con presencia de minerales de pirita, arsenopirita, pirita cristalizada y calcita. B) Fotografía correspondiente a la veta Verde donde se observan minerales secundarios como bornita, malaquita y calcosina. C) Se evidencia presencia de minerales de óxidos de hierro como hematita



y gohetita. D) En la fotografía se aprecia brechas de la veta Verde.

5.2 MINERALES DE VALOR ECONÓMICO Y GENERACION DE NUEVAS ZONAS DE INTERÉS

Los minerales de valor económico son aquellos que tienen un alto valor en los mercados internacionales debido a su amplia utilidad en las industrias y aplicaciones. En el área de investigación se conoce macroscópicamente que las vetas Vicuña y Verde poseen minerales de valor económico como la calcopirita, bornita, malaquita y calcosina, los cuales son minerales con alto contenido de cobre.

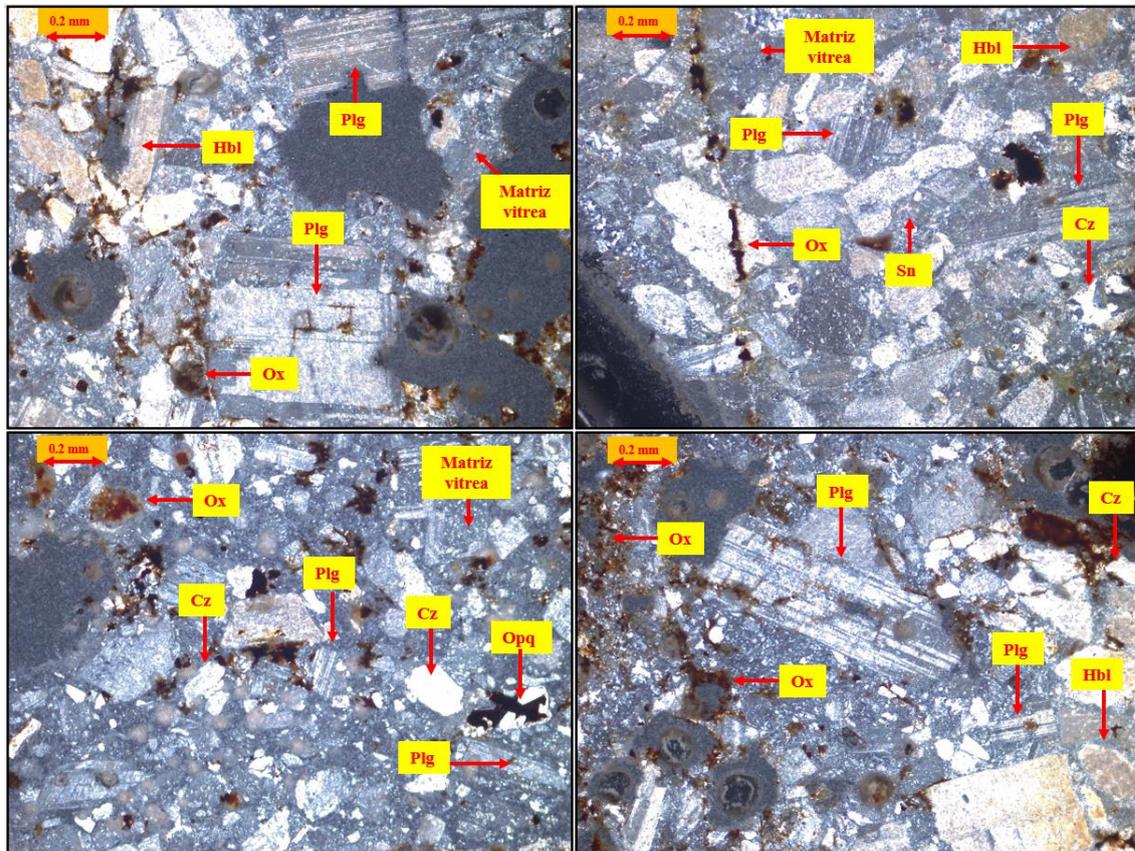
Se realizaron estudios petrominerográficos para determinar la presencia de minerales económicos que no son visibles al ojo humano, por lo tanto, se hizo uso del laboratorio de microscopía de la EPIG UNA Puno y se hicieron trabajos de lectura de minerales de las rocas de mayor predominancia en el área de estudio, así mismo, las rocas encajonantes de las estructuras Vicuña y Verde y de las estructuras mineralizadas.

5.2.1 Petrografía de la roca caja

Estudio realizado para ver los minerales existentes en la roca caja que tiene influencia directa con la veta Vicuña y veta Verde, se han obtenido 4 microfotografías de cada muestra que han sido descritas microscópicamente en el laboratorio de Microscopía de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Figura 27

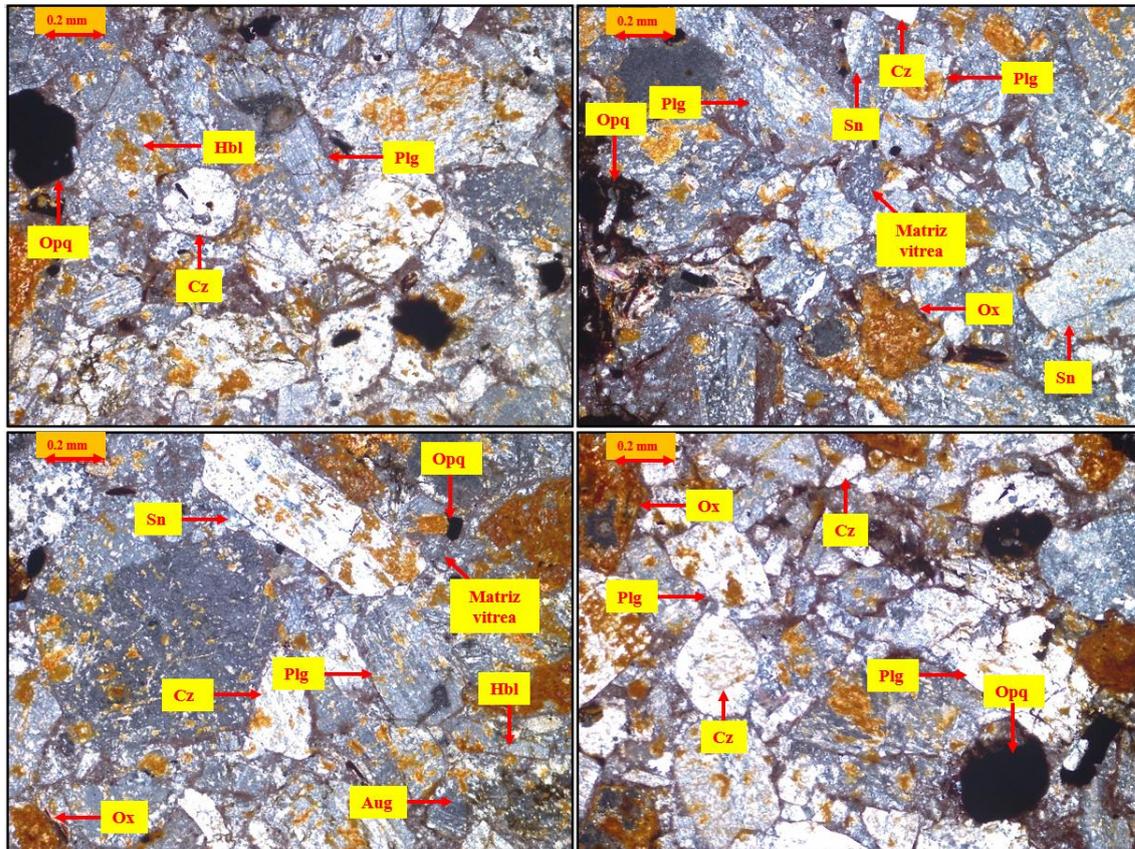
Microfotografías de roca andesita muestra 1



Nota: En la Figura 27 se evidencia cristales de plagioclasas (Plg) en 70-80%, hornblenda (Hbl) 10%, sanidina (Sn) 1%, cuarzo (Cz) 5%, minerales opacos (Opq) 2%. Los ferromagnesianos se muestran como matriz, las cuales tienen formas hipidiomorfas de formas irregulares. Los cristales de plagioclasas incrustados en una matriz vítrea, la muestra no tiene relación con mineralización, según sus porcentajes y llevados al diagrama QAPF es una roca volcánica andesita.

Figura 28

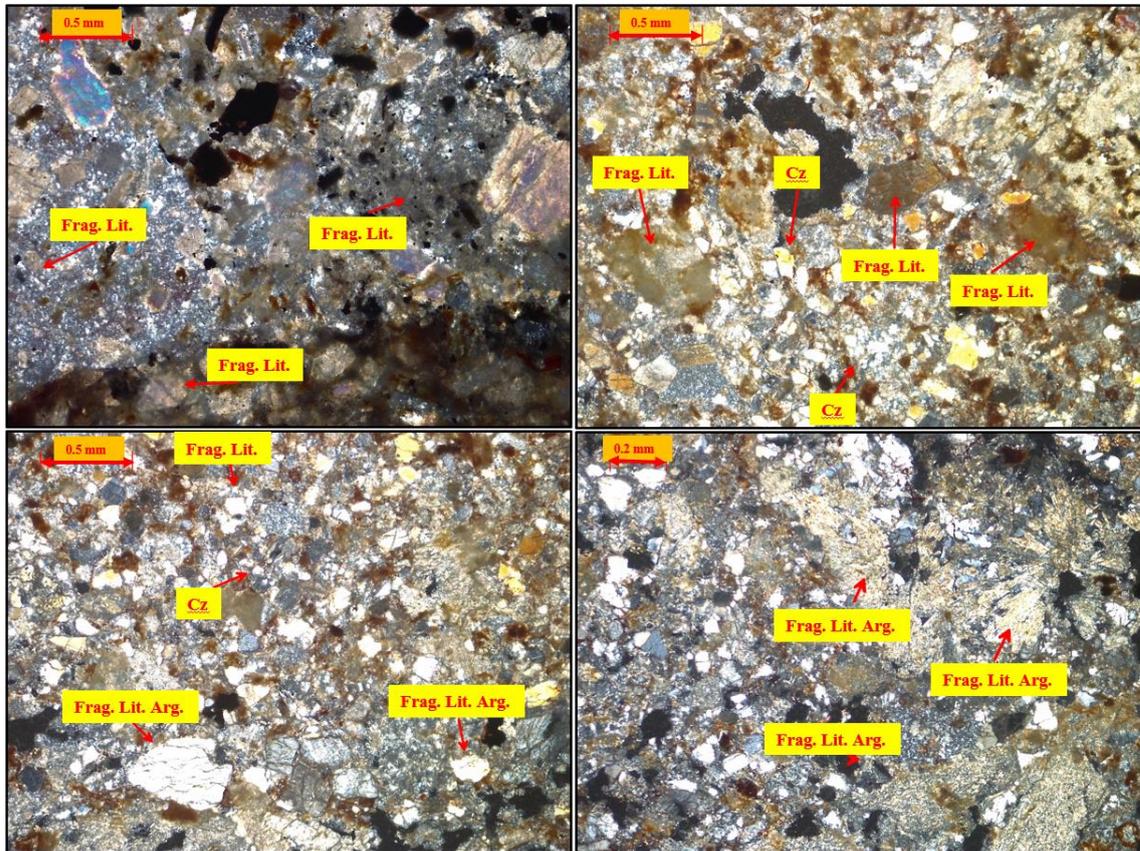
Microfotografías de roca andesita muestra 2



Nota: En la figura 28 se aprecia cristales de plagioclasas (Plg) 75-85%, hornblenda (Hbl) 9%, sanidina (Sn) 7%, augita (Aug) 2%, cuarzo (Cz) 3%, minerales opacos (Opq) 10% se encuentra rodeada de plagioclasas de formas irregulares hipidiomorfas. La muestra contiene bastantes puntos oxidados al estar en contacto directo con aguas meteóricas, la muestra no tiene relación con mineralización, según sus porcentajes y llevados al diagrama QAPF es una roca volcánica andesita.

Figura 29

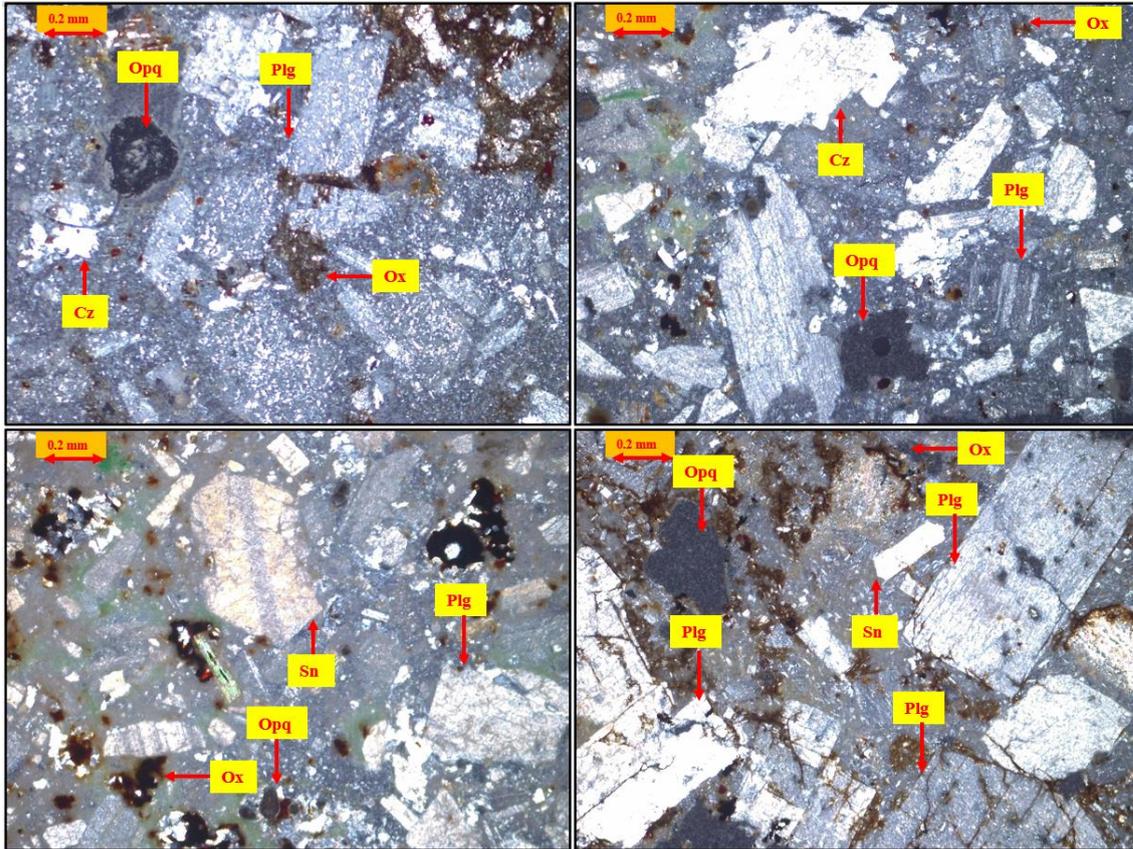
Microfotografías de roca caja de Veta Vicuña



Nota: En La figura 29 correspondiente a la roca caja de la veta Vicuña se observa la presencia de fragmentos líticos, cuarzo y plagioclasas. Los ferromagnesianos se muestran como matriz, las cuales tienen formas subhedrales, la roca caja se encuentra completamente brechada donde los clastos están leve y totalmente alterados, la roca inicial era una andesita.

Figura 30

Microfotografías de la roca caja de Veta Verde



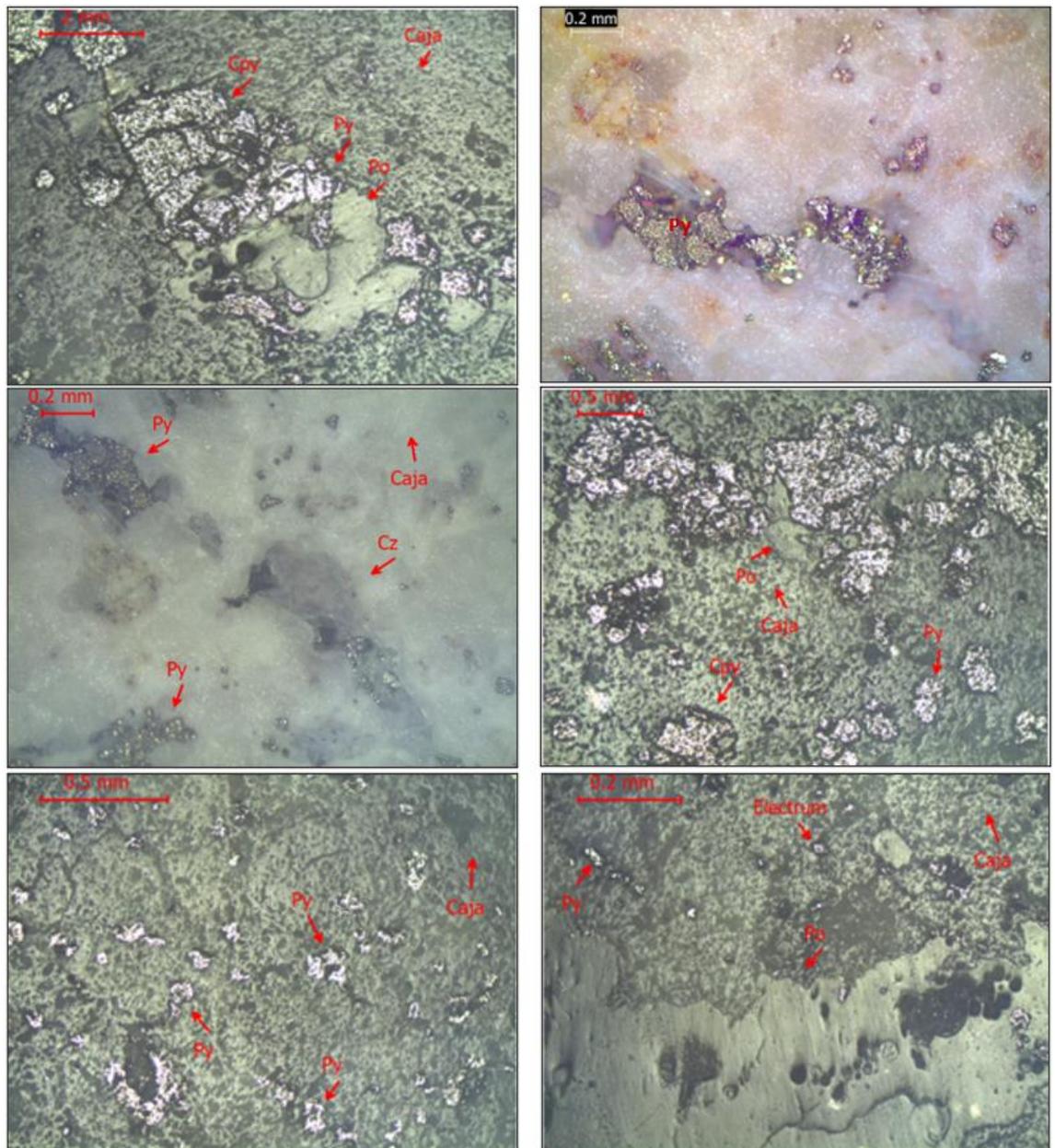
Nota: en la Figura 30 correspondiente a la roca caja de la veta Verde donde se evidencia que la muestra aún mantiene sus características iniciales, como la presencia de plagioclasas (Plg) levemente alteradas y sanidina (Sn), es notorio la presencia de óxidos de hierro y presencia de minerales verdosos (malaquita) en una matriz vítrea, los cristales de plagioclasa están incrustados en una matriz vítrea y aparecen como pórfido euhedral con un relieve significativo en comparación con otros minerales, no se evidencia fragmentos de rocas a comparación con la roca caja de veta Vicuña, esto hace entender que la interacción fluido-roca ha sido relativamente baja, bajo esta perspectiva la roca inicial era una roca volcánica andesita.

5.2.2 Minerografía de la veta Vicuña

Muestra extraída de la Veta Vicuña para ver la mineralogía existente en la estructura mineralizada para los cuales se han tomado 6 microfotografías.

Figura 31

Microfotografías de sección pulida de la veta Vicuña



Nota: En la figura 31 se observa puntos de oro electrum, con abundante presencia de cristales cúbicos de pirita (Py), calcopirita (Cpy), piritita (Po),

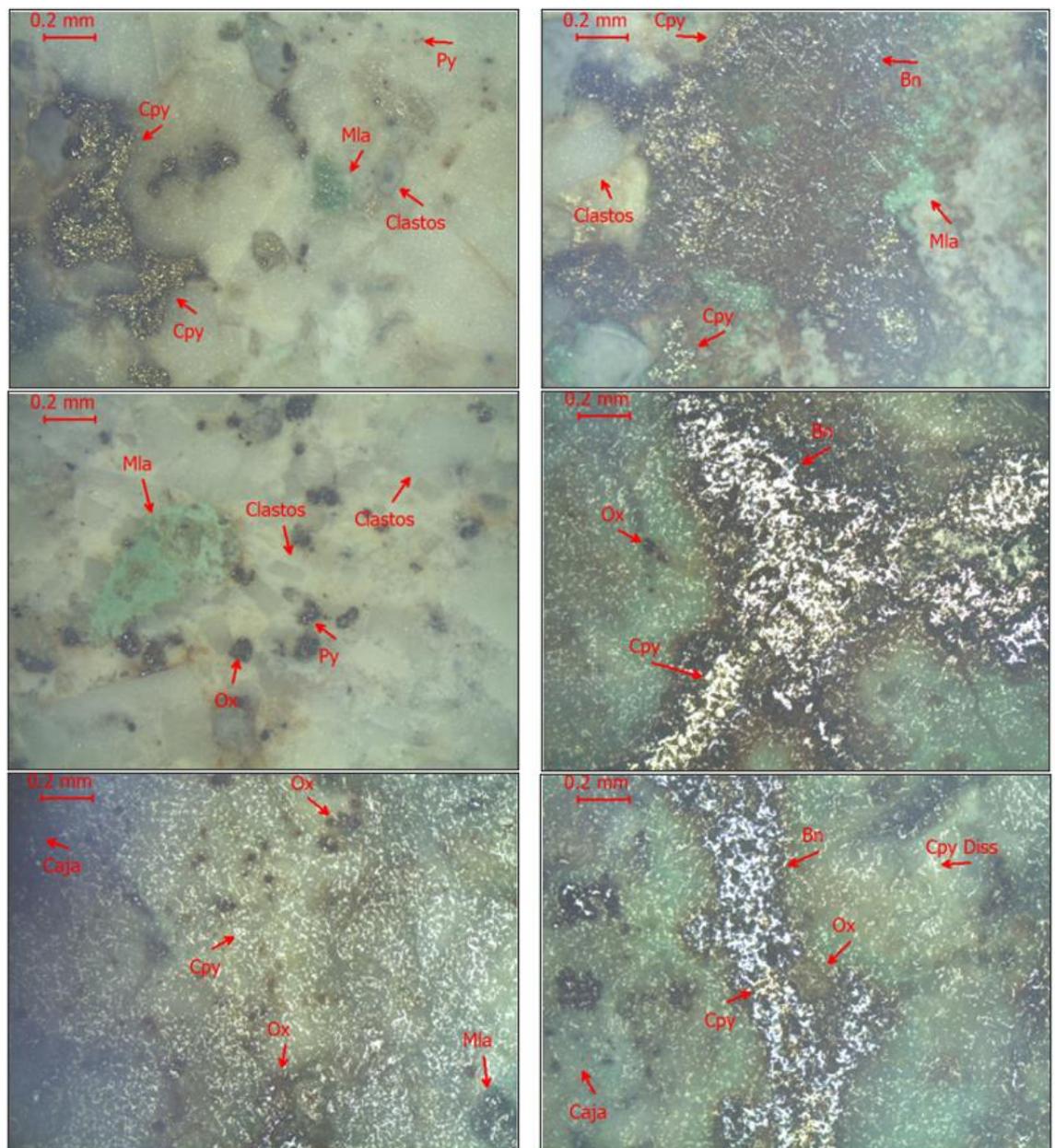
cuarzo (Cz) relleno de cavidades y fracturas, con algunos fragmentos de roca.

5.2.3 Minerografía de la veta Verde

Muestra extraída de la Veta Verde para ver la mineralogía existente de la estructura mineralizada, para lo cual se han tomado 6 microfotografías.

Figura 32

Microfotografías de sección pulida de la veta Verde



Nota: En la figura 32 se observa abundante presencia de calcopirita (Cpy),



bornita (Bn), malaquita (Mla), pirita (Py), en las venillas y cuerpos irregulares, es evidente la abundancia de calcopirita, también se observan clastos angulosos a subangulosos el cual confirma que la estructura es brechada.

Los minerales de valor económico evidenciados en minerografía con respecto a las vetas Vicuña y Verde son: oro electrum y minerales de cobre como la calcopirita, bornita y malaquita.

Los resultados obtenidos en microscopia causan mayor interés por el área de estudio Cancahuine y alrededor de la misma, generando así, nuevas zonas de interés de prospección y exploración geológica por minerales de oro y cobre en estructuras vetiformes emplazadas en rocas andesíticas del Grupo Tacaza.

5.3 CONTROL DE MINERALIZACION EN EL ÁREA DE CANCAHUINE

Los depósitos minerales están asociados con procesos geológicos que han formado estructuras mineralizadas a partir de fluidos hidrotermales provenientes del magma, los cuales se han depositado en lugares favorables con respecto a características geológicas.

En el área de estudio Cancahuine se han evidenciado dos controles de mineralización los cuales son: Control litológico y control estructural.

5.3.1 Control litológico

La veta Vicuña y la veta Verde se encuentran emplazados en rocas volcánicas andesíticas del Grupo Tacaza, este tipo de rocas tienen comportamiento frágil, por el cual, se generan fallas y/o fracturas por donde circulan los fluidos hidrotermales y se depositan los minerales como: Oro, calcopirita, pirita, pirrotita, cuarzo, calcita, entre otros.



No se ha evidenciado mineralización en los conglomerados de la Formación Ocoruro, por el que se sugiere que probablemente sea un control litológico en profundidad (ver anexo N°06 y N°07).

5.3.2 Control estructural

Al S del área de estudio se ha evidenciado una falla principal denominada Rossy de orientación andina NW-SE y al N se infiere una falla de orientación andina NW-SE, a partir de estas dos grandes fallas locales se han formado fallas de menor dimensión con orientación NW-SE y E-W (Ver anexo N°05). Las fallas normales son favorables para la depositación de minerales a partir de fluidos hidrotermales, estas fallas normales crean espacios que pueden depositarse minerales ricos en sulfuros como es el caso de Cancahuine.

En el área de estudio se ha evidenciado que las fallas normales han sido favorables, ya que crean espacios que pueden rellenarse con minerales ricos en sulfuros como es el caso de las vetas Vicuña y Verde.

No se ha evidenciado mineralización en las fallas inversas, ya que no poseen espacio favorable para la circulación de fluidos hidrotermales y su posterior depositación de minerales.



VI. CONCLUSIONES

- Basado en el análisis y descripción petrográfica, se determina que la litología del área de estudio está constituida por rocas andesíticas, cuya composición es de (porcentajes), macroscópicamente se tiene afloramientos de conglomerados oligomícticos de la Formación Ocoruro. Se han identificado fallas de orientación andina NW-SE y estructuras mineralizadas con orientación NW-SE y E-W con presencia de oro electrum, pirita, calcopirita, pirrotita, cuarzo, calcita y minerales supérgenos como la bornita, malaquita, calcosina y óxidos de hierro. Mineralización típica de un depósito epitermal de baja sulfuración.
- Se ha identificado que los minerales de valor económico son: Calcopirita, bornita, malaquita, calcosina y oro electrum, emplazados en estructuras vetiformes, generando así, mayor interés de exploración en el área de Cancahuine y alrededores.
- La mineralización del área de Cancahuine está relacionado a un control litológico y estructural, la mineralización se hospeda en rocas andesíticas del Grupo Tacaza y no se ha evidenciado mineralización en fallas inversas.



VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar muestreo sistemático a lo largo de las vetas Vicuña y Verde para obtener muestras representativas de la mineralización. Esto permitirá estimar la ley y la calidad de los minerales presentes en las vetas.

Se recomienda realiza análisis geoquímicos y mineralógicos de las muestras para identificar los minerales presentes y sus propiedades. Esto ayudará a comprender la composición de las vetas.

Se recomienda emplear estudios geofísicos como la sísmica y la gravimetría para conocer la extensión vertical de las vetas Vicuña y Verde.

Se recomienda desarrollar un modelo geológico 3D enfocado en construcción de modelos geológicos, estructurales y de alteración hidrotermal para la mejor comprensión del área de estudio Cancahuine.



VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An, W. C. (2020). *Ideal Element Distribution Pattern and Characteristics of Primary Halo in the Fault-Controlled Ore Zone of the Yidinan Gold Deposit*. Gansu, China. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11053-020-09646-y>
- Arribas, J. A. (1995). Characteristics of high-sulfidation epithermal deposits, and their relation to magmatic fluid. *Mineralogical Association of Canada Short Course*, 23, 419-454.
- Betejtin, A. (1975). *Curso de Mineralogía*. (2da ed.). Moscú, Rusia: "MIR". Obtenido de <https://pdfcoffee.com/betejtin-mineralogiapdf-5-pdf-free.html>
- Buchanan, L. (1981). Precious metal deposits associated with volcanic environments in the south west. Arizona. *Geological Society Digest*, 237-262.
- Buenaventura. (2016). *Manual de muestreo geoquímico*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/forellan/manual-de-muestreo>
- Camprubí, A., & Albinson, T. (2006). Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 58(1), 27-81.
- Camprubí, A., & Albinson, T. (2007). *Epithermal deposits in México - Update of current knowledge, and an empirical reclassification* (Geology of México: Celebrating the Centenary of the Geological Society of México ed.).
- Canchaya, S. (2016). *Curso de muestreo y QAQC*.
- Carlotto, V. (2002). *Évolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13-16°S)*. Perou: Geologie Alpine, Mémoire H.S.
- Cerpa, C. L. (2015). *Ocuwiri, Geología y Metalogenia*. Obtenido de Research Gate. Instituto Geológico,.
- Conrado, P. (2014). Caracterización detallada de la mineralización en veta Eureka, y su



- comparación con otras mineralizaciones del Distrito Cerro Negro, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. (*tesis doctoral*). Universidad Nacional de La Plata, La plata. Obtenido de Tesis de grado - Universidad Mayor de San Andrés.
- Cooke, d., Gemmell, b., & davies, A. (2005). Breccias associated with epithermal and porphyry systems - towards a systematic approach to their description and interpretation. (R. Kirkham, W. Sinclair, R. Thorpe, & J. Duke, Edits.) *Special research Centre at the University of tasmania*, 1-5.
- Dávila, B. J. (2011). *Diccionario Geológico* (3ra ed.). INGEMMET.
- Einaudi, M., Hedenquist, J., & Inan, E. (2003). *Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments* (Volcanic, geothermal, and ore-forming fluids: rulers and witnesses of processes within the earth. Littleton, CO: Society of Economic Geologists ed., Vol. 10).
- Galliski, F. (2012). *mineralogía y geoquímica de los depósitos de litio en Argentina*.
- Hedenquist, J., Arribas, A. J., & Gonzalez, E. (2000). *Exploration for epithermal gold deposits*. (Gold in 2000 Littleton, CO: Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology 13 ed.).
- Huang, W. T. (1991). *Petrología*. Mexico.
- Jenks, W. F. (1948). Geología de la hoja de Arequipa al 200,000. Geology of the Arequipa Quadrangle of the Carta Nacional del Perú. *Boletín del Instituto Geológico del Perú*, 9.
- Klinck, B. (1986). *The geology of the Cordillera Occidental and Altiplano west of Lake Titicaca Southern Peru*. Obtenido de British Geological Survey & Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - lima.
- Laurence, R. (2004). Introduction to ore-forming processes.



- Lemus, O. (2012). EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL ÁREA EL REFUGIO, DURANGO,. (*Tesis de magister*). universidad de Chile, Santiago de Chile. Obtenido de Tesis de maestría en ciencias-geología - Universidad de Sonora.
- Mamani Vilca P, C. (2016). *Estudio geologico y analisis estructural de la veta el Cofreparatia- provincia de lampa, departamento de puno*. Obtenido de tesis - Universidad Nacional San Agustin - Facultad de Geología, Geofísica y Minas: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/54d25163-f808-4167-8e33-3021c45d8584/content>
- Muñoz, V. L. (2012). evolución tectónica-estructural del corredor paratía-ocuviri, puno, sur del Perú: implicancias en el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos minerales. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 85-88.
- Ordóñez, L. (2019). “Estudio de la génesis de la veta azul basado en un control geológico estructural en las labores mineras circunscritas de la concesión “nueva esperanza 4” código 300086, ubicado en la parroquia zaruma y sinsao del Cantón Zaruma, Provincia de El Oro. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Palacios, O., De La Cruz, J., De La Cruz, N., Klinck, B., & Allison, R. &. (1993). *Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú*. LIMA - INGEMMET: Bolitin Serie A.
- Peña, C. E. (2016). *Estudio geológico, mineralógico y de ocurrencia del yacimiento imanniyoc, distrito de ccapamarca - cusco*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO: https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/2390/253T20170251_TC.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ponce, H. D. (2017). *Estudio Geológico Y Aplicación Del Método IP En La Exploración Del Yacimiento Jésica*. Obtenido de Tesis- UNSA:



<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4448>

Ramos, C. S. (2011). *Estudio Geológico Y Recursos Económicos En La Zona Mamacocha Distrito De San Antonio De Esquilache–Puno*. Obtenido de UNA- PUNO:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12260>

Rivera, M. H. (2011). *Introducción a la geoquímica general y Aplicada* (2da ed.). Lima, Perú: Megabyne.

Sillitoe, R. (2010). *Porphyry Copper Systems Economic Geology*.

Sillitoe, R. H., & Hedenquist, J. W. (2003). *Linkages between Volcanotectonic Settings, Ore-Fluid Compositions, and Epithermal Precious Metal Deposits* (Volcanic, Geothermal, and Ore-Forming Fluids: Rulers and Witnesses of Processes within the Earth ed., Vol. 10).

Soto, M. (2005). *TEXTO UNIVERSITARIO DE PETROLOGÍA*. Puno.

Tumialán, d. I. (2003). *Compendio de Yacimientos Minerales del Perú*. Obtenido de Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geología, Minera.,

Tunque, S. C. (2015). *Prospección y exploración geológica de depósitos de hierro del proyecto cerro Copane- Accha – Omacha*. Obtenido de Tesis - UNSAAC: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/1612>

Valdivia, E., & Rodriguez, R. (2003). *MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA REVISIÓN Y ACTUALIZACIÓN DEL CUADRÁNGULO DE LAGUNILLAS (32-u)*. Lima: 32.

Villatty, R. J. (2021). *ESTUDIO GEOLÓGICO PARA DETERMINAR EL POTENCIAL DE POLIMETÁLICOS EN LA CONCESIÓN MINERA SAN LUIS, DISTRITO DE SAN LUIS, PROVINCIA SAN PABLO, CAJAMARCA - 2021*. Obtenido de Tesis- Universidad Priavada del Norte - Ingeniería Geológica: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30465/Villatty%20Rodriguez%20Jhosting%20Steward.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



White, N., & Hedenquist, J. (. (1990). Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 36(1-3), 445-474.



ANEXOS

ANEXO N° 01. MAPA DE UBICACIÓN

ANEXO N° 02. MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

ANEXO N° 03. MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL

ANEXO N° 04. MAPA GEOLÓGICO LOCAL

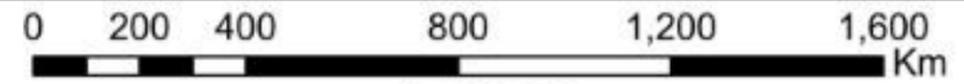
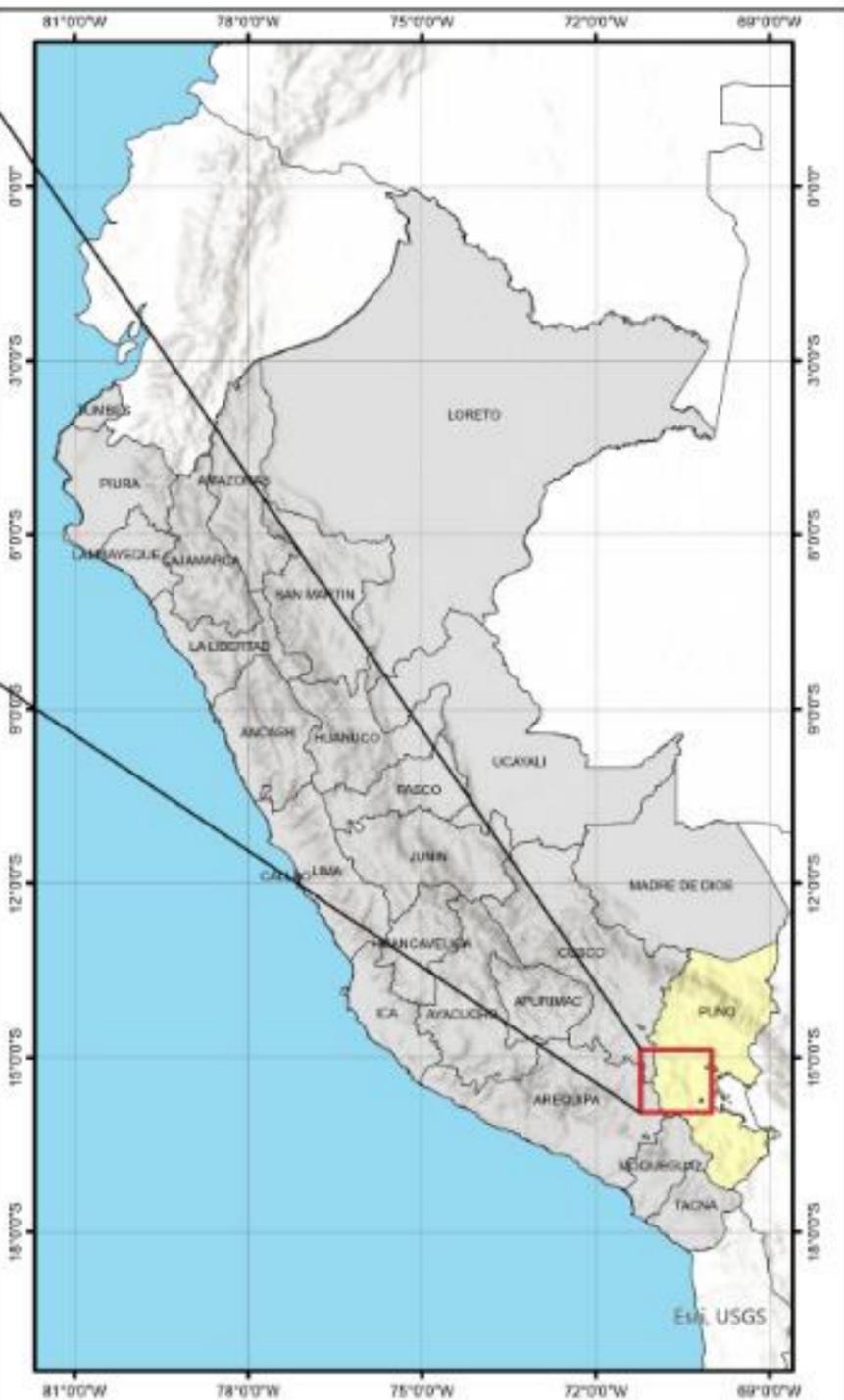
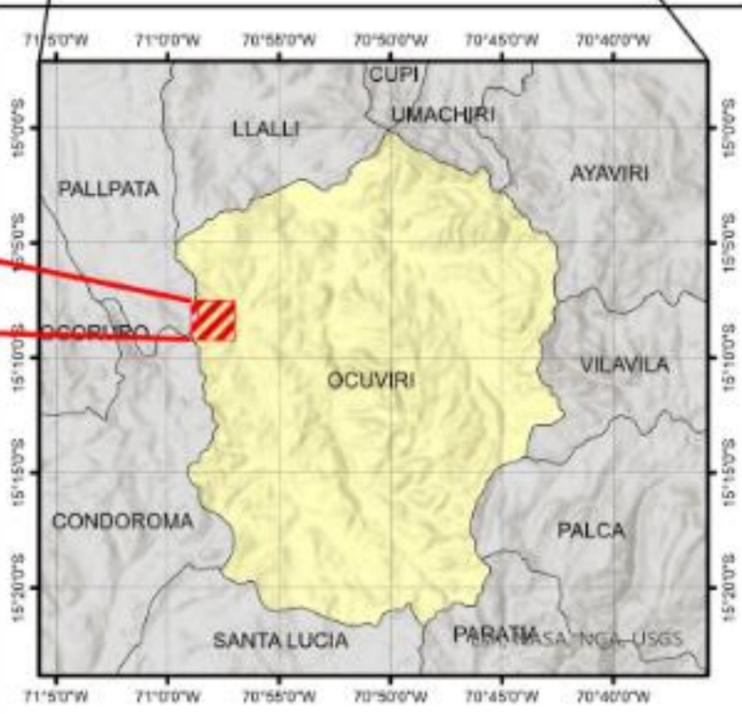
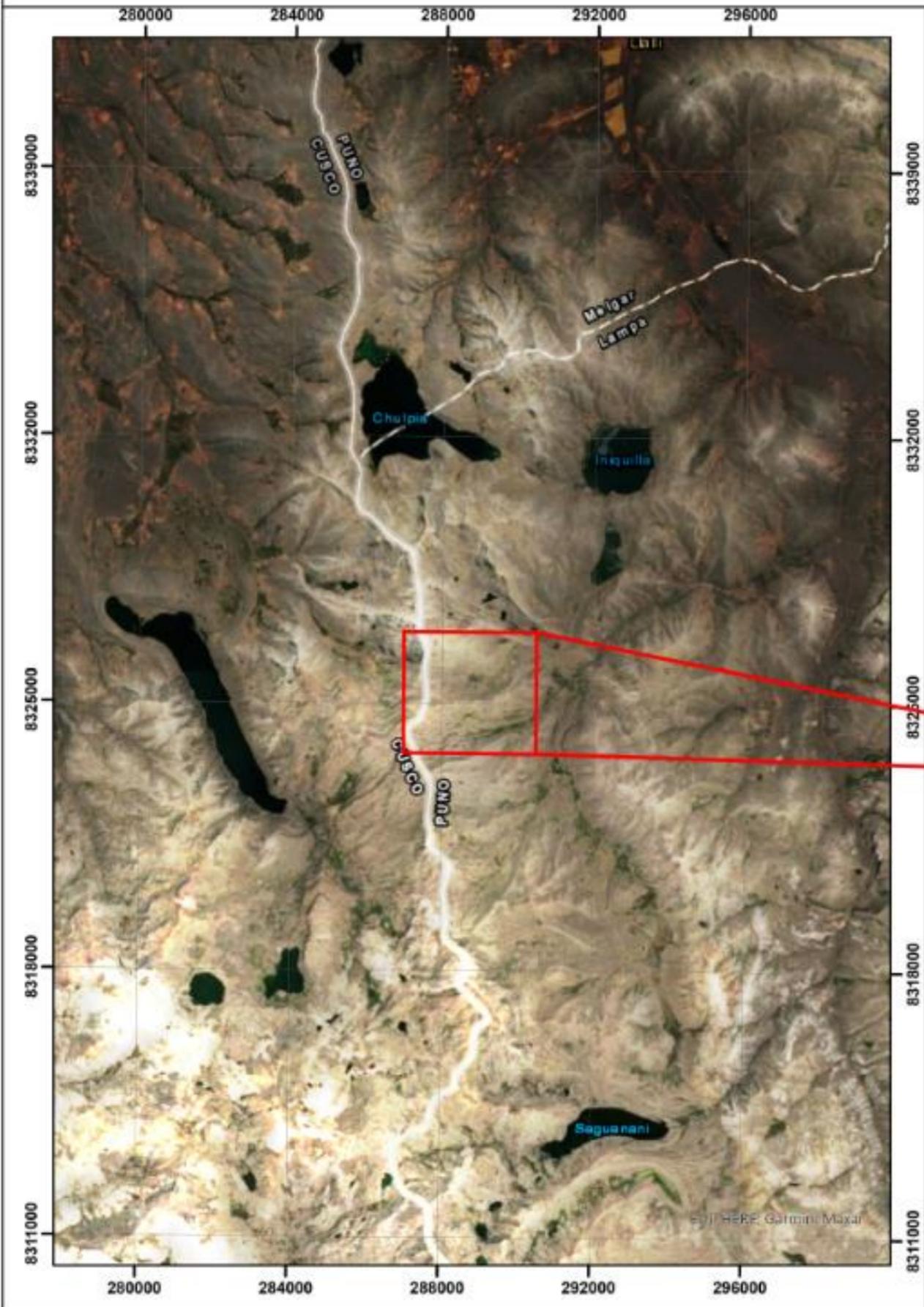
ANEXO N° 05. MAPA ESTRUCTURAL LOCAL

ANEXO N° 06. MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PERFILES

ANEXO N° 07. PERFIL A

ANEXO N° 08. PERFIL B

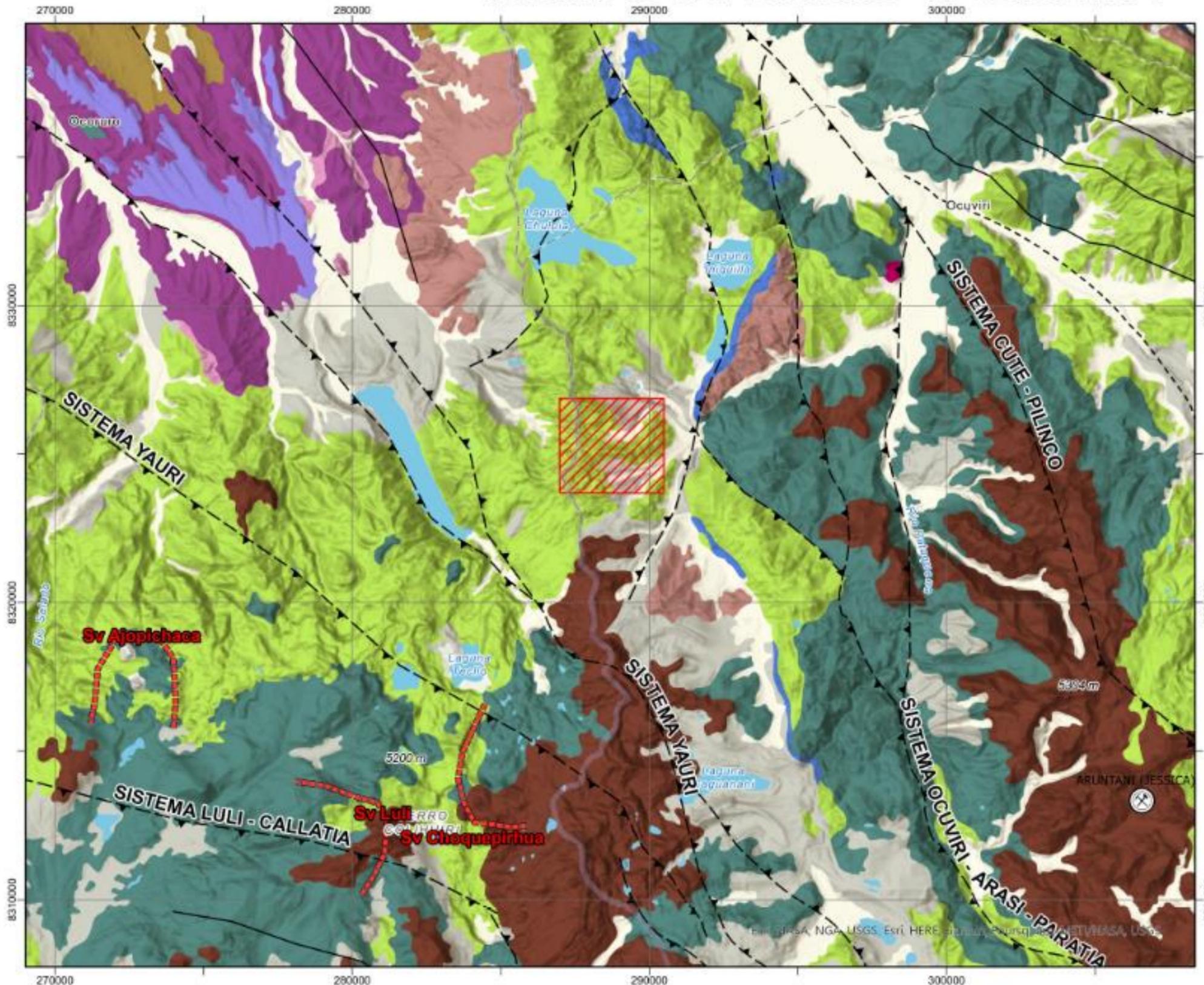
MAPA DE UBICACIÓN



1:150,000

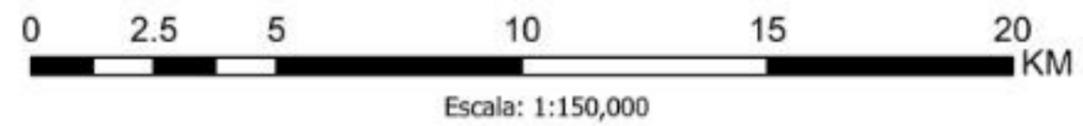
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	Lamina: <h1 style="font-size: 2em;">01</h1>
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>	Plano: MAPA DE UBICACIÓN	Escala: <i>1/150,000</i>
Departamento: <i>PUNO</i>	Provincia: <i>LAMPA</i>	

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL



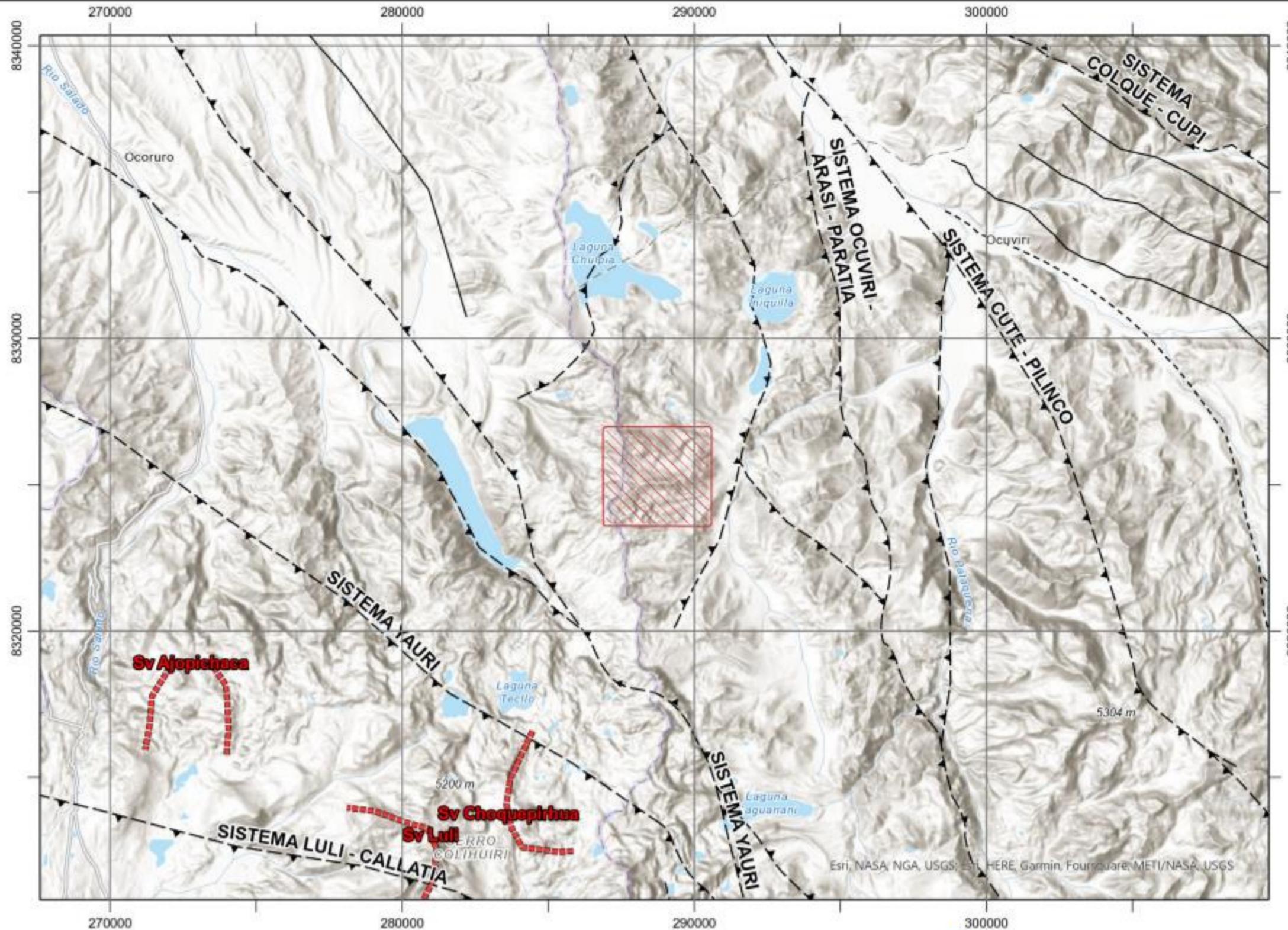
SIMBOLOGÍA	
---	Falla Inversa
---	Falla Inversa Inversa
---	Falla Inversa
▨	Área de estudio
—	Falla normal
☪	Laguna
☪	Sistema volcánico
⊗	MINAS

ERATEMA	SERIE	LEYENDA	
		UNIDADES LITO ESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito biogénico
			Depósito aluvial
			Depósito glacial, fluvial
			Depósito aluvial, fluvial
	NEOGENO	PLIOCENO	Depósito glacial
			Formación Colaseya
		MIOCENO	Formación Ocoruro
			Grupo Sillapaca
			Grupo Paica
			Grupo Maure
PALEOGENO		Grupo Tacaza	
		Grupo Puno	
MESOZOICO	SUPERIOR	CRETÁCICO	Formación Muñani
			Formación Viquechico
			Formación Ayabacas
			Formación Arcurquina
ROCAS INTRUSIVAS			Colque - granodiorita
			Granodiorita



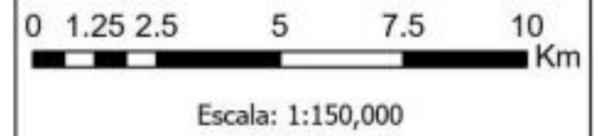
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA			
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO		Lamina: <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">02</div>
Proyección: UTM - WGS 84 - Zona 19 sur	Plano: MAPA GEOLÓGICO REGIONAL		Escala: 1/150,000
Departamento: PUNO	Provincia: LAMPA	Distrito: OCUVIRI	

MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL



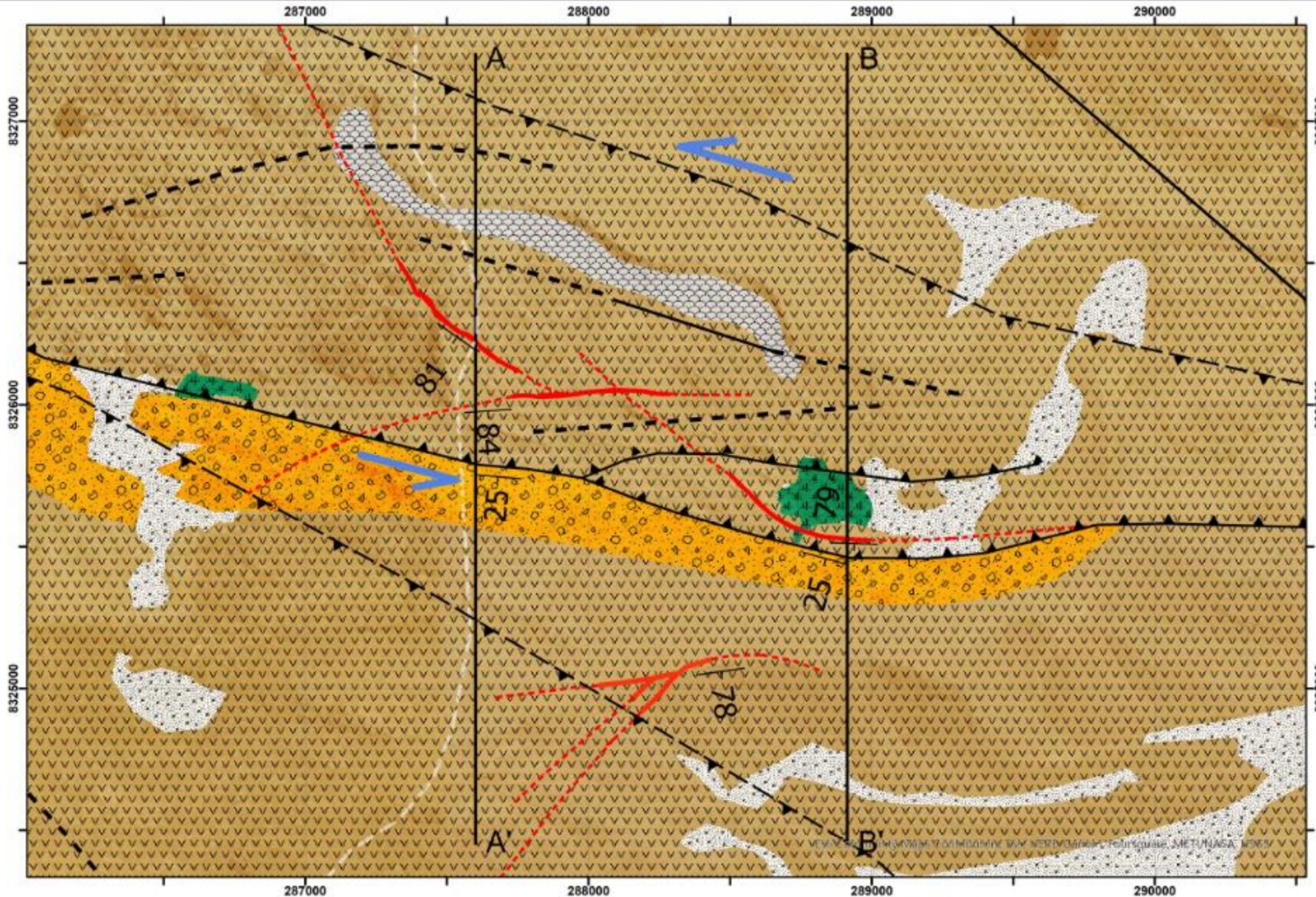
SIMBOLOGIA

- Area de estudio
- Falla normal
- Falla normal Inferida
- Falla inversa
- Falla Inversa Inferida
- Sistema volcanico
- Laguna



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		Lamina: <h1 style="font-size: 2em;">03</h1>
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>	Plano: MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL	Escala: <i>1 / 150,000</i>
Departamento: <i>PUNO</i>	Provincia: <i>LAMPA</i> Distrito: <i>OCUVIRI</i>	

MAPA GEOLÓGICO LOCAL

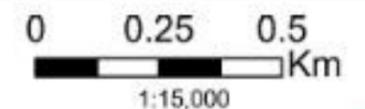


LEYENDA

- ALUVIAL
- MORRENA
- BOFEDAL
- Fm. OCORURO
- Gpo. TACAZA

SIMBOLOGIA

- DIRECCIÓN
- FALLA INVERSA INFERIDA
- FALLA INVERSA
- FALLA INFERIDA
- FALLA NORMAL
- PERFIL
- VETA INFERIDA
- VETAS

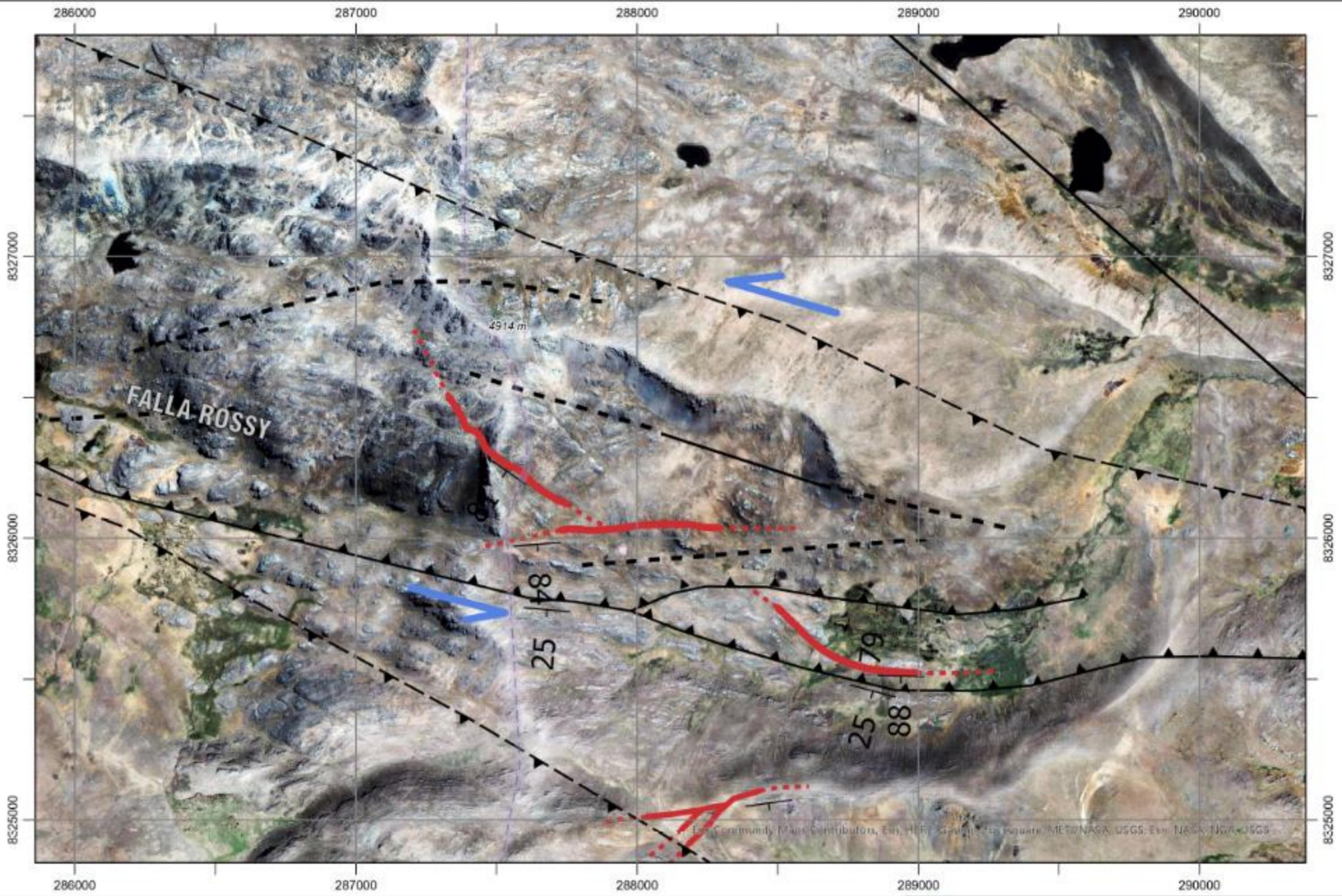


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



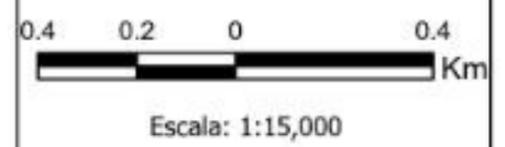
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	Lamina: 04
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>	Plano: MAPA GEOLÓGICO LOCAL	Escala: 1 : 15,000
Departamento: <i>PUNO</i>	Provincia: <i>LAMPA</i> Distrito: <i>OCUVIRI</i>	

MAPA ESTRUCTURAL LOCAL

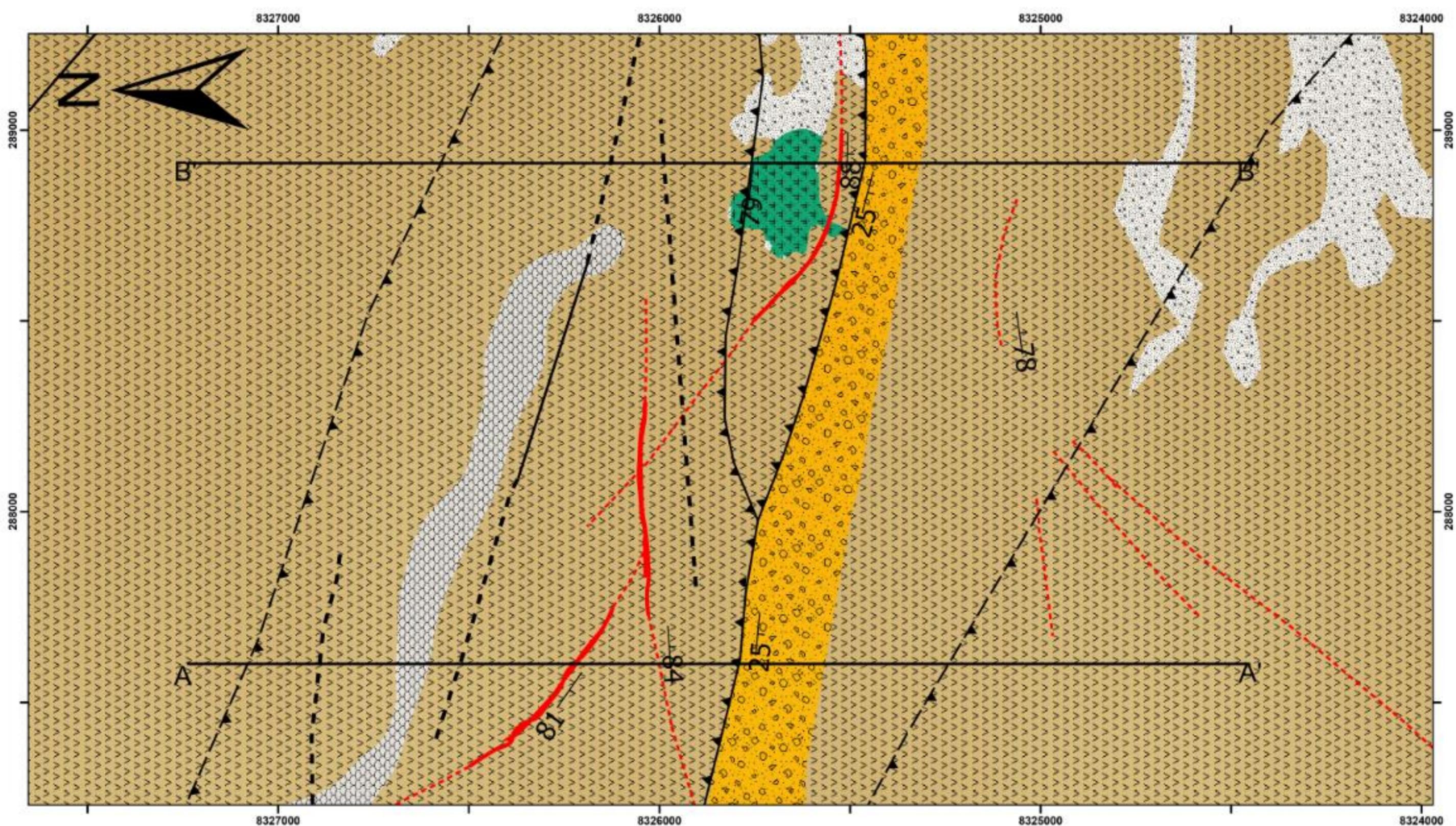


SIMBOLOGIA

- Dirección
- Falla inversa inferida
- Falla normal
- Falla normal inferida
- Veta
- Veta inferida



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	
Proyección: UTM - WGS 84 - Zona 19 sur	Plano: MAPA ESTRUCTURAL LOCAL	Lamina: <h1 style="font-size: 2em;">05</h1>
Departamento: PUNO	Provincia: LAMPA	Distrito: OCUVIRI
		Escala: 1/15,000



SIMBOLOGIA

- Perfil
- Falla normal
- Falla inversa inferida
- Veta
- - - Falla normal inferida
- ▲ Falla inversa
- - - Veta inferida

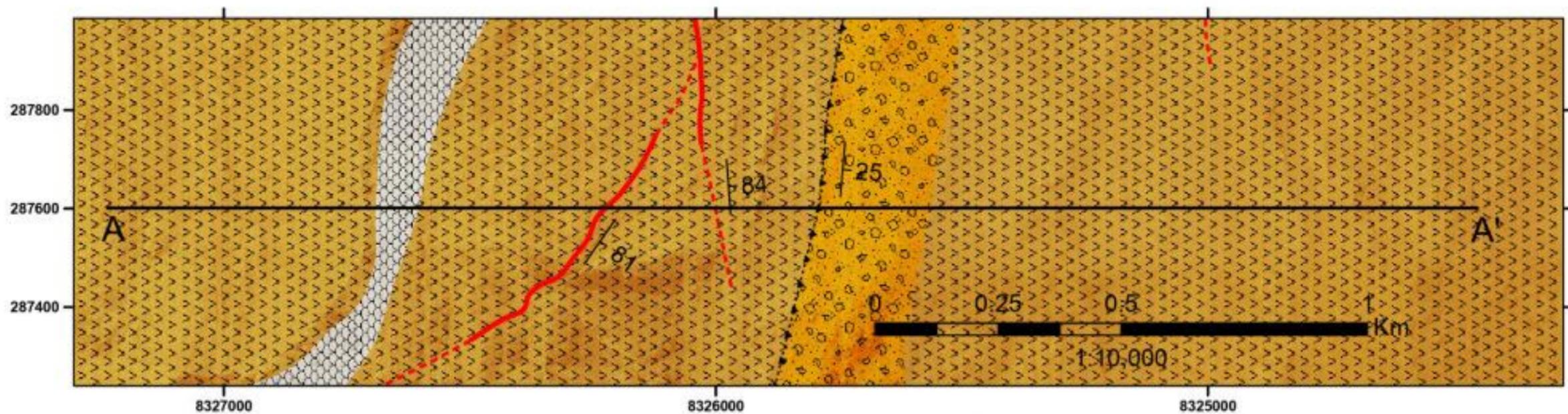
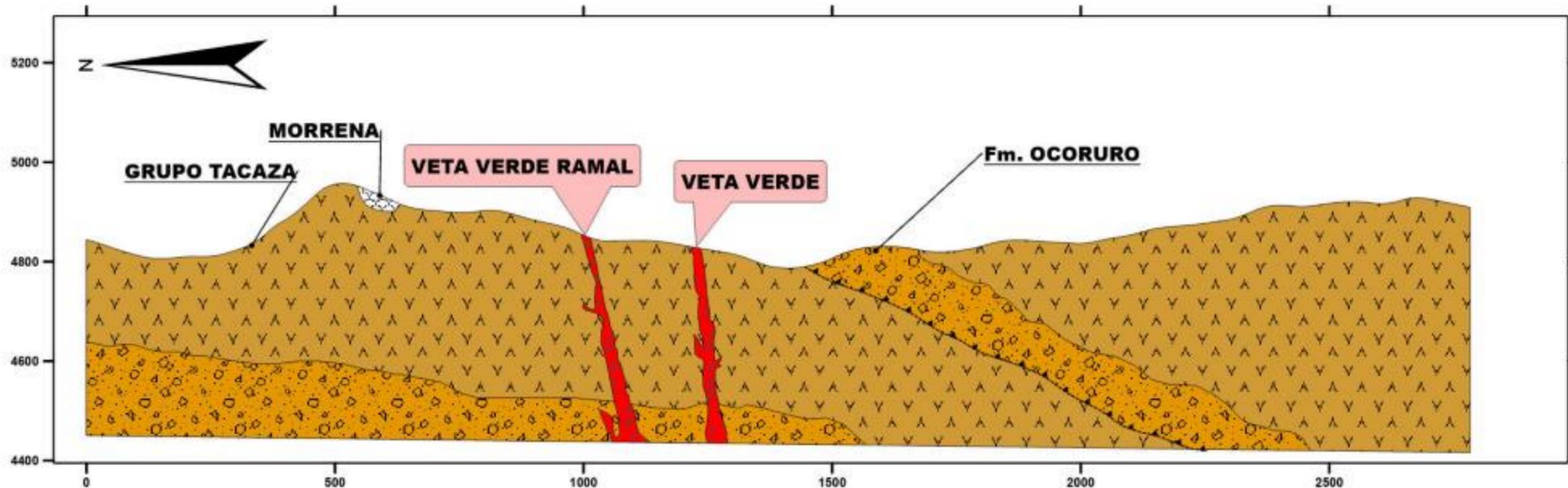


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



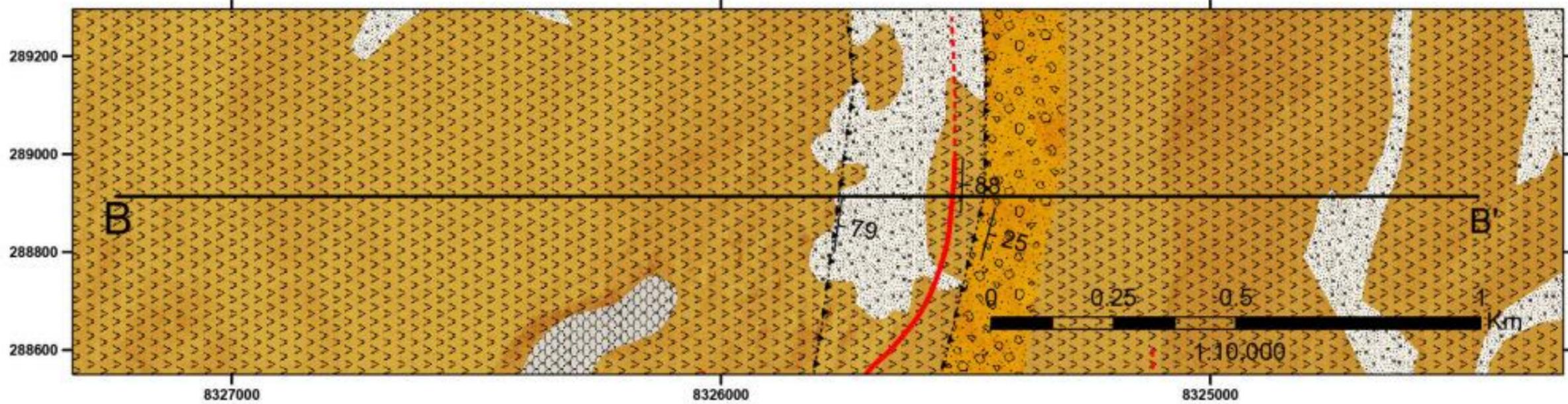
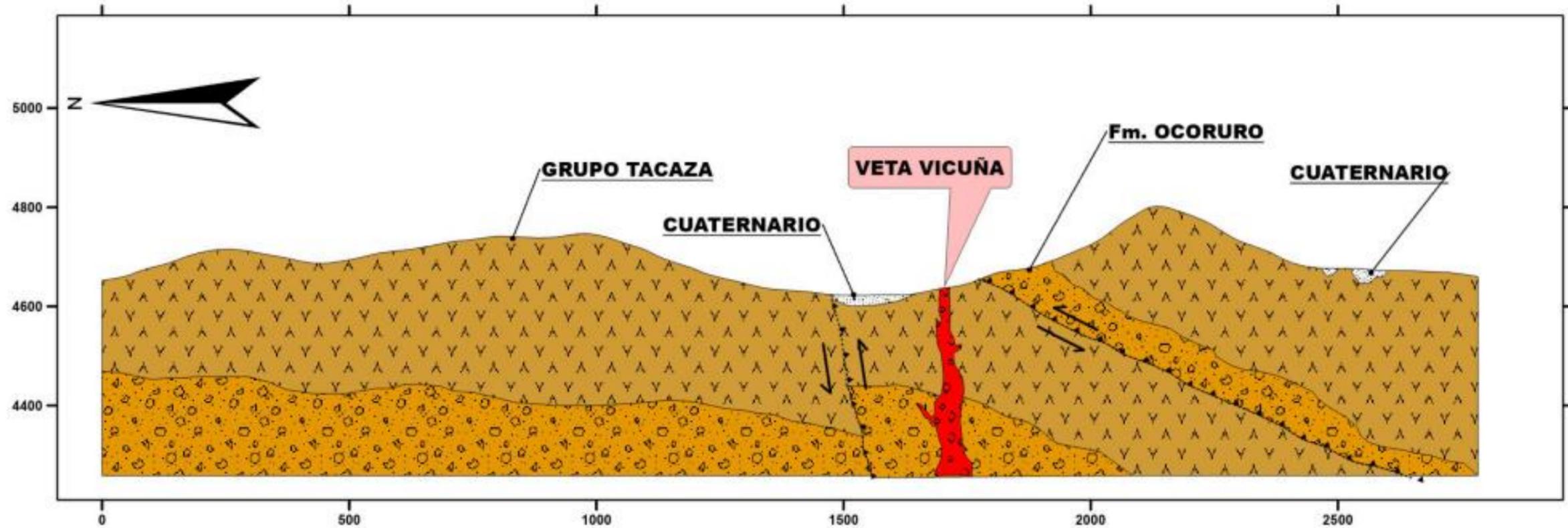
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	Lamina: 06
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>	Plano: MAPA DE DISTRIBUCIÓN DE PERFILES	Escala: 1 : 15000
Departamento: <i>PUNO</i>	Provincia: <i>LAMPA</i> Distrito: <i>OCUVIRI</i>	

PERFIL A - A'



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>		Lamina: 07
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>		
Departamento: <i>PUNO</i>		Plano: PERFIL GEOLÓGICO A - A'
Provincia: <i>LAMPA</i>		Distrito: <i>OCUVIRI</i>
		Escala: <i>1 : 10000</i>

PERFIL B - B'



 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA		
Diseño: <i>Frank Garcia Yareta</i>	ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ESTRUCTURAS MINERALIZADAS DEL ÁREA DE CANCAHUINE OCUVIRI-LAMPA-PUNO	
Proyección: <i>UTM - WGS 84 - Zona 19 sur</i>	Plano: PERFIL GEOLÓGICO B - B'	Lamina: <h1 style="font-size: 2em;">08</h1>
Departamento: <i>PUNO</i>	Provincia: <i>LAMPA</i>	Distrito: <i>OCUVIRI</i>
		Escala: <i>1 : 10000</i>



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

Por el presente documento, Yo Frank Kleber García Yareta
identificado con DNI 70244545 en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Geológica

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

Título Profesional denominado:

"Estudio geológico de las estructuras mineralizadas del área de Concahuine
Ocuiri - Lampa - Puno"

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de octubre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Frank Kleber García Yareta
, identificado con DNI 70244545 en mi condición de egresado de:

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

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

“ Estudio geológico de las estructuras mineralizadas del área de Cancahuine
Ocuwiri - Lampa - Puno ”

” Es un tema original.

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

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

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

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

Puno 25 de octubre del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella