

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas y Metalúrgica

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica



“DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS – APURÍMAC”

Tesis presentada por:

Br. Indhira Medina Hoyos

Br. Jhosset Paul Aller Delgado

Para optar el título profesional de ingeniero geólogo.

Asesor:

Ing. Mauro Alberto Zegarra Carrión

CUSCO – PERU

2021

RESUMEN

El Prospecto Skarnlet se localiza en la parte nororiental del departamento de Apurímac, en la provincia de Cotabambas, entre los límites distritales de Cotabambas y Tambobamba, dentro de la Franja Metalogenética de Skarn y Pórfidos de Cu-Au, del Batolito de Andahuaylas - Yauri (Eoceno-Oligoceno), entre los 3400 hasta los 4600 msnm.

En el prospecto se identificó diferentes unidades litológicas de las cuales se tiene: areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani, areniscas de la Formación Murco, Calizas de la Formación Acurquina; por otra parte, se encontró cuarzo monzodiorita de hornblenda, diorita de hornblenda, cuarzo diorita de hornblenda, cuarzo monzonita de hornblenda, rocas ígneas proveniente del Batolito Andahuaylas - Yauri, que metamorfizó las calizas de la Formación Acurquina, generando los skarn de granate y magnetita, como también mármol; el ascenso de los diques también metamorfizaron las areniscas de la Formación Hualhuani dando origen a las cuarcitas.

En cuanto al control estructural se tiene las fallas locales con dirección NW - SE y NE - SW, las cuales generaron zonas de debilidad, las cuales ayudaron en la intrusión posible pórfidos de cuarzo diorita de hornblenda, generando así un skarn de Cu, debido a los procesos de metamorfismo y metasomatismo que ocurrieron en las rocas huésped.

Las alteraciones presentes en el prospecto se pueden visualizar la alteración prograda representada por granates, magnetita, piroxenos, calcita y cuarzo, acompañada de calcopitita y bornita; y la alteración retrograda representada por granates, calcita, especularita, epidota, actinolita, tremolita, cuarzo, acompañada de calcopitita, bornita. Dichas características geológicas como la litología, alteraciones y mineralogía, son típicos de un yacimiento del tipo Skarn de Cu.

Al realizarse el muestreo geoquímico se recolectó 28 muestras, de las cuales 5 fueron sometidas a análisis de fuego y 23 sometidas a análisis de multielementos las cuales nos proporcionó valores promedio de (6.9%) para Cu, (23.75ppm) para Ag y (0.42ppm) para Au, por otra parte la descripción de secciones delgadas y pulidas, ayudaron a identificar los minerales económicamente rentables en este tipo de yacimientos, también se realizó un modelo geológico idealizado, basándonos en la interpretación de las condiciones geológicas, afloramientos y el control estructural de secciones geológicas.

Los parámetros de transporte y precipitación de mineral más importantes en la formación de los skarn del prospecto Skarnlet fueron los ligandos clorurados y bisulfurados, explicando el aumento de las leyes de Au y Ag, formándose así finalmente un yacimiento de tipo skarn rico en Cu, Ag, Au.

Las interpolaciones realizadas para los siguientes elementos: Cu, Au, Ag y Mo, indican las zonas anómalas con mayor potencial de encontrar minerales con estos elementos económicamente rentables, como también se logran identificar correlaciones positivas moderadas y una muy fuerte, que nos indica la afinidad con la que cuentan estos elementos en el skarn del prospecto.

Se debe tener en cuenta que, en el área de estudio, no se tienen zonas de exploración diamantina, debido a la falta de permisos por parte de las comunidades campesinas directamente involucradas, por lo cual el modelo presentado de la zona de estudio fue inferido con los datos obtenidos de campo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE FOTOS	vii
CAPITULO I GENERALIDADES	1
1.1 UBICACIÓN.....	1
1.2 ACCESIBILIDAD.....	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.5 HIPÓTESIS	6
1.6 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN	6
1.7 ANTECEDENTES	6
1.8 VARIABLES.....	7
1.8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES	7
1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTES.....	7
1.9 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION.....	8
1.10 MÉTODOS QUE SE EMPLEARAN EN LA INVESTIGACIÓN	8
1.11 PROCEDIMIENTO.....	8
1.11.1 ETAPA PRELIMINAR DE ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS “GABINETE I”.....	8
1.11.2 TRABAJOS DE CAMPO “CAMPO I”	9
1.11.3 ETAPA DE GABINETE “GABINETE II”	9
1.11.4 TRABAJOS DE CAMPO “CAMPO II”	9
1.11.5 ETAPA DE GABINETE “GABINETE III”	10
1.11.6 PROCESAMIENTO DE DATOS	10
1.11.7 MAPAS TEMÁTICOS RESULTADO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS .	10

1.12 MARCO CONCEPTUAL	11
1.13 MARCO TEORICO	13
1.13.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	13
1.13.2 GEOLOGÍA REGIONAL	21
1.13.3 TECTÓNICA	29
1.13.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	33
1.13.5 DEPÓSITOS DE SKARN	37
1.14 CLIMA	39
1.15 FLORA Y FAUNA	39
1.15.1 FLORA	39
1.15.2 FAUNA.....	40
1.16 HIDROLOGÍA LOCAL.....	40
CAPITULO II GEOMORFOLOGÍA.....	44
2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL	44
2.2.1 COLINAS MODERADAMENTE EMPINADAS	44
2.2.2 VALLE FLUVIAL	45
2.2.3 MORRÉNA.....	46
2.2.4 PLANICIES	46
2.2.5 CERROS	47
CAPITULO III GEOLOGÍA	49
3.2 GEOLOGÍA LOCAL	49
3.2.1 ROCAS SEDIMENTARIAS	49
3.2.1.1 ARENISCAS CUARZOSAS:	50
3.2.1.2 ARENISCAS:	50
3.2.1.3 CALIZA MICRÍTICA MASIVA	51
3.2.2 ROCAS ÍGNEAS.....	52
3.2.3 ROCAS METASOMÁTICAS DE CONTACTO.....	53
CAPITULO IV GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	59
4.5 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	59
4.5.1 SISTEMA DE FALLAS LOCAL.....	59
CAPITULO V GEOQUÍMICA	64
5.1 MUESTREO.....	64

5.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO	66
5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO	67
5.4 CORRELACIÓN DE PEARSON	70
CAPITULO VI PROCESOS DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACIONES.....	74
6.1 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN.....	74
6.1.1 CONTROL ESTRUCTURAL:.....	74
6.1.2 CONTROL LITOLÓGICO:	74
6.2 ALTERACIONES HIDROTERMALES	74
6.3 PROCESOS DE MINERALIZACIÓN	77
CAPITULO VII GEOLOGÍA ECONÓMICA.....	87
7.1 ORIGEN DEL YACIMIENTO	87
7.2 PROFUNDIDAD Y PRESIÓN DE FORMACIÓN.....	87
7.3 EVOLUCIÓN Y VARIABILIDAD DEL SKARN.....	89
7.4 PARAGÉNESIS DEL SKARN.....	90
7.5 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN DEL SKARN EN EL PROSPECTO SKARNLET	91
7.6 CARACTERÍSTICAS METALOGENÉTICAS DEL YACIMIENTO SKARNLET ..	97
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
ANEXOS.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de los vértices de las concesiones mineras en UTM WGS1984 del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.	1
Tabla 2 Tramos de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.	3
Tabla 3 Identificación de muestras. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 4 Descripción de las muestras. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 5 Cuadro resumen de los resultados de las leyes de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 6 Correlación de Pearson para el Prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.	71
Tabla 7 Minerales característicos de alteración progradada y retrogradada del prospecto Skarnlet. Fuente: Modificado de Perez y Gonzales (2010).	75
Tabla 8 Composición mineralógica de la muestra PS M – 25.	77
Tabla 9 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra PS M – 29.	78
Tabla 10 Composición mineralógica de la muestra PS M – 11.	79
Tabla 11 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra PS M-13.	80
Tabla 12 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra M – 02.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Columna estratigráfica regional. Fuente: Cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r, realizado por Galdos H. y Carrasco (2002).	21
Figura 2 Esquema de evolución magmática en el Batolito Andahuaylas-Yauri. Fuente: Cueva C. (2014).	27
Figura 3 Mapa estructural del Perú mostrando los principales sistemas de fallas cartografiadas del Perú a escala 1:1'000,000. Fuente: INGEMMET (2009).	33
Figura 4 Los dominios geotectónicos del sur de Perú. Fuente: INGEMMET (2009).	34
Figura 5 Esquema de endoskarn y exoskarn. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 6 Depósitos tipo skarn de Fe, hierro, cobre y oro, y tipo manto Cu-(Ag) en la Cordillera de los Andes del sureste de la provincia de Mendoza (34°–36°s), Argentina. Fuente: Franchini, M., Barrio, E., Pons, M., Schalamuk, Rios, F., Meinert, L., (2007).	38
Figura 7 Etapas evolutivas de los depósitos de skarn asociados a plutones. Fuente: Modificado de Meinert (1983).	89
Figura 8 Zonación típica de skarns de acuerdo al avance del fluido. Fuente: Modificado de Meinnert (2005).	90
Figura 9 Modelo geológico idealizado del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia. .	92
Figura 10 Geología y yacimientos principales de la franja de pórfidos y skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno del Batolito Andahuaylas-Yauri. Fuente: Carlotto (1998),	98

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resultados de análisis de laboratorio para Cu del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.	69
Gráfico 2 Resultados de análisis de laboratorio para Ag del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.	69
Gráfico 3 Resultados de análisis de laboratorio para Au del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.	70

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 Cadena de montañas ubicadas en el distrito de Cotabambas.	15
Foto 2 Colinas ubicadas al NW del Prospecto Skarnlet.	15
Foto 3 Valle glaciar de la localidad de Sorapata.	16
Foto 4 Morrenas ubicadas en el Cerro Acchihuachana.	17
Foto 5 Valle fluvial y Río Aquillanno.	17
Foto 6 Terrazas fluviales en la quebrada Chuyllullu.	18
Foto 7 Bofedales aledaños al cerro Nequeta.	19
Foto 8 Muestra de roca ígnea con presencia de xenolito, Prospecto Skarnlet.	27
Foto 9 Skarn de grosularia con presencia de calcita del prospecto Skarnlet.	37
Foto 10 Quebrada Huayllapampa, ubicada dentro del prospecto Skarnlet.	41
Foto 11 Colinas moderadamente empinadas en el prospecto Skarnlet.	45
Foto 12 Valle fluvial en el prospecto Skarnlet.	45
Foto 13 Morrenas del prospecto Skarnlet.	46
Foto 14 Planicies en el prospecto Skarnlet.	47
Foto 15 Cerros en el prospecto Skarnlet.	47
Foto 16 Areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani en el prospecto Skarnlet.	50
Foto 17 A) Fm. Murco y Fm. Hualhuani. B). Limoareniscas y limoarcillas en estratos de espesor delgado.	51
Foto 18 A). Afloramiento de Caliza micrítica masiva en el prospecto Skarnlet. B). Muestra de mano.	52
Foto 19 A). Intrusivo de cuarzo monzonita de hornblenda B). Granodiorita con patinas de malaquita.	53
Foto 20 Afloramiento del intrusivo al entrar en contacto con caliza en la parte norte del prospecto Skarnlet.	53
Foto 21 A). Endoskarn en contacto con el exoskarn. B). Endoskarn con mineralización de calcopirita y pirita.	54
Foto 22 A). Skarn de granates. B). Skarn de andradita con piroxenos y epidota.	55
Foto 23 Skarn de Magnetita en el prospecto Skarnlet.	55
Foto 24 Mármol y caliza recristalizada.	56
Foto 25 A). Afloramiento de cuarcitas en el prospecto Skarnlet B). Cuarcitas.	57
Foto 26 Fallas de orientación NE – SW.	60
Foto 27 Fallas de orientación NW – SE.	61

Foto 28 Fracturas en el Macizo rocoso de cuarzo diorita de hornblenda.....	62
Foto 29 Fenos de plagioclasa en medio de una matriz intergranular, ortosa intersticial. Ferromagnesianos débilmente alterados a clorita y escasos granos de opacos (PS M – 25)..	77
Foto 30 Hornblenda verde rodeada de listones entrelazados de plagioclasas (PS M – 29).	78
Foto 31 Hornblenda en la parte central, sección basal, pseudoexagonal y débilmente esquelética y prismática hacia la izquierda y moderados granos de opacos (PS M – 29).	78
Foto 32 Plagioclasa, hornblenda fracturada y el cuarzo con claras evidencias de deformación dúctil: Elongados (aplastados), con extinción ondulante, lamelas de deformación y recristalización de sus granos (microcristales) en una orientación (esquistosidad).	79
Foto 33 Granates zonados de la serie grosularia-andradita con una fase de unión de calcita esparítica. Cortados por venillas de calcita e inclusiones de granos de calcita y diópsida (PS M-13).	80
Foto 34 Hornblenda verde en sección basal, pseudoexagonal con alta birrefringencia (Central – derecha). Intercrecida con plagioclasa y cuarzo.	80
Foto 35 Granate incluido en plagioclasa. Metasomatismo en la cuarzo monzonita, originando su endomorfismo.	81
Foto 36 Vista en nicoles paralelos, donde resaltan los opacos (hematita – especularita) asociada con calcita, plagioclasa Ca y diópsida.	81
Foto 37 Mármol con granos de calcita inequigranulares, en contactos suturados. Cortado por una venilla postrera de calcita. Pirita finamente diseminada. Se observa mineralógicamente la Calcita anhedral; Tremolita con habito Prismático, subhedral; minerales opacos como Pirita diseminada y óxidos de Fe (Hematita-limonita).	82
Foto 38 Agregados intercrecidos de calcopirita con pirita en medio de ganga (Cuarzo monzonita).	82
Foto 39 Depósito coloidal de crisocola, hematita e hidróxidos de Fe.	83
Foto 40 Crisocola en depósito coloidal con hematita y goethita.	83
Foto 41 Inter crecimiento pirita – calcopirita y hematita magnética acicular.	83
Foto 42 Magnetita masiva conteniendo escasos granos de calcopirita.	84
Foto 43 Skarn de granate grosularia – andradita con Hematita acicular y cuarzo.	84
Foto 44 Skarn de granate grosularia – andradita con diseminaciones de calcopirita > pirita. .	84
Foto 45 Venas y finas venillas entrelazadas de Hematita e hidróxidos de Fe entre granos de cuarzo.	85
Foto 46 Alto contenido de pirita cizallada (fragmentada) en medio de cuarzo.	85

CAPITULO I GENERALIDADES

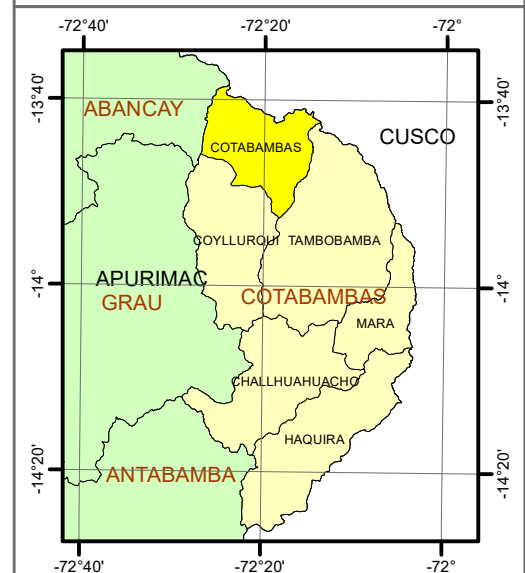
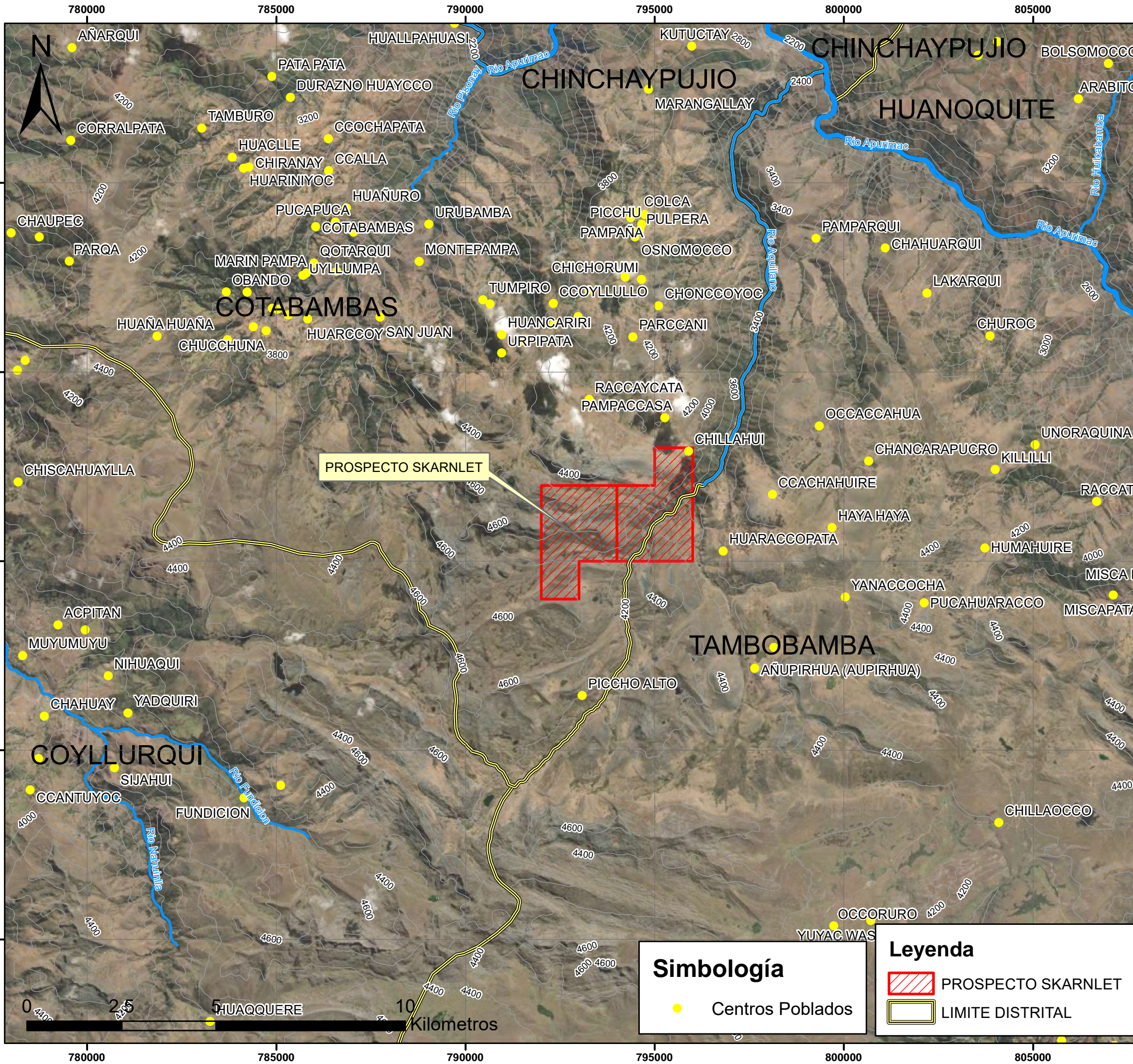
1.1 UBICACIÓN

El Prospecto Skarnlet se encuentra ubicado geográficamente en la Cordillera Occidental de los Andes del sur del Perú, en los distritos de Cotabambas y Tambobamba, provincia de Cotabambas, departamento de Apurímac (ver el plano de ubicación P-01), específicamente al sur de la localidad de Chillahui y el caserío de Raccaycata, por otra parte, al este del prospecto Skarnlet se encuentran los anexos de Huaraccopata y Ccachahuire, pertenecientes al distrito de Tambobamba. El área comprende 1000 Ha aprox., con altitudes que oscilan de 3600-4550 m.s.n.m., cabe mencionar que a través del prospecto Skarnlet transcurre el río Aquillano, que posteriormente se unirá al río Apurímac.

Las coordenadas UTM en la zona 18L y con Datum WGS_1984 se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 Cuadro de los vértices de las concesiones mineras en UTM WGS1984 del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.

PUNTO N°	ESTE	NORTE
1	796000	8473000
2	796000	8470000
3	794000	8470000
4	794000	8472000
5	795000	8472000
6	795000	8473000
7	793000	8470000
8	793000	8469000
9	792000	8469000
10	792000	8472000



Simbología

- Centros Poblados

Leyenda

- ▨ PROSPECTO SKARNLET
- ▭ LIMITE DISTRITAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
 ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"

PLANO DE UBICACION

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-01

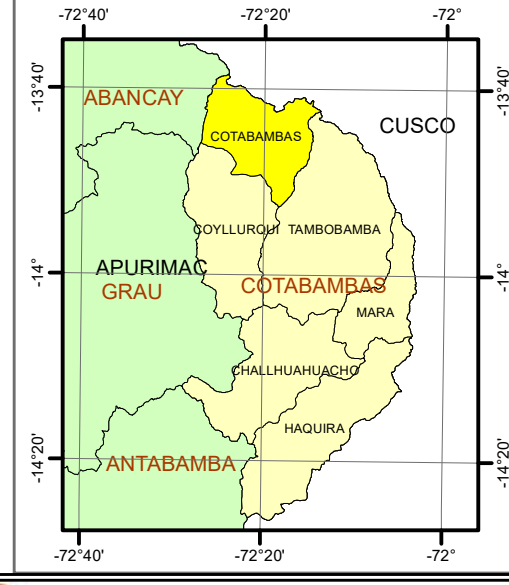
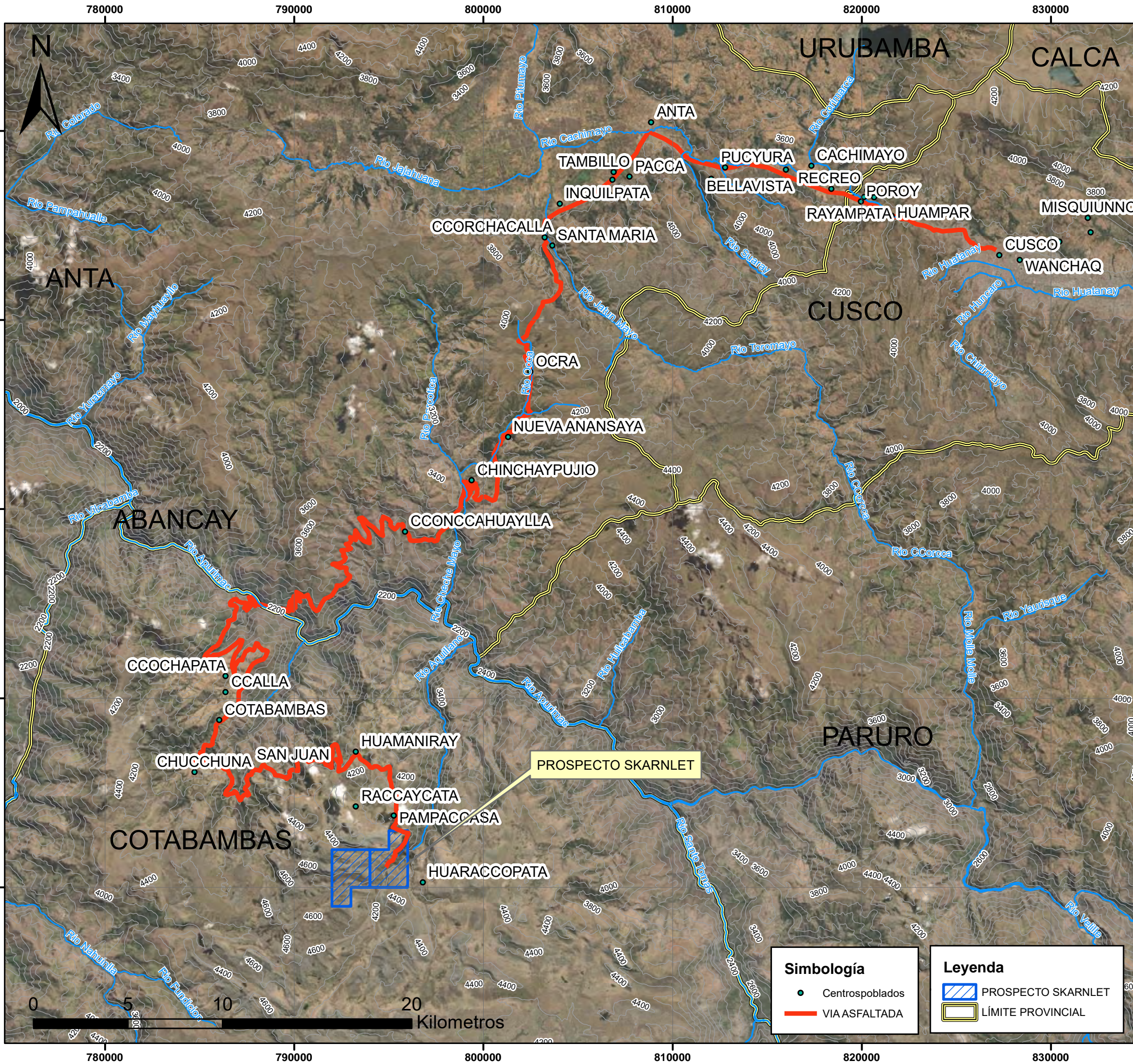
FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 100,000

1.2 ACCESIBILIDAD

Para llegar hasta la zona de estudio desde la ciudad del Cusco se recorre a través de una vía asfaltada de 2° clase con aproximadamente 32 km de longitud, por 1 hora, posteriormente se toma el desvío de la localidad de Inquilpata para llegar a Cotabambas, este trayecto dura aproximadamente 3 horas con 30 minutos, siendo esta una carretera asfaltada de 3° clase, finalmente, continuamos por la carretera asfaltada de 3° clase hasta el prospecto Skarnlet, como se muestra en la Tabla 2. Atravesando las provincias de Anta en la región Cusco y Cotabambas en la región Apurímac (ver plano de accesibilidad P-02).

Tabla 2 Tramos de accesibilidad a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.

INICIO	DISTANCIA	TIEMPO	TIPO DE VÍA
Cusco-Anta (Inquilpata)	32 km	1 hora	Asfaltada de 2da clase
Anta (Inquilpata) - Cotabambas	97 km	3 horas y 30 Min	Asfaltada de 3ra clase
Cotabambas – Prospecto Skarnlet	31 km	1 horas y 15 min aprox.	Asfaltada de 3ra clase



Simbología	Leyenda
● Centropoblados	▨ PROSPECTO SKARNLET
— VIA ASFALTADA	▭ LÍMITE PROVINCIAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC		
PLANO DE ACCESIBILIDAD		
DISTRITO: COTABAMBAS	PROVINCIA: COTABAMBAS	DEPARTAMENTO: APURIMAC
ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-02	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 200,000	

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los skarn de cobre forman parte de los depósitos minerales en la región sur del Perú, siendo objeto de nuestra investigación. La presencia de cuerpos intrusivos, subvolcanicos ácidos e intermedios, calizas de la formación Arcurquina y las zonas mineralizadas en el área metalogenética del batolito de Andahuaylas - Yauri son particulares en este sector. Los yacimientos relacionados a esta franja metalogenética presentan una señal geoquímica-mineralógica que lo diferencia del clásico emplazamiento de skarn característico.

El área de estudio por estar emplazado en este sector, donde hay bastante incidencia de proyectos y prospectos mineros, podría ser una zona de interés económico, pero necesita mayores estudios de exploración y prospección para poder definir el metalotecto en la zona de estudio, que alberga no sólo a minerales de cobre, sino también a otros minerales que traen consigo metales como oro, plata, zinc, molibdeno entre otros; es necesario realizar el cartografiado geológico local, geoquímica, control estructural, etc. que nos ayude a determinar las características geológicas y procesos de mineralización que actualmente no posee, siendo esta la razón de nuestra investigación.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las características geológicas y procesos de mineralización en el prospecto Skarnlet?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características geológicas y los procesos de mineralización en el prospecto Skarnlet.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Describir las características del yacimiento, geomorfología, geología estructural y geoquímica, según la cartografía local.
- ✓ Determinar unidades litológicas a escala local.
- ✓ Delimitar los procesos de mineralización.
- ✓ Identificar los controles del emplazamiento de su mineralización.
- ✓ Definir las alteraciones hidrotermales.

1.5 HIPÓTESIS

Las características geológicas y los controles estructurales en el proceso de génesis, así como también la formación de minerales de valor económico a consecuencia de las alteraciones hidrotermales que se dieron: y la ubicación del prospecto Skarnlet, dan a entender que está emplazado en un yacimiento tipo skarn de Cu-Au relacionados al batolito Andahuaylas – Yauri; que tendría así un interés económico importante.

1.6 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN

En el prospecto Skarnlet se resalta la influencia del batolito Andahuaylas - Yauri, siendo un metalotecto que favorece el emplazamiento de pórfidos y posteriormente la formación de skarn con contenido de minerales económicamente rentables, por lo tanto, es importante obtener y recopilar información detallada para el estudio e interpretación geológica, para determinar sus características geológicas y procesos de mineralización del prospecto en mención, para posteriormente ubicar los blancos exploratorios.

1.7 ANTECEDENTES

No se cuenta con estudios anteriores de la zona de estudios debido a que es un nuevo prospecto, por otro lado se tomó en consideración los trabajos más cercanos y recientes a la zona de estudio

como es el plan “Fortalecimiento de capacidades humanas en el desarrollo minero en el distrito de Cotabambas - Apurímac”, implementado por la Municipalidad Distrital de Cotabambas y el informe geológico del prospecto Pampaccasa - Colca elaborado por el Ing. Wilman Gallegos para la capacitación a los pequeños mineros artesanales en desarrollar correctamente la pequeña minería artesanal, fortaleciendo su conocimiento en geología, mineralización, alteración y producción del Cobre, Oro, Plata, Plomo, Zinc, etc., en el distrito de Cotabambas.

1.8 VARIABLES

1.8.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

Condiciones geológicas

INDICADORES

- Estratigrafía
- Petrología
- Geoquímica
- Geomorfología
- Procesos de mineralización
- Alteraciones hidrotermales

1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTES

Características geológicas y procesos de mineralización

INDICADORES

- Forma de relieve
- Litología
- Geología estructural (fallas, pliegues, fracturas, etc.)

- Valores de laboratorio
- Muestreo

1.9 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

La metodología de trabajo comprende seis etapas: gabinete I, campo I, gabinete II, campo II, gabinete III. Su diseño es descriptivo - explicativo donde se describirá todas las características geológicas - geoquímicas y luego se planteará un modelo idealizado del yacimiento de tipo skarn para poder comprender el proceso de formación y su posterior mineralización.

1.10 MÉTODOS QUE SE EMPLEARAN EN LA INVESTIGACIÓN

Descriptivo: Se trata de identificar, clasificar, describir, caracterizar y analizar el proceso de mineralización del skarn en el prospecto Skarnlet.

Explicativo: responder a las interrogantes de los posibles procesos de mineralización en la formación del skarn en el prospecto y características geológicas que influyeron en este proceso.

1.11 PROCEDIMIENTO

La metodología del trabajo comprende de 06 etapas:

1.11.1 ETAPA PRELIMINAR DE ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS “GABINETE I”

- Ubicación de la zona de estudio.
- Revisión de la información geológica regional INGEMMET.
- Revisión de mapas regionales existentes.
- Recopilación de antecedentes históricos de la zona de estudio y de proyectos aledaños a la zona.
- Elaboración de mapas bases de la zona de estudio.

1.11.2 TRABAJOS DE CAMPO “CAMPO I”

- Observación geológica y geomorfológica de la zona de estudios.
- Cartografiado geológico, estructural y registro de actividades mineras a escala 1:5000 sobre una base topográfica de curvas de nivel cada 10m y obtención de muestras de mano representativas para descripción macroscópica y microscópica.
- Muestreo geoquímico I (superficie) con métodos de tipo rock - chips.
- Descripción e identificación de estructuras mineralizadas.
- Toma de fotos de rasgos geológicos de importancia así afianza el trabajo.

1.11.3 ETAPA DE GABINETE “GABINETE II”

- Procesamiento de la información de los trabajos de “Campo I” y creación una base de datos e interpretación de los datos obtenidos.
- Elaboración y digitalización de mapas y/o planos detallados según el requerimiento de los objetivos del presente trabajo.
- Descripción macroscópica de las muestras obtenidas en campo.
- Análisis de los resultados geoquímicos del laboratorio.
- Conclusiones y recomendaciones preliminares.
- Elaboración de anexos, donde presentara fotos de la zona de estudio y descripción de cada fotografía.

1.11.4 TRABAJOS DE CAMPO “CAMPO II”

- Mapeo geológico local de la zona de estudio.
- Obtención de muestras de mano representativas para descripción macroscópica y microscópica.
- Muestreo (superficie) con métodos de tipo rock – chips.
- Descripción e identificación de estructuras mineralizadas.

- Toma de fotos de rasgos geológicos de importancia así afianza el trabajo.

1.11.5 ETAPA DE GABINETE “GABINETE III”

- Procesamiento de la información de los trabajos de “Campo II” y ampliación de la base de datos e interpretación de los datos obtenidos.
- Elaboración y digitalización de mapas y/o planos finales según el requerimiento de los objetivos del presente trabajo.
- Descripción macroscópica de las muestras obtenidas en campo.
- Preparación de secciones delgadas y pulidas, descripción de las mismas.
- Uso de los antecedentes de la zona de estudio, observación, recolección de datos, en campo; para posteriormente iniciar con el procesamiento, interpretación y análisis sobre la base de datos obtenida realizando un inventario, mapas, columnas estratigráficas, mapas de alteraciones, finalmente para poder obtener conclusiones y recomendaciones.
- Conclusiones y recomendaciones finales.

1.11.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

Se utilizará programas informáticos como:

- ArcGIS.
- Google Earth.
- Sas.Planet.
- IoGAS
- Target for ArcGIS.
- Microsoft Office 2013.
- Leapfrog Geo.

1.11.7 MAPAS TEMÁTICOS RESULTADO DEL PROCESAMIENTO DE DATOS

Utilizando la información recopilada de campo se obtendrá como producto:

- Mapa de ubicación
- Mapa de accesibilidad
- Mapa metalogénico, geológico local y regional
- Mapa litológico
- Mapa geomorfológico
- Mapa estructural
- Mapa de distribución geoquímica
- Mapa de alteraciones

1.12 MARCO CONCEPTUAL

Definición de los términos básicos que serán utilizados:

Metalotecto: Una determinada característica geológica que ha jugado un rol en la concentración de uno o más elementos (o sustancias minerales) y ha contribuido a la formación de depósitos minerales; puede ser estructural, estratigráfico, litológico, geomorfológico, etc. y puede combinar espacio y tiempo. Ej. Una falla regional, batolito de Andahuaylas-Yauri, etc. (Dávila, 2011).

Metalogénesis: Es la ciencia que estudia la génesis de depósitos minerales (metálicos o no-metálicos), con énfasis en sus relaciones espaciales y temporales con los rasgos geológicos regionales (tectónicos, petrográficos, etc.), tratando de definir los factores que han contribuido al patrón de distribución de los metales dentro de la parte superior de la corteza (Dávila, 2011).

Franja Metalogénica: Es la ubicación, edad, el tipo de mineralización de un área caracterizada por una agrupación de depósitos minerales o por uno o más tipos característicos de depósitos. (Dávila, 2011).

Alteración Hidrotermal: Es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma. En efecto, la temperatura del fluido y el pH del mismo son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal (Dávila, 2011).

Skarn: Son rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas (Dávila, 2011)

Aureola de contacto: Zona alrededor de una masa ígnea en la que hay cambios, principalmente debidos a efectos térmicos. El límite exterior está matizado por el primer cambio detectable en la textura o mineralogía de las rocas. La amplitud de la aureola variará según los diferentes tipos de rocas, encontrándose la más ancha en las rocas arcillosas y la más estrecha en las rocas arenosas, y con el tamaño, temperatura de intrusión y contenido en volátiles de la masa ígnea (Dávila, 2011).

Metamorfismo isoquímico: Recristalización metamórfica y cambios mineralógicos reflejando el protolito y circulación de fluidos a alta temperatura formando minerales calcosilicatados. Incluye además el desarrollo de: mármol, rocas córneas, cuarcitas, skarn de reacción, skarnoides, talco y wollastonita hacia la periferia (Dávila, 2011).

Alteración retrógrada: Enfriamiento del plutón y circulación de aguas de temperatura más baja, posiblemente meteóricas, oxigenadas, causando alteración retrógrada de los minerales calcosilicatados metamórficos y metasomáticos. En esta etapa se forman nuevos minerales

hidratados de temperatura más baja, a partir de los minerales anhidros formados previamente. Incluyen: epidota, actinolita, clorita y otras fases minerales hidratadas, típicamente con control estructural y sobreimpuestos a la secuencia de progrado (fallas, contactos estratigráficos o intrusivos). En algunos casos la mineralización se extiende también a esta etapa de retrogrado. (Pérez y Gonzales, 2010).

Cordillera de los Andes: Cadena de montañosa más larga de la tierra, con aproximadamente 7500 km de longitud, que presentan una orientación definida, siguiendo una estructura geológica principal, está ubicada en América del Sur atravesando países como Chile, Argentina, Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia y parte de Venezuela (FAO, 2014).

1.13 MARCO TEORICO

En el marco geológico regional se tomará en cuenta el cartografiado geológico del cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r realizado por Rene Marocco y actualizado por Jorge Galdos Huaco y Segundo Carrasco Viza (2002).

1.13.1 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

El prospecto Skarnlet está ubicada en la cordillera occidental de la parte Sur de los Andes centrales de Perú, que tiene dirección andina NW-SE, compuesta por una cadena montañosa producto del levantamiento plio-cuaternario de la cordillera de los Andes que posteriormente generó grandes valles fluviales, resultado de los agentes erosivos de la zona; esto según el cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r actualizado por Galdos y Carrasco (2002), además, se caracteriza por estar dentro de la zona subandina que corresponde a la faja de estratos plegados que se pueden visualizar en la zona de estudio, producto del cabalgamiento de la cordillera oriental de acuerdo al mapa de dominios geotectónicos del Perú realizado por el INGEMMET (2009); con una topografía accidentada como consecuencia de los agentes modeladores y erosivos.

Estas características regionales descritas nos dan una mejor visión del territorio y en consecuencia facilita la integración de información de la formación de los yacimientos minerales (ver plano geomorfológico regional P-03).

1.13.1.1 CADENA MONTAÑOSA

La cadena montañosa, perteneciente a la cordillera de los andes, está ubicada en los distritos de Cotabambas y Tambobamba, Según Galdos y Carrasco (2002) se relaciona los diferentes tipos de rocas encontrados regionalmente para mencionarlos de la siguiente manera, primero montañas en roca intrusiva, la cual se encuentra en la parte central de la zona de estudio, estas montañas se caracterizan por sus pendientes elevadas, está compuesta principalmente de monzonita de hornblenda, como parte del Plutón Colca, las cumbres de estas montañas alcanzan los 4200 msnm, y están divididas por el río Aquillano; segundo, montañas en roca volcánica, estas geoformas se ubican en el sector SE de la zona de estudio, está compuesta principalmente de flujos piroclásticos de color gris homogéneo, morfológicamente se caracteriza por presentar cumbres que alcanzan altitudes de 4500 msnm como resultado de la intensa actividad emergente y a la vez erosiva durante el levantamiento y desarrollo de las etapas de formación de los valles y el cortado por el cañón del río Apurímac (ver plano geomorfológico regional P-03). Finalmente, montañas en roca sedimentaria, esta unidad geomorfológica se encuentra en mayor proporción en la zona de estudio, las cumbres de alcanzan altitudes de 4600 msnm, además se caracteriza por ser una cadena de montañas con relieve homogéneo conformado por colinas andinas; litológicamente está compuesto por calizas plegadas, areniscas y lutitas (ver Foto 1).



Foto 1 Cadena de montañas ubicadas en el distrito de Cotabambas.

1.13.1.2 COLINAS

Ubicada en la parte NE de la zona de estudio, las cumbres alcanzan los 4300 msnm, es atravesado por el río Aquillano por el extremo izquierdo (ver plano geomorfológico regional P-03). Está compuesto litológicamente por secuencias de brechas, lahares, volcanoclásticos con componentes de calizas subangulosas y clastos de andesitas (ver Foto 2),



Foto 2 Colinas ubicadas al NW del Prospecto Skarnlet.

1.13.1.3 VALLE GLACIAR

Se puede observar en la parte norte de la zona de estudio, con una altitud máxima de 4500 msnm, con una morfología caracterizada por ser de fondo amplio parcialmente rellenos por depósitos fluvio-glaciares (ver plano geomorfológico regional P-03). Se han distinguido sólo en la parte alta disectando de alta montaña y planicies (ver Foto 3).



Foto 3 Valle glaciar de la localidad de Sorapata.

1.13.1.4 MORRENAS

Estos depósitos de derrubios en la zona de deshielo glaciar se encuentran distribuidas de manera dispersa, y con mayor presencia en la parte sur de la zona de estudio, con una altitud máxima de 4650 msnm, dichas geformas son de tipo colina alargada con perfiles sinuosos y cresta de baja altitud (ver plano geomorfológico regional P-03). Se reconocen morrenas laterales, frontales y de fondo; están constituidas por fragmentos de rocas de diverso origen, según el sustrato de roca que ha sido erosionado (ver Foto 4).



Foto 4 Morrenas ubicadas en el Cerro Acchihuachana.

1.13.1.5 VALLE FLUVIAL

Esta vertiente se visualiza se encuentra disperso dentro de la zona de estudio, en la parte baja de valle y cauces, así como también en bordes de cerros y mesetas con una altitud máxima de 4500 msnm (ver plano geomorfológico regional P-03). Rellenados por depósitos aluviales compuestos de gravas, arenas en matriz limoarenosa (ver Foto 5).

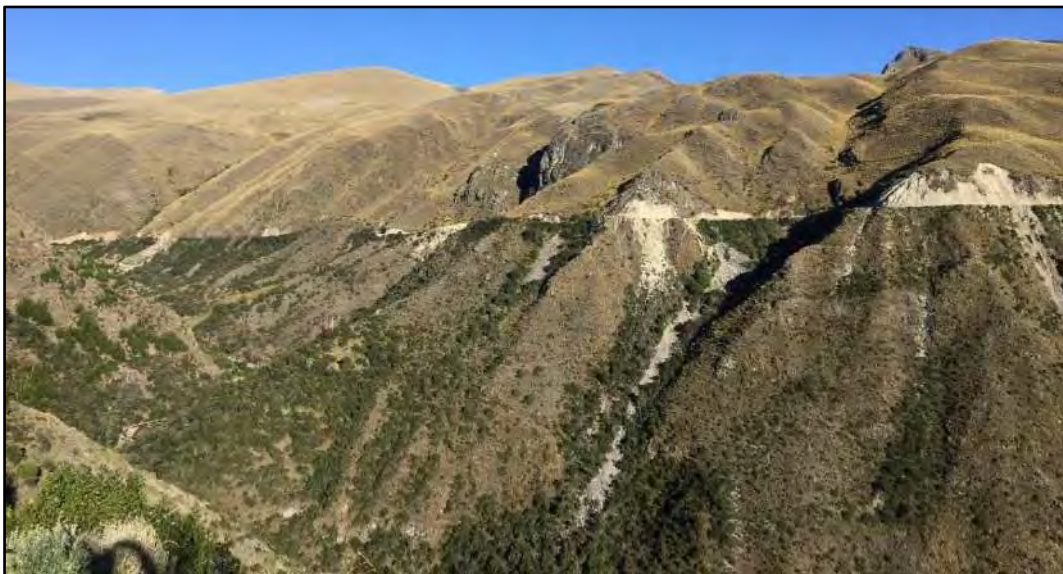


Foto 5 Valle fluvial y Río Aquillanno.

1.13.1.6 TERRAZA

Subunidad geomorfológica, que se forma por la fusión de numerosas terrazas de diferentes edades, pero pertenecientes a un mismo ciclo erosivo, se puede identificar en el parte NW y NE de la zona de estudio, con una altitud de 4330 msnm (ver plano geomorfológico regional P-03).

Rellenados por depósitos aluviales compuestos de gravas, arenas (ver Foto 6).



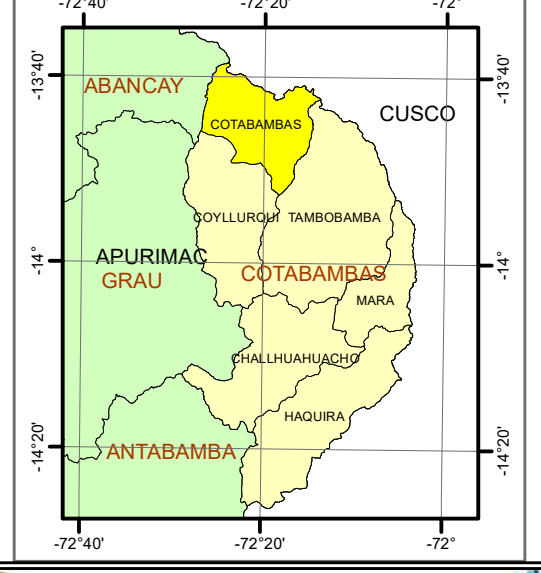
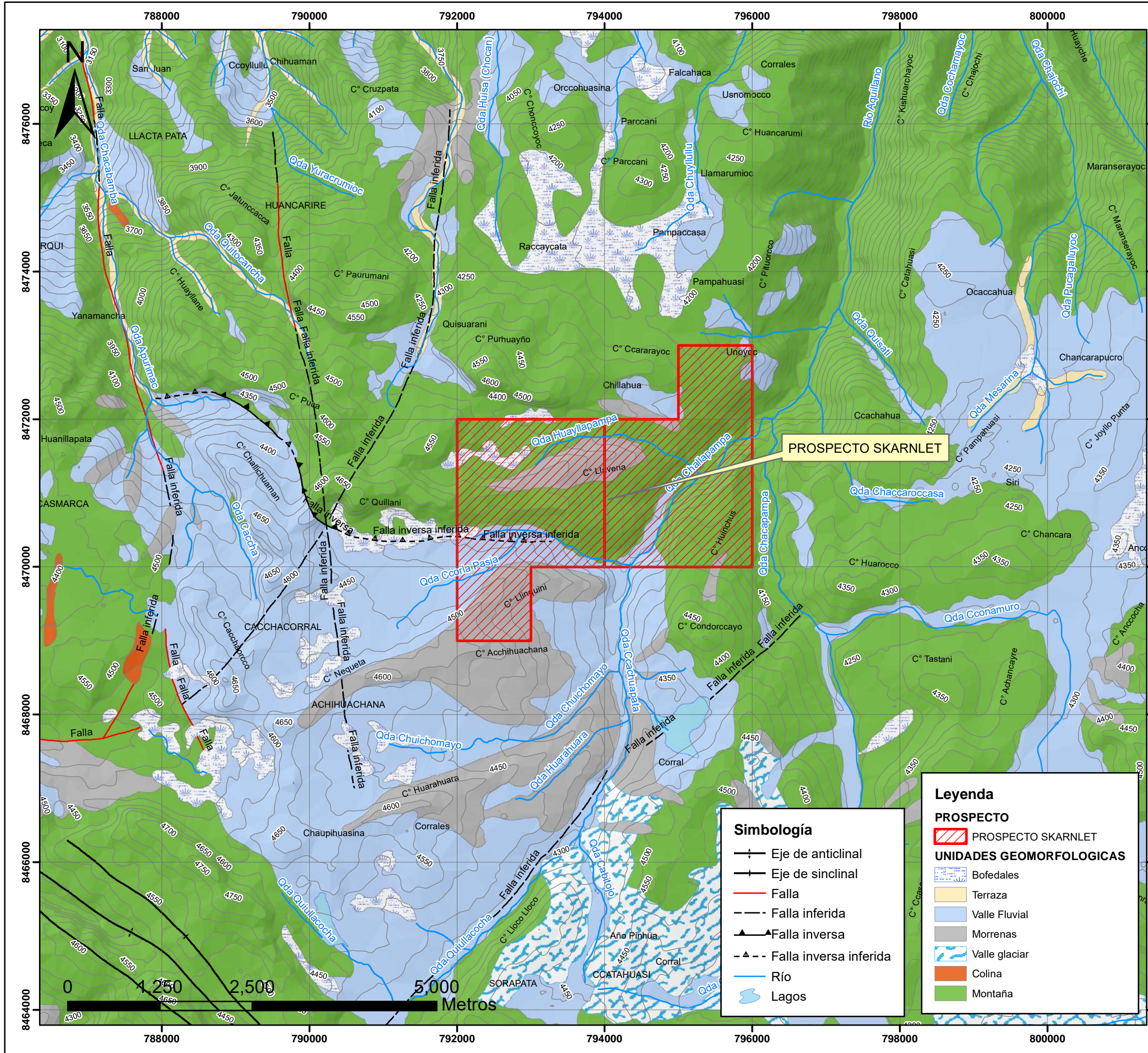
Foto 6 Terrazas fluviales en la quebrada Chuyllullu.

1.13.1.7 BOFEDALES

Estos bofedales de altura se pueden observar dispersos en diferentes áreas de la zona de estudio, con altitudes que varían desde los 4100 msnm hasta los 4580 msnm (ver plano geomorfológico regional P-03). Rellenados por depósitos de intercalación de limos, arenas y niveles orgánicos (ver Foto 7).



Foto 7 Bofedales aledaños al cerro Nequeta.



Simbología

- +— Eje de anticlinal
- +— Eje de sinclinal
- Falla
- - - Falla inferida
- ▲ Falla inversa
- ▲ - Falla inversa inferida
- Río
- Lagos

Leyenda

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

- Bofedales
- Terraza
- Valle Fluvial
- Morrenas
- Valle glaciar
- Colina
- Montaña

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC"

PLANO GEOMORFOGICO REGIONAL

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURÍMAC

MODIFICADO DE: INGENMET DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-03

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 50,000

1.13.2 GEOLOGÍA REGIONAL

El prospecto Skarnlet se encuentra en el cuadrángulo de Tambobamba hoja 28-r, realizado por Galdos y Carrasco (2002), específicamente en el cinturón porfirítico Cu-Fe-Mo-Au (ver plano geológico regional P-04) del Batolito de Andahuaylas - Yauri (Eoceno - Oligoceno) al margen sur de la deflexión de Abancay. La columna estratigráfica de este cuadrángulo está constituida por unidades litológicas cuyas edades varían desde el Jurásico hasta el reciente, que son atravesados por diferentes unidades plutónicas, como el plutón Cotabambas, Llauja, Progreso, Coyllurqui y la unidad Subvolcanica (ver Figura 1).

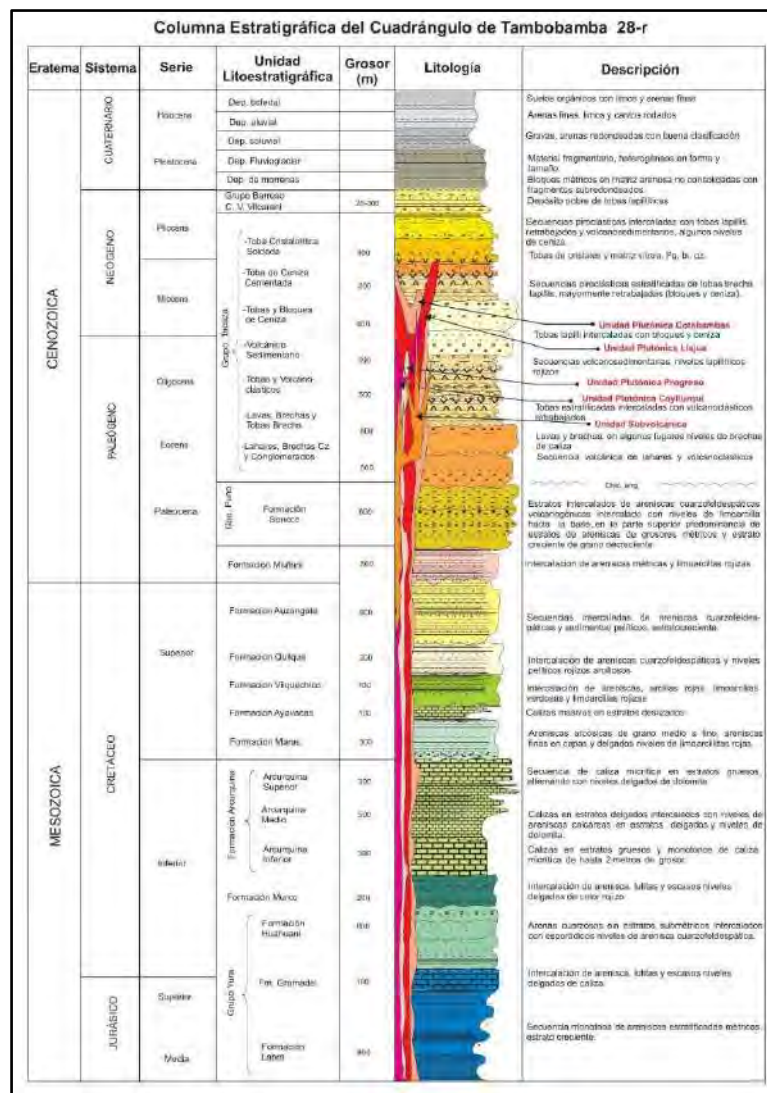


Figura 1 Columna estratigráfica regional. Fuente: Cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r, realizado por Galdos H. y Carrasco (2002).

1.13.2.1 GRUPO YURA

El Grupo Yura está comprendido por las Formaciones Labra, Gramadal y Hualhuani. En el prospecto Skarnlet solo se observa la Formación Hualhuani, que se encuentra en la parte central de la zona de estudio (ver plano geológico regional P-04) al SE de Cotabambas; donde se diferenció una secuencia de rocas silicoclasticas y entre ellas se encuentran niveles carbonatados, todo el Grupo Yura tiene un espesor aproximado de 2100 m. Este Grupo pertenece al Mesozoico, comprende desde el jurásico medio hasta inicios del cretácico inferior (ver Figura 1), que fue definido por Jenks (1948).

1.13.2.2 FORMACIÓN HUALHUANI (Cretácico Inferior)

Esta formación se encuentra a la parte central de la zona de estudio, se encuentra atravesando los cerros Quillani, Llavena y Huinchus con dirección NW-SE, aflorando en gran proporción en los distritos de Cotabambas, Coyllurqui y Tambobamba, fue definida por Jenks (1948). Litológicamente se caracteriza por tener areniscas cuarzosas en una matriz compacta, con estratos que varían de 0.5 a 1 metros y coloración blanca a rojiza en su parte intemperizada. Esta unidad se encuentra disturbada por cuerpos intrusivos que pertenecen al Batolito Andahuaylas – Yauri (ver plano geológico regional P-04) e infrayace a la Formación Murco y sobreyace a la Formación Gramadal, la cual no aflora en el área de influencia del prospecto.

1.13.2.3 FORMACIÓN MURCO (Cretácico inferior)

Esta formación se encuentra aflorando en la parte norte de la zona de estudio en la quebrada de Huayllapampa y al SE en la quebrada Chacapampa, ambas ubicadas en el distrito de Cotabambas (ver plano geológico regional P-04), por otro lado, se encuentra en mayor proporción en los cerros Pillina, Toiruto, Llactahui, Japac Chiri y Sillacasa en la localidad de Patahuasi, distrito de Coyllurqui, que están cercanos al área de influencia del prospecto. Fue definida por Jenks (1948), describiéndola como una intercalación de limoareniscas con

limoarcillas, tiene estratos muy delgados, con una potencia 80 a 200 metros aproximadamente.

La Formación Murco sobreyace a la Formación Hualhuani e infrayace a la Formación Arcurquina.

1.13.2.4 FORMACIÓN ARCURQUINA (Cretácico inferior)

La formación se encuentra distribuida en las localidades de Unoyoc, Chillahua, y Quisuarani, como también en los cerros de Paurumani, Purhuayño y Huarocco (ver plano geológico regional P-04), que están cercanos y dentro del área de influencia del prospecto. Esta unidad está compuesta litológicamente por 3 secuencias estratigráfica, la parte inferior consta calizas micríticas en estratos gruesos de 2 metros de espesor aproximadamente; constando de una intercalación de estratos delgados de caliza con presencia de niveles de dolomita esporádicamente en la parte media y en la parte superior tiene estratos de caliza micrítica en paquetes de 3 metros aproximadamente, producto de un ambiente marino relativamente somero, que fue definida Jenks (1948). La Formación Arcurquina infrayace a la Formación Muñani en el área de estudio, no encontrándose Formaciones de cretácico superior, por otra parte, sobreyace a la Formación Murco.

1.13.2.5 FORMACIÓN MUÑANI (Cenozoico – Paleógeno)

Esta formación se ubica oeste de la localidad de Ocacahua en el cerro Catahuasi en el distrito de Tambobamba (ver plano geológico regional P-04), que está cercano al área de influencia del prospecto. Según Córdova (1986), litológicamente está conformada por una intercalación de areniscas métricas, grano medio a fino, con limoarcillas rojizas y lutitas rojas. Esta Formación infrayace a la Formación Soncco del Grupo Puno y sobreyace a la Formación Arcurquina en el área de estudio, debido a que no se encuentran afloramientos de Formaciones del Cretácico superior en cercanías del prospecto.

1.13.2.6 GRUPO PUNO

Este Grupo pertenece a la edad Paleógeno - Paleocena (ver Figura 1). Su litología comprende de areniscas gris rojizas intercaladas con limoarcillas rojizas y simétricas,

1.13.2.6.1 FORMACIÓN SONCCO (Paleógeno)

La formación está ubicada al NE de la zona de estudio en los cerros Catahuasi y Huancarumi en los distritos de Tambobamba y Cotabambas respectivamente, debido a que el prospecto se encuentra en los límites de ambos distritos (ver plano geológico regional P-04). Córdova (1986) afirma que litológicamente esta formación está compuesta de una secuencia de areniscas intercaladas con limoareniscas rojizas, ambas de naturaleza cuarzo feldespaticas y niveles delgados de arcillas. Esta Formación infrayace al Grupo Tacaza y sobreyace a la Formación Muñani en el área de estudio.

1.13.2.7 GRUPO TACAZA (Cenozoico)

El Grupo Tacaza se encuentra al NE de la zona de estudio en el cerro Kishuarchayoc y las quebradas de Huayco Corral y Mesarina. (ver plano geológico regional P-04). Según Mendívil y Dávila (1994), litológicamente se encuentran 8 unidades, mencionándolas de las más antiguas a las más recientes, tenemos: la primera unidad lahares, brechas calizas y conglomerados, segunda unidad lavas, brechas y tobas brecha, tercera unidad tobas y volcanoclastico, cuarta unidad volcánicos sedimentario, quinta unidad toba, bloques y ceniza, sexta unidad toba de ceniza cementada, séptima unidad toba cristalolítica soldada y finalmente toba brecha. Este Grupo infrayace a la secuencia Cuaternaria del Pleistoceno y sobreyace al Grupo Puno.

1.13.2.8 CUATERNARIO (Pleistoceno - Holoceno)

Se encuentra distribuida en diferentes lugares de la zona de estudio, están constituidos por depósitos morrenicos, fluvio-glaciares, aluviales y bofedales; formados desde el Pleistoceno al Holoceno.

1.13.2.8.1 DEPÓSITO DE MORRENAS

Se encuentra en la parte central del área de estudio desde los 4200 m.s.n.m. (ver plano geológico regional P-04), estos sedimentos están constituidos por bolones y gravas de arenisca con cuarcita, angulosa a subangulosa altamente meteorizada, provenientes de las Formaciones Hualhuani y Murco, este depósito Cuaternario infrayace a los depósitos fluvio-glaciares y sobreyace al Grupo Tacaza debido a que en el área de estudio no se encuentra ningún afloramiento de Grupo Barroso.

1.13.2.8.2 DEPÓSITOS FLUVIO-GLACIARES

Están ubicados al norte de la zona de estudio en la localidad de Pampaccasa, estos sedimentos están constituidos por clastos, bloques y gravas angulosas de diferentes tipos de rocas en una matriz de arena, cubriendo las Formaciones Hualhuani y Murco (ver plano geológico regional P-04). Este depósito Cuaternario infrayace a los depósitos aluviales, debido a que en la zona de estudio no se encuentran depósitos coluviales como se menciona en la columna estratigráfica regional y sobreyace a los depósitos morrenicos.

1.13.2.8.3 DEPÓSITOS ALUVIALES

Estos depósitos están ubicados en la periferia del prospecto, en las localidades de Unoyoc y Pampahuasi; se encuentran depositados en valles fluviales y glaciares, también se ubican en las laderas de los cerros del prospecto (ver plano geológico regional P-04), los cuales están

conformados por gravas y cantos angulosos de diferentes rocas erosionadas, formando conos aluviales en las quebradas y terrazas en los cauces de los ríos.

1.13.2.8.4 DEPÓSITOS BOFEDALES

Se ubican en la parte NE de la zona de estudio alrededor de la laguna Yanacoha, en las faldas del cerro Quillani y en la parte SE alrededor de la laguna Nequeta (ver plano geológico regional P-04). Estos depósitos son recientes y están conformados por materia orgánica, arenas y arcillas con bastante vegetación; completamente saturados en temporada de lluvia.

1.13.2.9 ROCAS ÍGNEAS

Los cuerpos ígneos que se encuentran en la zona de estudio son de diferentes eventos plutónicos, razón por la cual podemos encontrar las rocas intrusivas cuarzo monzonitas de hornblenda, diorita de hornblenda, cuarzo diorita de hornblenda, entre otras rocas ígneas que pertenecen al batolito de Andahuaylas - Yauri (Eoceno - Oligoceno), cuyo cuerpo plutónico es de gran tamaño y forma irregular, con una longitud de 300 km aproximadamente y un ancho variable entre 10 y 60 Km, comprende los departamentos de Ayacucho, Apurímac y Cusco, que regionalmente se reconoce pulsaciones que generaron rocas como Diorita, Granodiorita, Tonalita y Monzonita (ver Figura 2), donde afloraron gracias a fallas longitudinales en una franja de dirección NO-SE, entre las localidades de Andahuaylas por el noroeste y Yauri por el sureste.

1.13.2.9.1 PLUTÓN PAMPA HUASI

Perteneciente a la unidad Cotabambas, se ubica en la parte sur de la zona de estudio en las localidades de Pampahuasi, Lllamarumiyoc, Parccani y Raccaycata. Macroscopicamente se logra visualizar cristales de plagioclasa, cuarzo y una cantidad considerable de minerales máficos de tamaño medio.

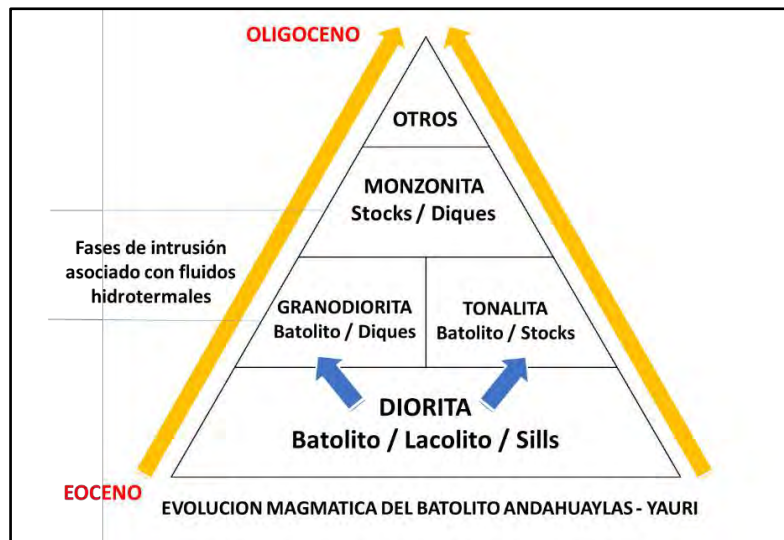


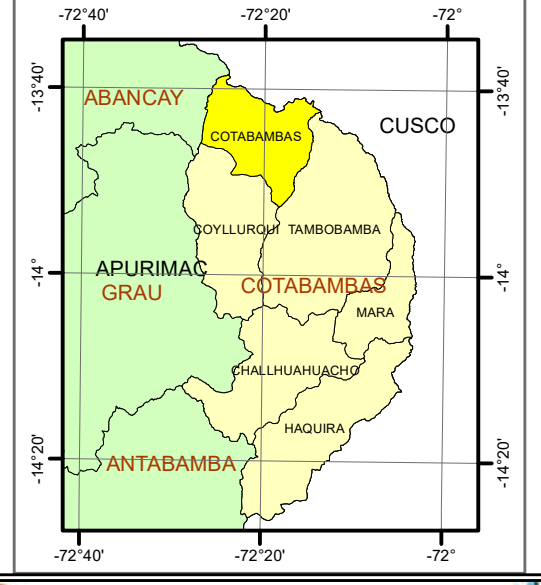
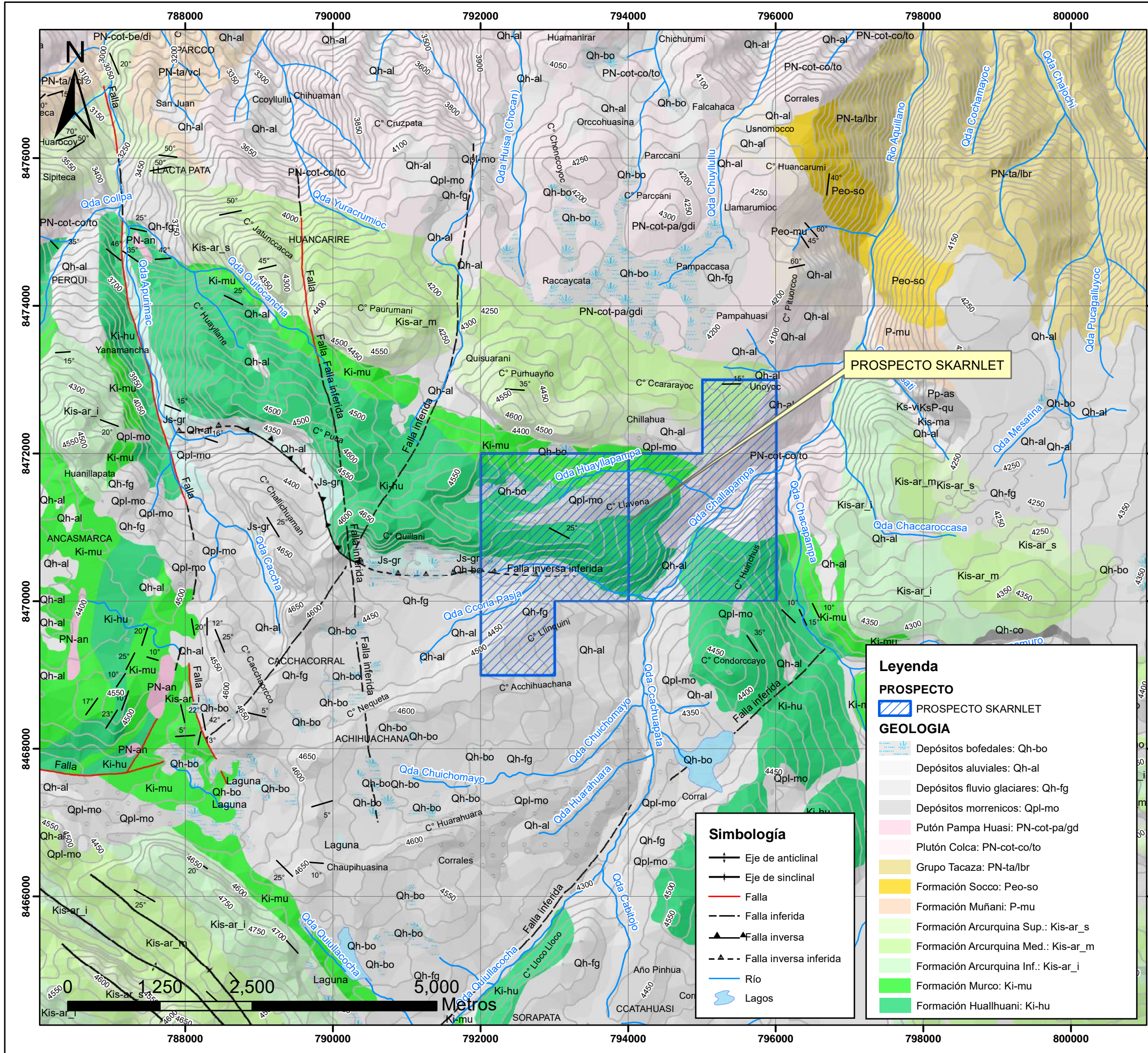
Figura 2 Esquema de evolución magmática en el Batolito Andahuaylas-Yauri. Fuente: Cueva C. (2014).

1.13.2.9.2 PLUTÓN COLCA TONALITA

Está ubicado en la parte SW de la zona de estudio, en la localidad de Unoyoc, en la quebrada de Chaccaroccasa, Chacapampa; según Galdos y Carrasco (2002) este plutón pertenece a la unidad Cotabambas, Batolito Andahuaylas Yauri (ver Figura 2), litológicamente se observa plagioclasa, con presencia de poco cuarzo y feldespato potásico, máficos en moderada cantidad y se pueden observar presencia de xenolitos de gabrodiorita (ver Foto 8).



Foto 8 Muestra de roca ígnea con presencia de xenolito, Prospecto Skarnlet.



Legenda

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

GEOLOGIA

- Depósitos bofedales: Qh-bo
- Depósitos aluviales: Qh-al
- Depósitos fluvio glaciares: Qh-fg
- Depósitos morrenicos: Qpl-mo
- Putón Pampa Huasi: PN-cot-pa/gd
- Plutón Colca: PN-cot-co/to
- Grupo Tacaza: PN-ta/lbr
- Formación Socco: Peo-so
- Formación Muñani: P-mu
- Formación Arcurquina Sup.: Kis-ar_s
- Formación Arcurquina Med.: Kis-ar_m
- Formación Arcurquina Inf.: Kis-ar_i
- Formación Murco: Ki-mu
- Formación Huallhuani: Ki-hu

Simbología

- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Falla
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida
- Río
- Lagos

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUOLA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURÍMAC"

PLANO GEOLOGICO REGIONAL

DISTRITO: COTABAMBA PROVINCIA: COTABAMBA DEPARTAMENTO: APURIMAC

MODIFICADO DE: INGEMMET DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-04

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 50,000

1.13.3 TECTÓNICA

Según Palacios, Sanchez y Herrera (1995), los Andes Peruanos se encuentran emplazados entre la Fosa Peruano-Chilena y el Llano Amazónico, fruto del proceso de subducción entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana, denominada Subducción Andina, este proceso determinó las características geológicas como estructuras, estratigrafía, magmatismo, sismicidad y mineralización. Esto se desarrolló en el paleozoico superior durante la fase tectónica Tardiherciniana, continuó en el mesozoico y adquirió su forma principal en el cenozoico (terciario) hasta la actualidad.

Los eventos tectónicos desarrollados en la cordillera de los andes se describirá en el siguiente orden:

1.13.3.1 CICLO HERCÍNICO

Para el inicio de este ciclo es necesario saber que el ciclo caledonico según lo Palacios, Sanchez y Herrera (1995), se desarrolló junto con el inicio del ciclo Herciniano, ambos de la era Paleozoica, donde se desarrolló una fase compresiva en el noreste, con plegamiento y metamorfismo a las distintas secuencias ya existentes, también se dio emplazamientos de cuerpos plutónicos en la costa sur, ambos corresponden a los ciclos orogénicos que iniciaron en la era Paleozoica. Continúa con la Fase Eohercinica (devónico superior) que se caracteriza por ser una tectónica compresiva donde se desarrolló el fuerte plegamiento sobre las rocas del paleozoico inferior, fallamiento en los estratos y metamorfismo suave.

En la era del pérmico se inicia una de las fases más importantes, que es la fase Tardiherciniana, esta comprende una fase compresiva, con un movimiento epirogenético de levantamiento y posterior plegamiento en el sur. La fase Tardiherciniana ocasiona el levantamiento de bloques a lo largo de fallas de rumbo NW-SE, lo que dieron lugar a fosas y pilares tectónicos, por consiguiente, el retiro del mar, también se caracteriza por una tectónica de ruptura desde Cusco

en Vilcabamba con dirección al centro y norte del Perú, que da lugar a numerosas fallas NO-SE, a lo largo de las cuales se levantaron bloques y sobre ellos se formaron las estructuras andinas. Según Marocco (1978), se asume que durante esta fase dio inicio el desarrollo de las deflexiones de Abancay y Huancabamba. Posteriormente en el mesozoico y cenozoico se inicia con el ciclo andino.

1.13.3.2 CICLO ANDINO

Se desarrolló cerca del margen occidental de continente sudamericano entre el Mesozoico y Cenozoico, iniciando con una gran depresión geosinclinal y terminando con un gran levantamiento de las rocas deformadas a su posición actual. El intervalo entre estos eventos diferencia dos periodos mayores, uno de relleno y otro de deformación posterior.

Según Palacios, Sanchez y Herrera (1995), mencionan que el primer periodo es de hundimiento interrumpido ocasionalmente por el levantamiento y deformación compresiva, que, según su época y lugar, se caracteriza por una sedimentación marina, vulcano-sedimentaria y continental. El segundo periodo fue más corto y comprende una sucesión de fases de deformación, que tiene cortos periodos intercalados con épocas de no deformación, esta se extendió durante un tiempo considerable, generando la consolidación de la cordillera andina comprendida desde el cretáceo superior hasta la actualidad.

El ciclo andino se caracterizó por tener 6 fases, primero la Fase Finiherciniana, segundo el Movimiento Nevadino, tercero la Fase Intralviana, cuarto la Fase Peruana, quinto la Fase Inca y finalmente la Fase Quechua que se dividió en 3 subfases, pero se mencionará las más importantes:

1.13.3.3 FASE PERUANA

La Fase Peruana según Palacios, Sanchez y Herrera (1995), es el evento tectónico de mayor intensidad desarrollándose en el Cretáceo superior hasta el Eoceno, se inició en la faja Oeste del Sur del Perú y dio un avance al mismo tiempo hacia Norte y Este. Esta fase con eventos compresionales y deformacionales, generan un amplio plegamiento regional, fallamiento e intenso fracturamiento. Durante la compresión se produjo áreas de debilidad de fracturas a nivel del frente andino. Estos estudios han determinado que la dirección de convergencia de placas fue NE- SO.

La Fase Peruana se dio en la margen peruana en el que se registró varias transgresiones y regresiones paulatinas del mar, luego el levantamiento progresivo de la secuencia sedimentaria, ocasionando que los mares se retiraren definitivamente de la región, esta fase afecta principalmente a la costa, cordillera occidental y el altiplano.

1.13.3.4 FASE INCA

Se dio en el eoceno, denominada como la más importante en el ciclo andino por su extensión y por sus efectos; es caracterizado por un sistema de fallas que cortan transversalmente a las fallas de dirección andina, siendo su dirección NE - SO o incluso de E - O.

Según Palacios, Sanchez y Herrera (1995), en el sur se deja observar por pliegues apretados, que son resultado de las perturbaciones locales, cuenta con una fuerte deformación compresional, que ocasionaron fallas inversas, sobrecurrimientos, fallamiento en bloques y extensión de fosas, continuando con una actividad erosiva intensa, finalmente, un vulcanismo activo generalizado en la cordillera occidental.

1.13.3.5 FASES QUECHUA

Esta fase según Palacios, Sanchez y Herrera (1995) se dio en el mioceno (Terciario superior) y plioceno, fue una fase compresiva, resultando pliegues más abiertos acompañada de fallamiento y levantamiento. La aceleración de la convergencia entre las placas nazca y sudamericana hacia el oeste generan el acortamiento de los andes, tectónicamente esta fase corresponde a la estructuración de los andes tal como se presentan hoy.

Un evento que destaco fue la fuerte acción erosiva en este periodo, que genero la denominada Superficie Puna, además, se desarrolló actividad volcánica explosiva, deformación compresiva y reactivación del fallamiento, a la cual Palacios, Sanchez y Herrera (1995) llamaron Quechua 1.

Se producen transgresiones y regresiones del mar en la costa noroeste del Perú, del mismo modo, se desarrolla las secuencias clásticas tobaceas que cubrieron la superficie de puna en distintas partes del Perú, a la cual Palacios, Sanchez y Herrera (1995) denominaron a todos estos eventos fase Quechua 2.

Con el levantamiento desarrollado en el plioceno la superficie puna, que se formó aproximadamente a los 1000 m.s.n.m. en el mioceno medio, fue elevada hasta los 4000 m.s.n.m., no obstante, las tierras bajas del pacifico y el alto andino sufrieron fallas de rumbo e inversión de fallas, todos estos eventos constituyen a la llamada fase Quechua 3. Palacios, Sanchez y Herrera (1995).

Fase tectónica pliocena, según Benavides-Cáceres lo considera como la fase Quechua 4, es la responsable del levantamiento de los andes en su totalidad, el mayor levantamiento se produjo en el pliocuaternario cual es evidenciado por encajonamiento profundo de los valles andinos.

1.13.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

Regionalmente presenta un panorama estructural complicado en la parte sur del Perú, las fallas regionales en el cuadrángulo de Tambobamba indican dos grandes rasgos estructurales orientados, como fallas y pliegues generalmente con orientación E-W, como la falla Abancay, Andahuaylas y Totos (ver Fig. 3). Todas las estructuras de nuestra zona pertenecen al ciclo orogénico andino y se han originado desde el Mesozoico hasta el Cenozoico Palacios, Sanchez y Herrera (1995). Es importante mencionar que se tienen fallas con orientación N-S que han jugado a menudo en desgarre, recortan los ejes de los pliegues (ver plano geológico regional P-04 y plano estructural regional P-05), desplazándolos y a veces torciéndolos a los pliegues con orientación E-W. Algunas de estas fallas cortan al Plutón Colca post-tectónico.



Figura 3 Mapa estructural del Perú mostrando los principales sistemas de fallas cartografiadas del Perú a escala 1:1'000,000. Fuente: INGEMMET (2009).

El prospecto Skarlent se ubica dentro del dominio morfoestructural de la cordillera occidental de los Andes en el sur del Perú, la cual está separada de la cordillera oriental por fallas de orientación E - W como el sistema de fallas Abancay, Andahuaylas y Totos, relacionada con la deflexión de Abancay y a su vez se separada del altiplano occidental por el sistema de fallas Cusco - Lagunillas Mañazo de dirección NW - SE, que desplazo el bloque Altiplano Occidental y el bloque Andahuaylas Yauri (ver Figura 4), este último alberga yacimientos de tipo Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con el Batolito Andahuaylas – Yauri, mostrando los Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú según INGEMMET (2009).



Figura 4 Los dominios geotectónicos del sur de Perú. Fuente: INGEMMET (2009).

Según Carlotto (2009), el emplazamiento y la mineralización se dieron gracias a estructuras como fallas y plegamientos que están caracterizados por tener dirección andina con una orientación NW-SE (ver Figura 4), estas estructuras son evidencia de los eventos tectónicos ocurridos en el pasado por otra parte, se distingue el grado de intensidad y la deformación que tuvieron. En el cuadrángulo de Tambobamba es posible diferenciar zonas estructurales con características específicas en cada caso y son las siguientes:

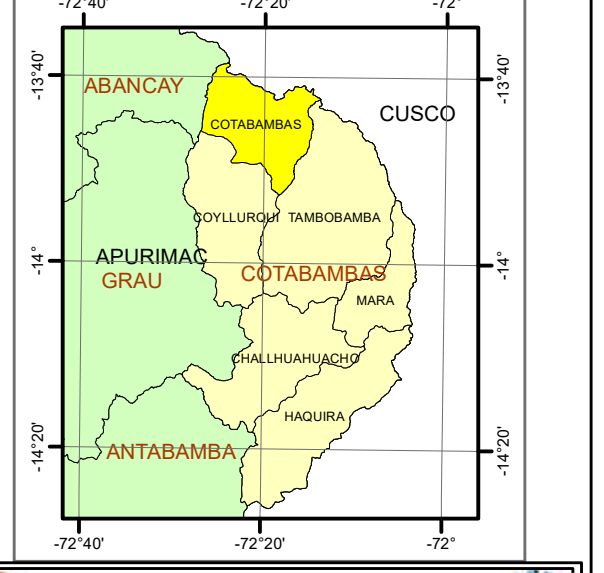
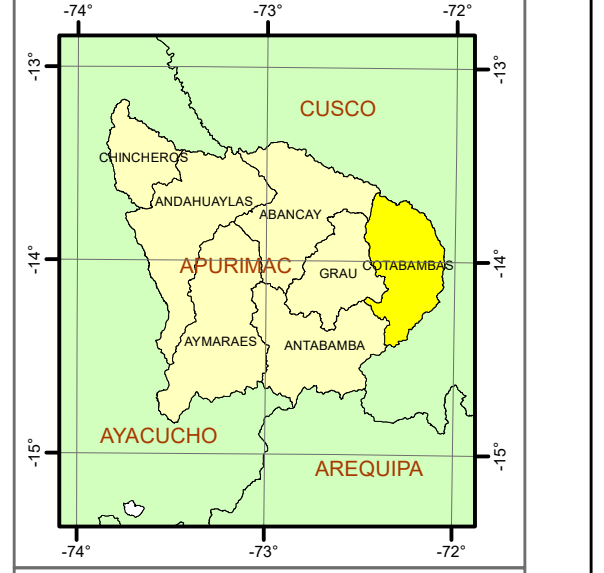
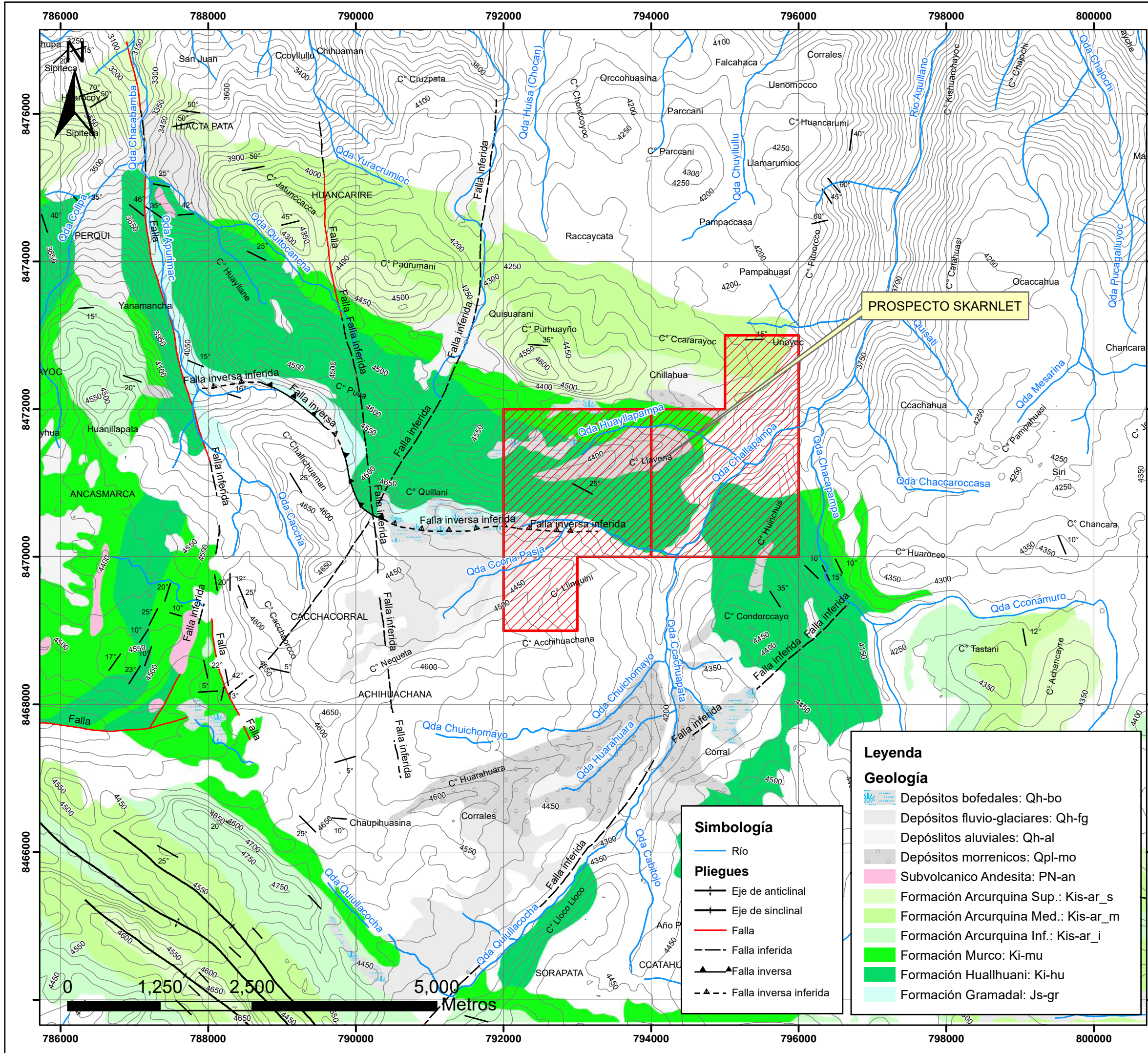
1. Zona afectada por la orogénesis Andina.
2. Zona del Batolito de Yauri-Andahuaylas.
3. Zona no deformada.

1.13.4.1 DESCRIPCION DE PLIEGUES

En el cuadrángulo de Tambobamba se desarrolla una serie de grandes anticlinales con dirección NW - SE en la parte sur, deformando unidades del cretácico inferior como las Formaciones Murco, Hualhuani y Arcurquina (ver plano estructural regional P-05), donde la longitud de sus ejes tiene 5 Km en promedio, que están inclinados entre 20° - 25° al noreste, atravesando los distritos de Tambobamba y Coyllurqui en la provincia de Cotabambas, región Apurímac. Al NE de la hoja 28r se encuentra un afloramiento de calizas de la Formación Arcurquina fuertemente plegada con dirección NW – SE según Galdos y Carrasco (2002), que fue desplazada por una falla sinextral, que se ubica por las localidades de Chumoculloc Corral y Puncurayoc en el distrito de Huanquite, provincia de Paruro y Región del Cusco.

1.13.4.2 FALLAS

Galdos y Carrasco (2002) indican que las fallas se encuentran con dimensiones considerables ubicadas en la parte SW del cuadrángulo de Tambobamba, teniendo entre ellas del tipo normal e inversa, cabe destacar que se cuenta con una gran cantidad de fallas inferidas, que van desde los 4 Km hasta los 11 Km de longitud, estas presentan también ramificaciones en sus extremos originando un conjunto de fallas complicadas de interpretar y a su vez generaron sistemas de fallas locales que jugaron un papel importante el transporte de fluidos mineralizantes. Las fallas cortaron unidades del cretácico inferior como las Formaciones Murco, Hualhuani y Arcurquina (ver plano estructural regional P-05).



Legenda

Geología

- Depósitos bofedales: Qh-bo
- Depósitos fluvio-glaciares: Qh-fg
- Depósitos aluviales: Qh-al
- Depósitos morrenicos: Qpl-mo
- Subvolcanico Andesita: PN-an
- Formación Arcurquina Sup.: Kis-ar_s
- Formación Arcurquina Med.: Kis-ar_m
- Formación Arcurquina Inf.: Kis-ar_i
- Formación Murco: Ki-mu
- Formación Huallhuani: Ki-hu
- Formación Gramadal: Js-gr

Simbología

- Río
- Eje de anticlinal
- Eje de sinclinal
- Falla
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla inversa inferida

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURÍMAC"

PLANO ESTRUCTURAL REGIONAL

DISTRITO: COTABAMBA PROVINCIA: COTABAMBA DEPARTAMENTO: APURÍMAC

MODIFICADO DE: INGENMET DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-05

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 50,000

1.13.5 DEPÓSITOS DE SKARN

Los skarn son rocas metamórficas que se forman por interacción hidrotermal y postmagmática entre las Calizas y dolomitas con intrusivos, este término fue introducido por petrólogos de Suecia central y luego fue adoptado por Goldschmith (1927). El esquema de formación tiene una zona de endoskarn, proximal al pórfido y una zona de exoskarn, cercana a la caliza, donde se observa la formación de diferentes minerales con respecto a la disminución de temperatura. (ver Figura 5).

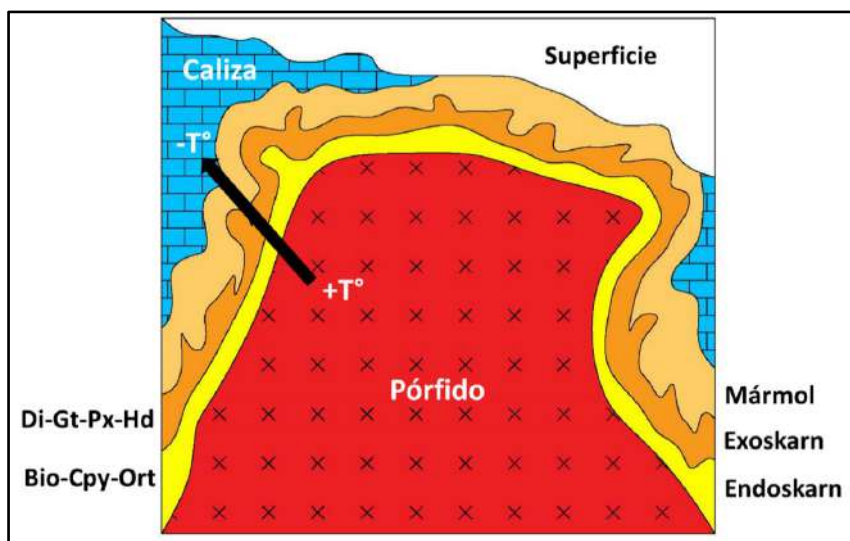


Figura 5 Esquema de endoskarn y exoskarn. Fuente: Elaboración propia.



Foto 9 Skarn de grosularia con presencia de calcita del prospecto Skarnlet.

Los skarn están constituidos por silicatos de Ca, Fe y Mg, llamados granates (ver Foto 9), provenientes de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se han introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Fe y Al que facilitan el crecimiento de los minerales. De este modo se entiende por un skarn a las rocas que contienen minerales calcosilicatados donde las rocas huésped son calizas y dolomitas casi puras las cuales sufren un metasomatismo y metamorfismo al entrar en contacto con un cuerpo intrusivo, generando una textura granoblástica pero también pueden llegar a tener una textura porfidoblastica.

Los depósitos minerales del tipo skarn son de forma irregular y su distribución dentro de la aureola de contacto es poco definida, debido a que los cuerpos mineralizados pueden terminar abruptamente debido a alguna estructura (generalmente fallas). Los efectos metasomáticos en el intrusivo trae como resultado un endoskarn que contiene minerales calcosilicatados provenientes del intrusivo manteniendo algunos de sus minerales primarios (ver Figura 6), en cambio en la zona más próxima a la roca caja se genera un exoskarn que viene a ser el skarn en las rocas calcáreas.

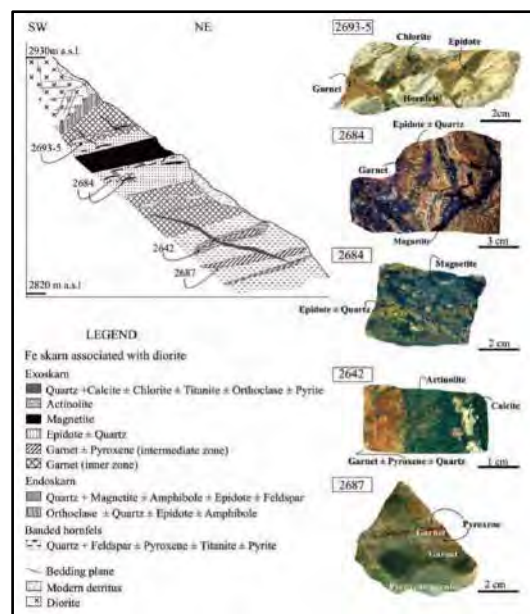


Figura 6 Depósitos tipo skarn de Fe, hierro, cobre y oro, y tipo manto Cu-(Ag) en la Cordillera de los Andes del sureste de la provincia de Mendoza (34°–36°s), Argentina. Fuente: Franchini, M., Barrio, E., Pons, M., Schalamuk, Rios, F., Meinert, L., (2007).

1.14 CLIMA

El clima en el área de estudio es de una Puna según el “diagrama para clasificación de zonas de vida”, también por estar ubicado en la sierra sur del Perú entre los 4000 - 4300 m.s.n.m., presenta una estación con abundancia de lluvias entre los meses de diciembre y marzo, con una acumulación de precipitación total promedio de 250 mm; durante los meses de abril a noviembre es característica la presencia mínima de lluvias, además siendo muy bajos los valores de humedad relativa en los meses de junio, julio y agosto según SENAMHI (2020).

Las temperaturas son variables desde una temperatura mínima absoluta inferior a los 0°C, principalmente en los meses de junio, julio y agosto, que son los meses más fríos; hasta los 20 - 23°C en los meses de enero, febrero y marzo, teniendo las temperaturas más altas en las quebradas y valles del prospecto.

1.15 FLORA Y FAUNA

1.15.1 FLORA

La gran diferencia de altura entre una zona y otra hace que encontremos especies vegetales muy variadas, escalonadas en función de la altitud. Según la FAO (2014) podemos distinguir en el prospecto, valles con el bosque espinoso subtropical a 2200 m.s.n.m., la vegetación consiste de pequeños árboles entre los que crecen numerosas especies cactáceas, bromeliáceas, monocotiledóneas y gramíneas., Entre los 2200 y 3300 m.s.n.m. se ubica el bosque seco montano bajo, donde la vegetación está conformada por arbustos, gramíneas y árboles (molle, sauce, eucalipto), notándose abundancia de retamas, nogales y magueyes. Entre los 3300 y 4000 m.s.n.m. se ubica el bosque húmedo montano, crecen en forma natural abundante gramínea que permite la ganadería.

De acuerdo al piso ecológico donde se encuentra, se puede producir papa, oca, cebada, quinua, etc. En las zonas altas se encuentran el páramo muy húmedo subandino y la tundra pluvial alpina. El páramo muy húmedo subandino se encuentra entre los 4000 y 4500 m.s.n.m., aquí la vegetación es natural y tupida conformada principalmente por el ichu que sirve de alimento al ganado. También se observan pequeños arbustos y eucaliptos. Sobre los 4500 m.s.n.m. de altura se ubica la tundra pluvial alpina donde la vegetación es muy rala y consiste de plantas pequeñas y arbustos bajos.

1.15.2 FAUNA

En el prospecto se encuentra una gran variedad de animales domésticos y silvestres, en el grupo de los animales domésticos se tiene el ganado ovino, ganado vacuno, auquénidos también animales de granja como cerdos, cuy, aves de corral. En el grupo de animales silvestres las vizcachas, zorros, cóndores, patos silvestres, zorrinos, perdices.

1.16 HIDROLOGÍA LOCAL

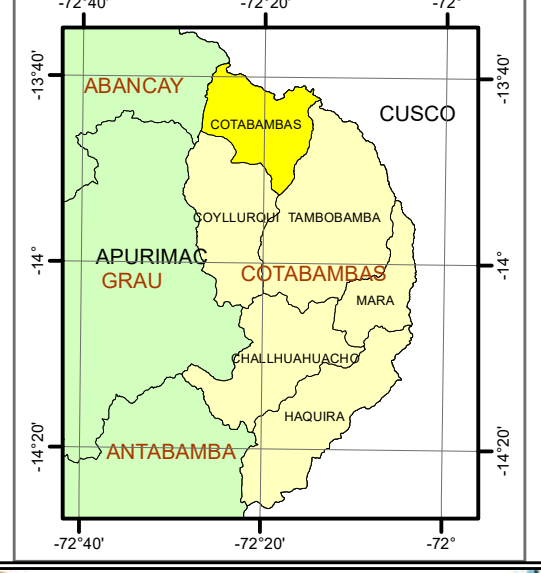
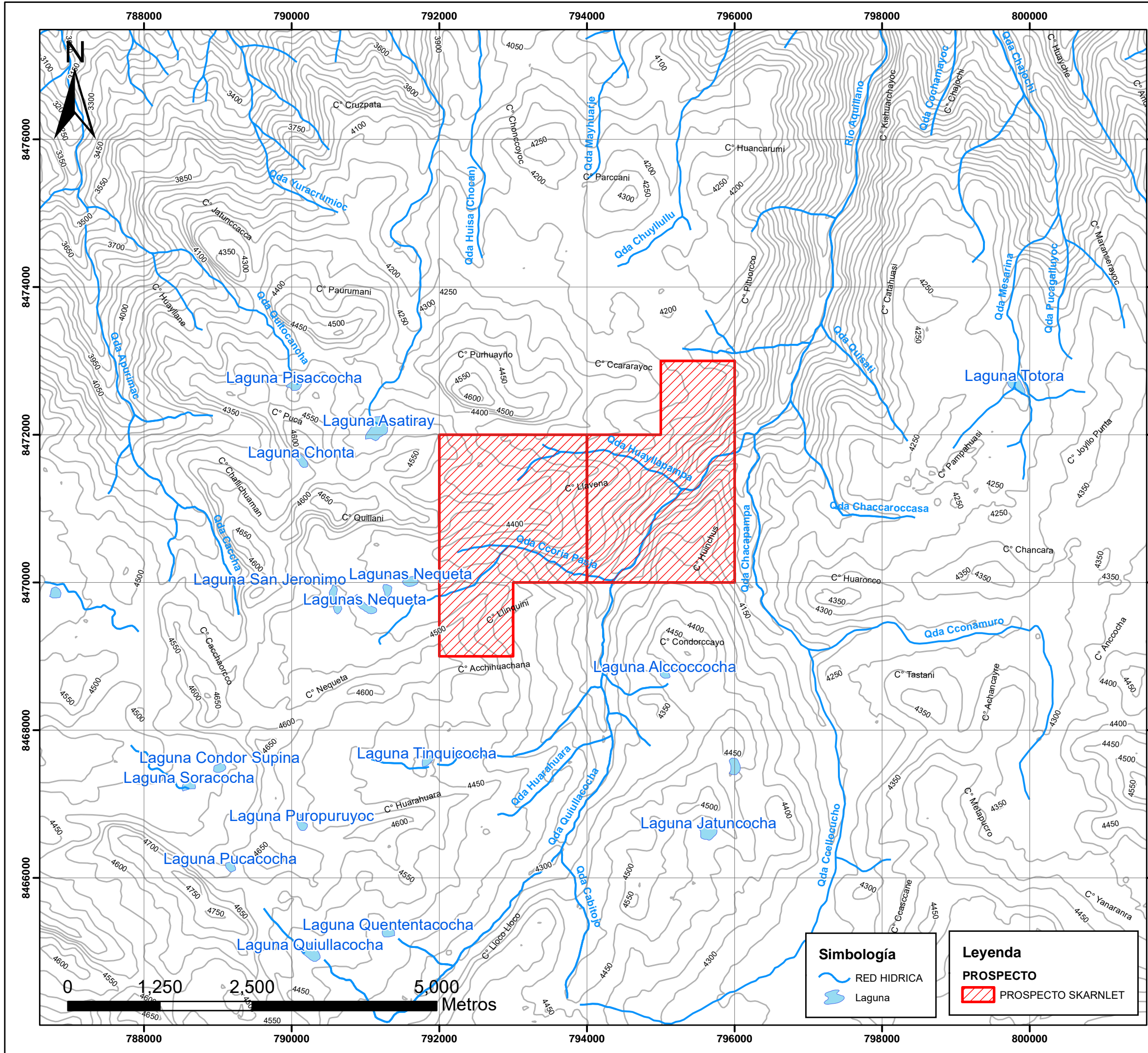
En el área de estudio el eje de la divisoria hidrográfica tiene alturas de 4300 a 4400 msnm que separan las cuencas aledañas, se encuentra entre los cuadrángulos 28 r-2 y r-3 al sur, por lo que los ríos principales que drenan en su punto más bajo a 3400 msnm, para después unirse con otras cuencas e inter cuencas y llegar al río Apurímac (ver el plano Hidrológico P-06), estos ríos son de régimen permanente y tienen generalmente un rumbo Andino. El patrón principal de drenaje es subparalelo detrítico, controlado principalmente por factores estructurales con una morfología encañonada. Además, basándonos en esta información general de desarrollo un plano base (ver plano P-07) para realizar diferentes trabajos en campo.

El río principal es el río Aquillado, que tiene dos tributarios los cuales son la quebrada Chacapampa y la quebrada Chaccaroccasa, como también la quebrada Huayllapampa (ver foto 10) que está ubicada dentro del prospecto Skarnlet. El río Aquillado discurre hacia el noroeste,

desembocando en el río Apurímac, su caudal es de régimen permanente en épocas de lluvia y estiaje. A lo largo de su recorrido presenta un valle estrecho y profundo, se desarrolla en rocas del batolito de Andahuaylas - Yauri (Plutón Colca), y en las Formaciones Fm. Arcurquina, Fm. Hualhuani Fm. Murco, depósitos morrenicos y aluviales las cuales fueron fácilmente erosionados.



Foto 10 Quebrada Huayllapampa, ubicada dentro del prospecto Skarnlet.



Simbología

- RED HIDRICA
- Laguna

Leyenda

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"

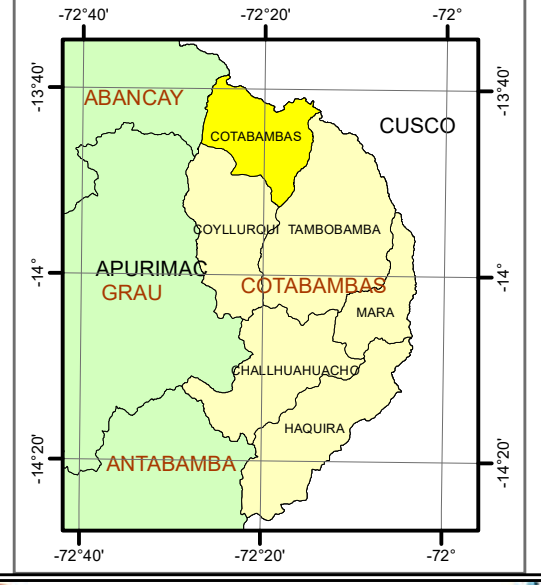
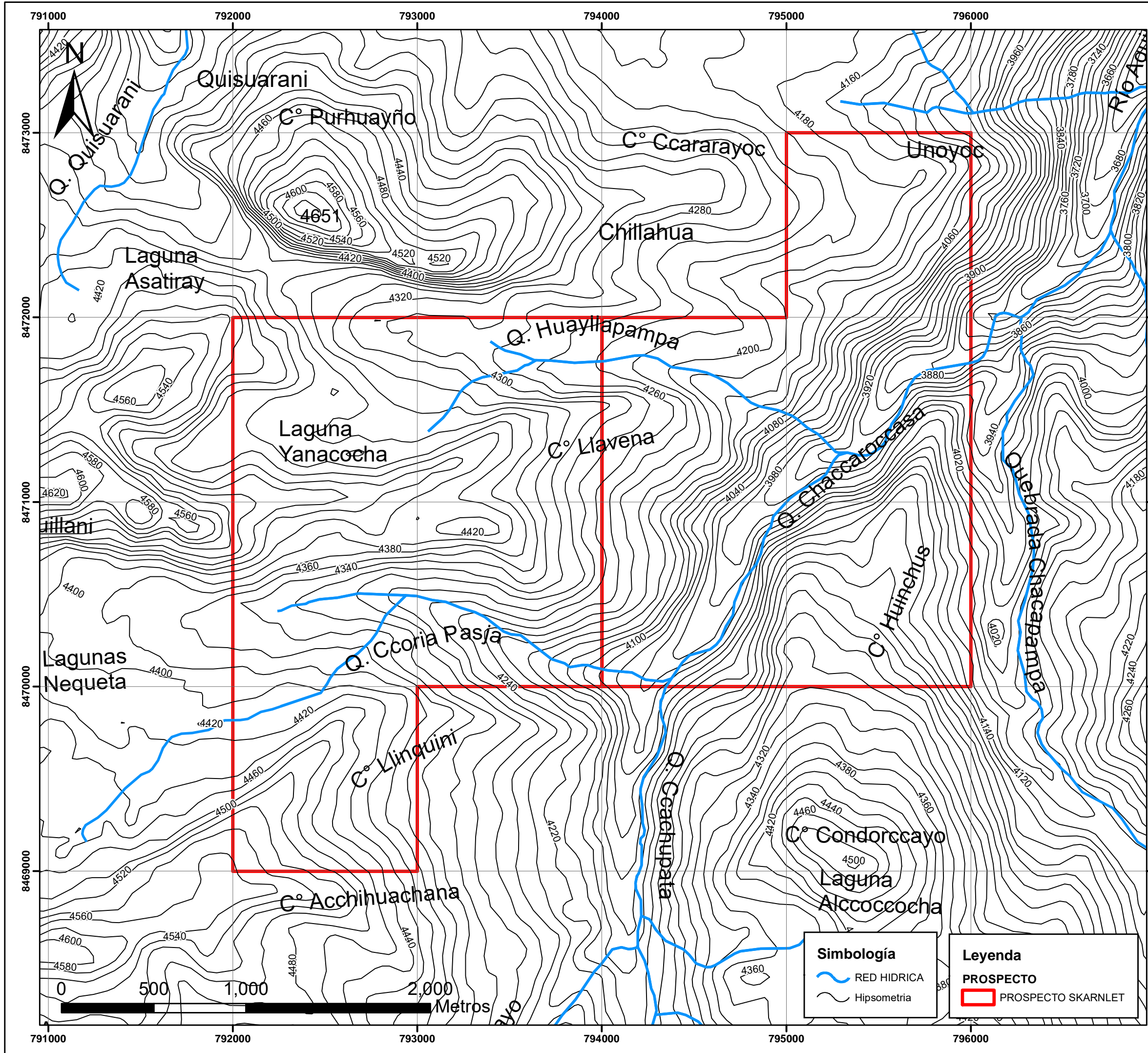
PLANO HIDROLOGICO

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-06

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 50,000



Simbología

- RED HIDRICA
- Hipsometria

Leyenda

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURIMAC"

PLANO BASE

DISTRITO: COTABAMBA PROVINCIA: COTABAMBA DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: **P-07**

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000

CAPITULO II GEOMORFOLOGÍA

2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

De acuerdo a las observaciones de campo y con referencia del cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r realizado por Galdos y Carrasco (2002), se puede señalar que el desarrollo o evolución geomorfológica del área ha sido controlada por factores estructurales como fallas, levantamiento en bloques, erosión de los glaciares y erosión fluvial. Todos estos procesos endógenos y exógenos han interactuado modelando la superficie actual donde las unidades geomorfológicas más importantes en el área son:

2.2.1 COLINAS MODERADAMENTE EMPINADAS

Se caracteriza por ser de relieve suave, poco pronunciada y encontrarse rellenos por depósitos fluvioglaciares en la parte inferior, en la zona de estudio se observa que en determinados sectores el cauce de estos ríos aumenta generando mayor movimiento y sedimentación de estos depósitos fluvioglaciares (ver plano geomorfológico local P-08). Estas geoformas se han distinguido sólo en las partes altas de la zona de estudio, comprendiendo grandes sectores de las calizas de la Formación Arcurquina, con altitudes de 4400 a 4290 m.s.n.m. en el pico más alto y que nos dan como resultado unas pendientes de 2-3% (ver Foto 11).



Foto 11 Colinas moderadamente empinadas en el prospecto Skarnlet.

2.2.2 VALLE FLUVIAL

Se ha denominado así a los valles profundos y encañonados con forma de V, producto de una erosión intensa provocada por los ríos en el fondo, en la zona de estudio encontramos una topografía muy pronunciada que varía desde los 4550 a 3850 m.s.n.m. en su pico más alto y el fondo del valle respectivamente (ver plano geomorfológico local P-08). Teniendo como resultado un valle con intensas pendientes de 3-7% (ver Foto 12).



Foto 12 Valle fluvial en el prospecto Skarnlet.

2.2.3 MORRÉNA

En la parte central de la zona de estudio encontramos morrenas que conforman geoformas tipo colina alargada donde se reconocen morrenas laterales. Están constituidas por fragmentos de rocas erosionadas provenientes de la Formación Hualhuani, teniendo una topografía moderada de 4440-4200 m.s.n.m. como pico más alto y pico más bajo respectivamente (ver plano geomorfológico local P-08). Teniendo una pendiente de 3-5% (ver Foto 13).



Foto 13 Morrenas del prospecto Skarnlet.

2.2.4 PLANICIES

Esta geo forma se encuentra en la parte superior de la zona de estudio, desarrollándose sobre rocas sedimentarias de la Formación Arcurquina y depósitos fluvio-glaciares generados por la erosión (ver plano geomorfológico local P-08). Se caracteriza por tener pendientes suaves de 4-5% (ver Foto 14).



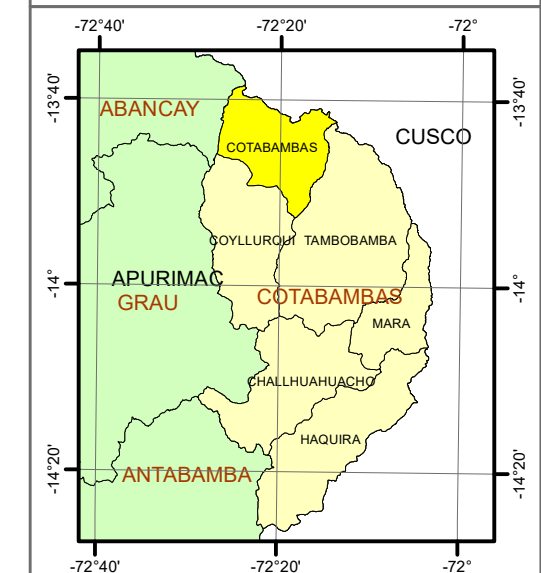
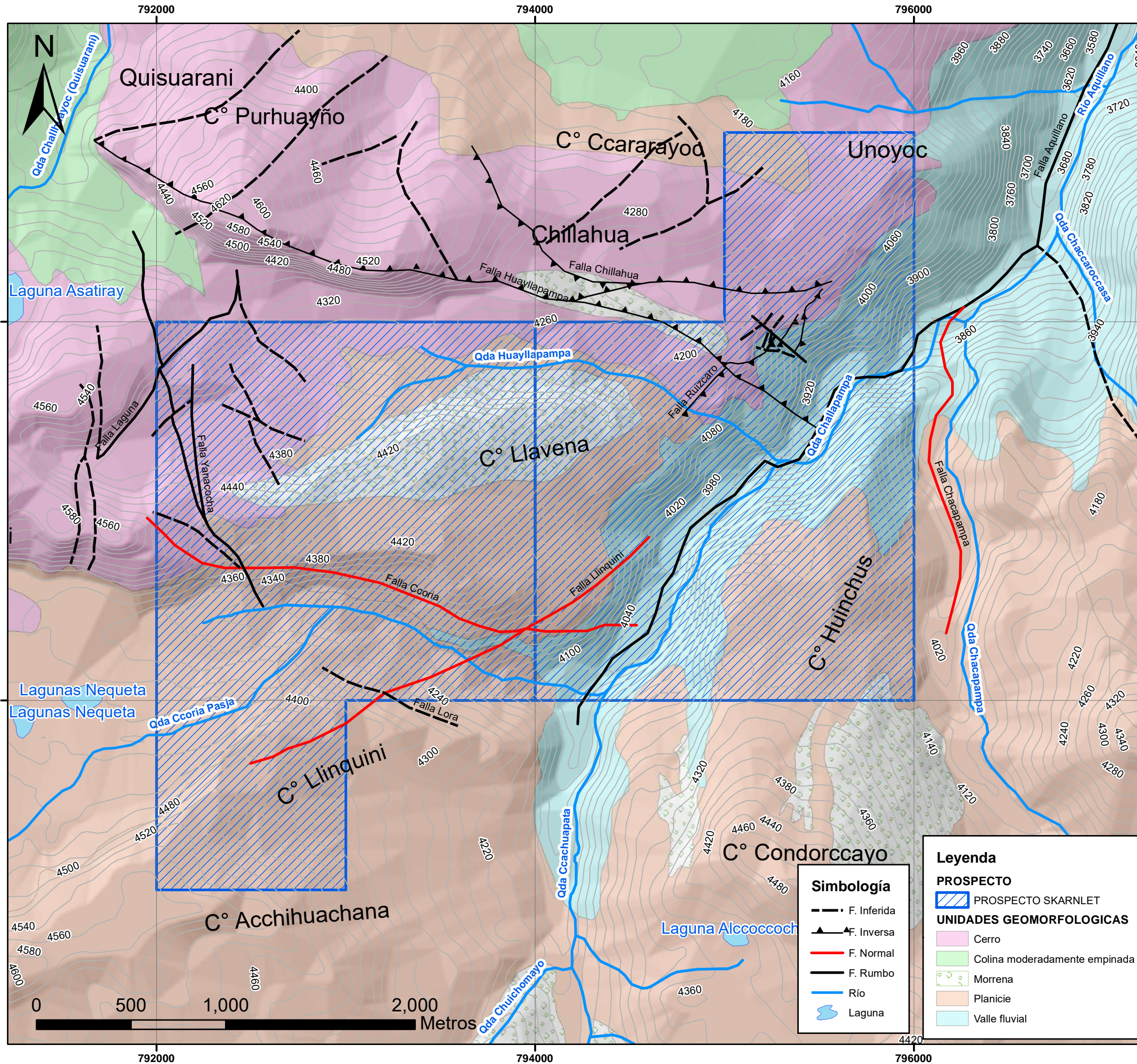
Foto 14 Planicies en el prospecto Skarnlet.

2.2.5 CERROS

Se encuentra en mayor parte en la zona de estudio, caracterizándose por tener una topografía abrupta y bien pronuncia con picos que llegan hasta los 4550 m.s.n.m. (ver plano geomorfológico local P-08). Con pendientes de 5-6%, la flora se desarrolla con normalidad siendo las especies más comunes el ichu y los arbustos (ver Foto 15).



Foto 15 Cerros en el prospecto Skarnlet.



Legenda

PROSPECTO
 PROSPECTO SKARNLET

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

- Cerro
- Colina moderadamente empinada
- Morrena
- Planicie
- Valle fluvial

Simbología

- F. Inferida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo
- Río
- Laguna

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
 ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC"

PLANO GEOMORFOLOGICO LOCAL

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: P-08

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000

CAPITULO III GEOLOGÍA

3.2 GEOLOGÍA LOCAL

El prospecto Skarnlet de acuerdo a las observaciones de campo y con referencia del cuadrángulo de Tambobamba, hoja 28-r realizado por Galdos y Carrasco (2002), se encontró en la mayor parte de su extensión cobertura cuaternaria, cubriendo las rocas ígneas y sedimentarias de la zona, sin embargo, se pueden observar afloramientos de calizas de la Formación Arcurquina, como también rocas ígneas intrusivas de cuarzo monzonita de horblenda y monzodiorita de horblenda, característicos del Batolito de Andahuaylas - Yauri (Eoceno – Oligoceno). En el prospecto se puede apreciar afloramientos de Skarn y mármoles en pequeñas cantidades. Finalmente, en las partes altas las rocas están cubiertas por los depósitos cuaternarios, fluvioglaciares y morrenicos (ver plano geológico local P-09).

Al realizar un análisis más amplio del comportamiento de los elementos teniendo en cuenta la alteración y la mineralización, se puede visualizar la alteración progradada (con ensamble mineralógico de granate, piroxenos, magnetita, cuarzo) y alteración retrogradada (con ensambles mineralógicos de granate, calcita, epidota, clorita, cuarzo). Las rocas metamórficas del prospecto, principalmente los skarn, presentan minerales económicamente rentables, como malaquita, tenorita, crisocola, calcopirita y bornita.

3.2.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

En la zona de estudio se ha reconocido Formaciones sedimentarias las cuales están representadas por la Fm. Arcurquina, Fm. Hualhuani y Fm. Murco. Estas fueron intruidas por el batolito Andahuaylas - Yauri (Eoceno - Oligoceno), el cual está constituido por intrusivos como granodiorita, monzonita, tonalita, diorita entre otros.

3.2.1.1 ARENISCAS CUARZOSAS:

Localmente las areniscas en la zona de estudio se encuentran en un área de gran tamaño dentro del prospecto, aflorando en los cerros Llinquini, Llavena y Acchihuachana; pertenecientes a la Formación Hualhuani (ver plano geológico local P-09), las areniscas cuentan con un tamaño de grano fino a medio (0.5 a 1 mm) y de color gris blanquecino, el cual tiene dirección NW-SE, y es cortada por una falla inferida de gran tamaño con dirección NE-SW, desplazando estos bloques (ver Foto 16).



Foto 16 Areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani en el prospecto Skarnlet.

3.2.1.2 ARENISCAS:

En el prospecto Skarnlet se encuentra una intercalación de limoareniscas con limoarcillas de espesor delgado y grano fino, con coloración marrón rojizo altamente meteorizada, perteneciente a la Formación Murco; esta formación sobreyace a la Formación Hualhuani (ver plano geológico local P-09). En la zona de estudio se puede identificar contacto con Formación Arcurquina (ver Foto 17), estas rocas también fueron desplazadas por la falla inferida de dirección NE-SW.

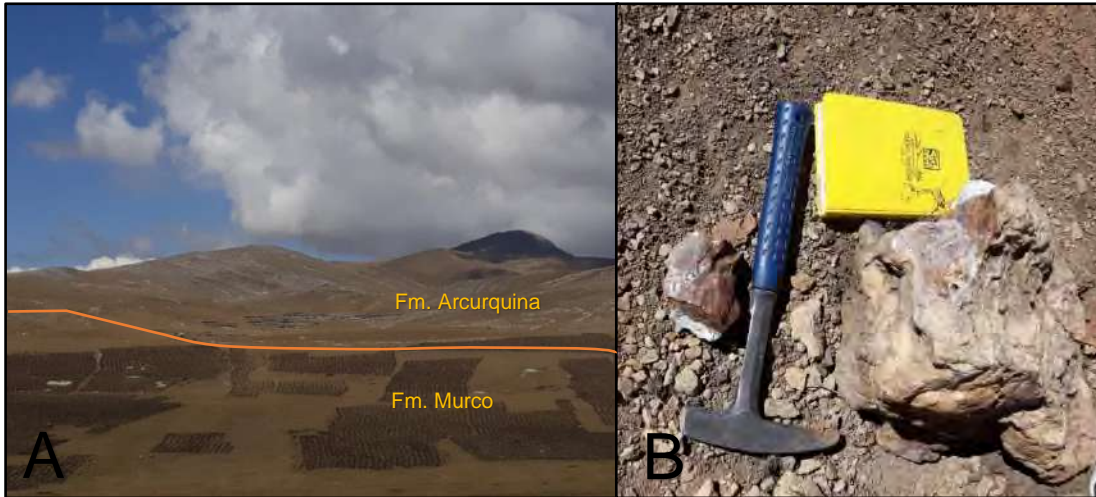


Foto 17 A) Fm. Murco y Fm. Hualhuani. B). Limoareniscas y limoarcillas en estratos de espesor delgado.

3.2.1.3 CALIZA MICRÍTICA MASIVA

Está constituida por calizas gris a gris oscuras, algunas cuentan con venillas de calcita de 0.5cm a 1 cm. Las calizas son micríticas, muy compactas, poco estratificadas y plegadas, con espesores de 0.60 m a 2 m en por lo general, localmente estas rocas se encuentran en la parte N y NE del prospecto (ver plano geológico local P-09), aflorando en el centro poblado de Chillahua, que se encuentra entre los cerros Purhuayño y Ccararayoc, donde se observa con mayor potencia. También presentan zonas de venilleo de calcita delgadas y de poca intensidad (ver Foto 18), pertenecientes a la Formación Arcurquina, por otra parte, también se puede observar afloramientos de caliza en el cerro Huinchus.



Foto 18 A). Afloramiento de Caliza micrítica masiva en el prospecto Skarnlet. B). Muestra de mano.

3.2.2 ROCAS ÍGNEAS

En el prospecto Skarnlet se puede observar al final de la quebrada Huayllapampa y al norte de la quebrada Challapampa, afloramientos de cuarzo diorita de hornblenda, cuarzo monzonita de hornblenda, diorita de hornblenda debido a la cristalización fraccionada que se dio en el Plutón Colca (ver plano geológico local P-09). La pulsación se encuentra relacionada a rocas intrusivas características del Batolito de Andahuaylas – Yauri (ver Figura 2), debido al logeo de muestras de mano, el análisis de las secciones delgadas y la zona donde se encuentra el yacimiento nos da a entender que las rocas pertenecen a este batolito, por otra parte, bajo este discernimiento sabemos la edad de estas rocas y la formación de este yacimiento (ver Foto 20 y 21).

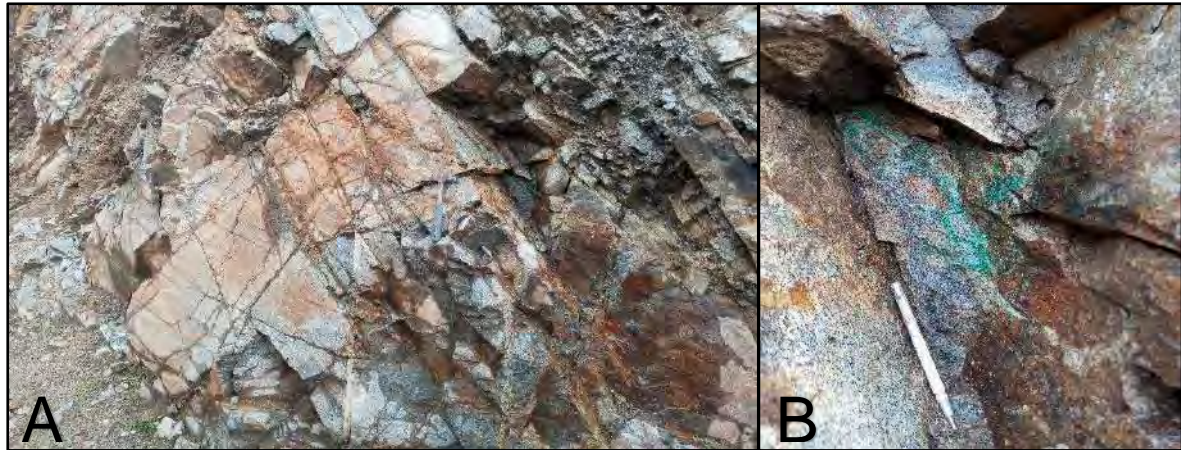


Foto 19 A). Intrusivo de cuarzo monzonita de hornblenda B). Granodiorita con patinas de malaquita.



Foto 20 Afloramiento del intrusivo al entrar en contacto con caliza en la parte norte del prospecto Skarnlet.

3.2.3 ROCAS METASOMÁTICAS DE CONTACTO

3.2.3.1 ENDOSKARN

El endoskarn tiene poco desarrollo en el yacimiento, generado por el intrusivo adyacente al skarn, en estos afloramientos se logra identificar la presencia de minerales económicamente de cuarzo diorita de hornblenda rentables (ver Foto 22), como también, en el endoskarn presenta minerales de mena sulfuros como calcopirita en gran cantidad y bornita en menor cantidad, presentando una alteración progradada con un ensamble mineral formado por granate-magnetita piroxeno-epidota y calcita formados por el ingreso probable de fluidos mineralizantes provenientes de un pórfido a niveles más profundos o medianamente profundos. (ver plano

geológico local P-09). Se puede visualizar los afloramientos de estas rocas al norte de la quebrada Challapampa.



Foto 21 A). Endoskarn en contacto con el exoskarn. B). Endoskarn con mineralización de calcopirita y pirita.

3.2.3.2 SKARN DE GRANATES

Presenta textura granoblástica, constituido por granates de color marrón (grosularia) bien desarrollados, además de calcita, epidota, clorita, limonita y hematita; tiene más del 60% de Grosularia (ver Foto 23), en algunas zonas se puede observar una débil oxidación, presenta specularita, sulfuros reemplazados (copper pitch), calcopirita y pirita. (ver plano geológico local P-09). Estas rocas están contiguas al endoskarn ubicado al norte de la quebrada Challapampa.

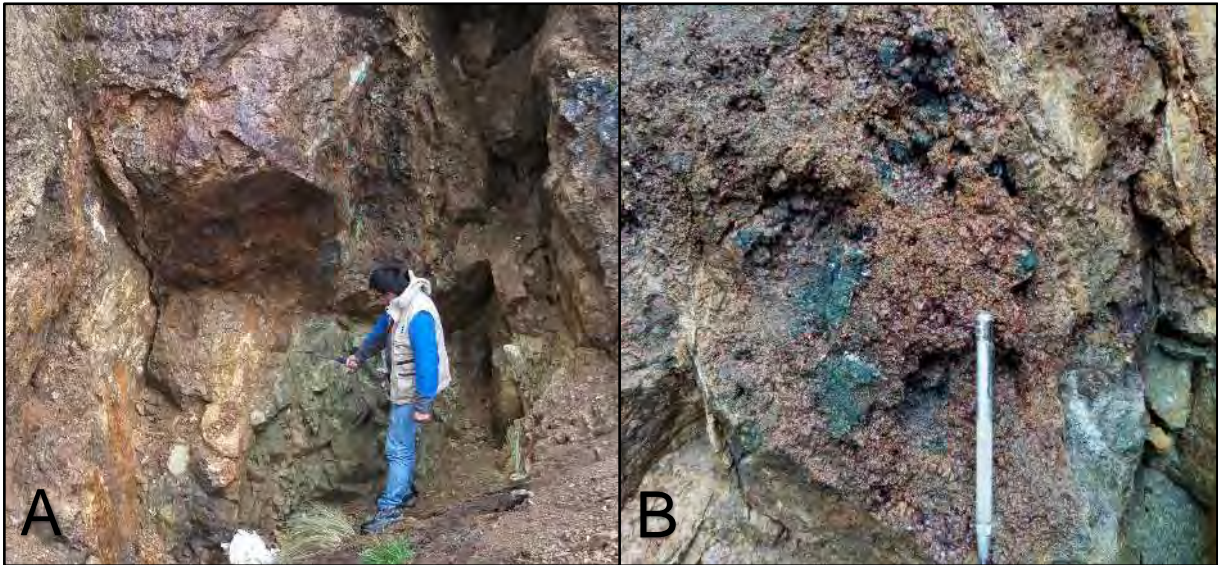


Foto 22 A). Skarn de granates. B). Skarn de andradita con piroxenos y epidota.

3.2.3.3 SKARN DE MAGNETITA

Se identifica dos horizontes de Skarn de magnetita el primero se encuentra en contacto con el intrusivo, de textura granoblastica con minerales de mena como crisocola y malaquita. El segundo se ubica bajo las calizas recristalizadas y presenta magnetita en un 80%, con textura granoblástica (ver Foto 24), con minerales accesorios de calcopirita, pirita, marcasita y calcosina (ver plano geológico local P-09). Este afloramiento está ubicado en la parte sur del cerro Ccararayoc y al norte de la quebrada Challapampa.



Foto 23 Skarn de Magnetita en el prospecto Skarnlet.

3.2.3.4 MÁRMOL Y CALIZAS RECRISTALIZADAS

Se encuentran en poca cantidad en la parte NE del prospecto Skarnlet, alrededores del cerro Chillahua; estas rocas son producto del metamorfismo producido por el intrusivo al entrar en contacto con las calizas de la Formación Arcurquina (ver plano geológico local P-09). Presenta una coloración blanca a gris blanquecina, dependiendo del grado de metamorfismo se puede distinguir las calizas con sus granos visualmente recristalizados manteniendo su color, esto a consecuencia en una disminución en la temperatura por ser más distal hasta llegar a las calizas de la Formación Arcurquina (ver Foto 25).



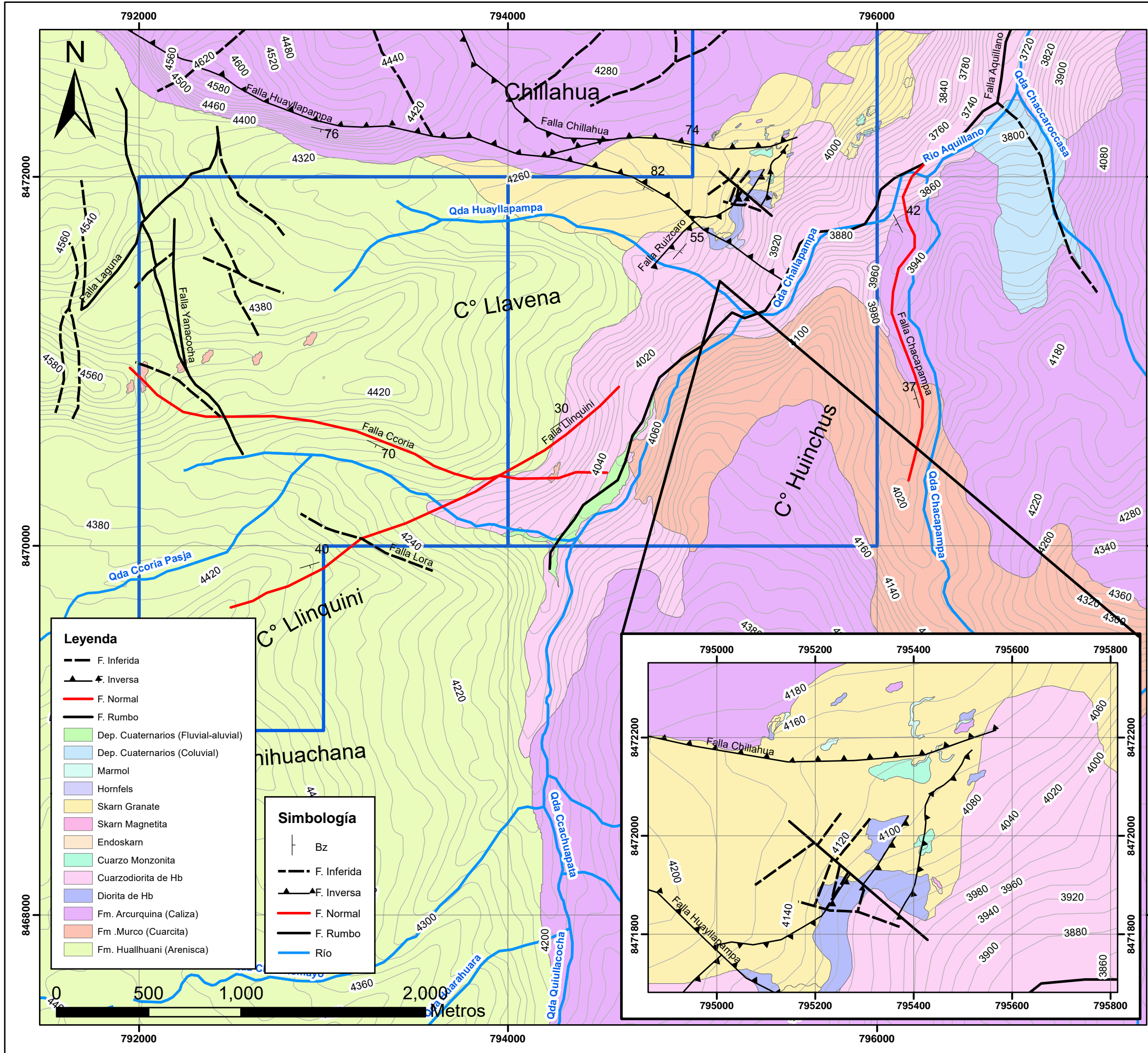
Foto 24 Mármol y caliza recristalizada.

3.2.3.5 CUARCITAS

Encontramos esta roca en la zona de estudio en la parte sur del prospecto Skarnlet, y al este del puente Aquillano, que fueron producto del metamorfismo de contacto de las areniscas de la Formación Murco con el intrusivo de cuarzo monzonita de hornblenda (ver plano geológico local P-09), también estas cuarcitas fueron desplazadas por falla inferida de dirección NE-SW, lo que nos daría a entender que esta falla fue posterior al intrusivo de cuarzo diorita de hornblenda (ver Foto 26).



Foto 25 A). Afloramiento de cuarcitas en el prospecto Skarnlet B). Cuarcitas.

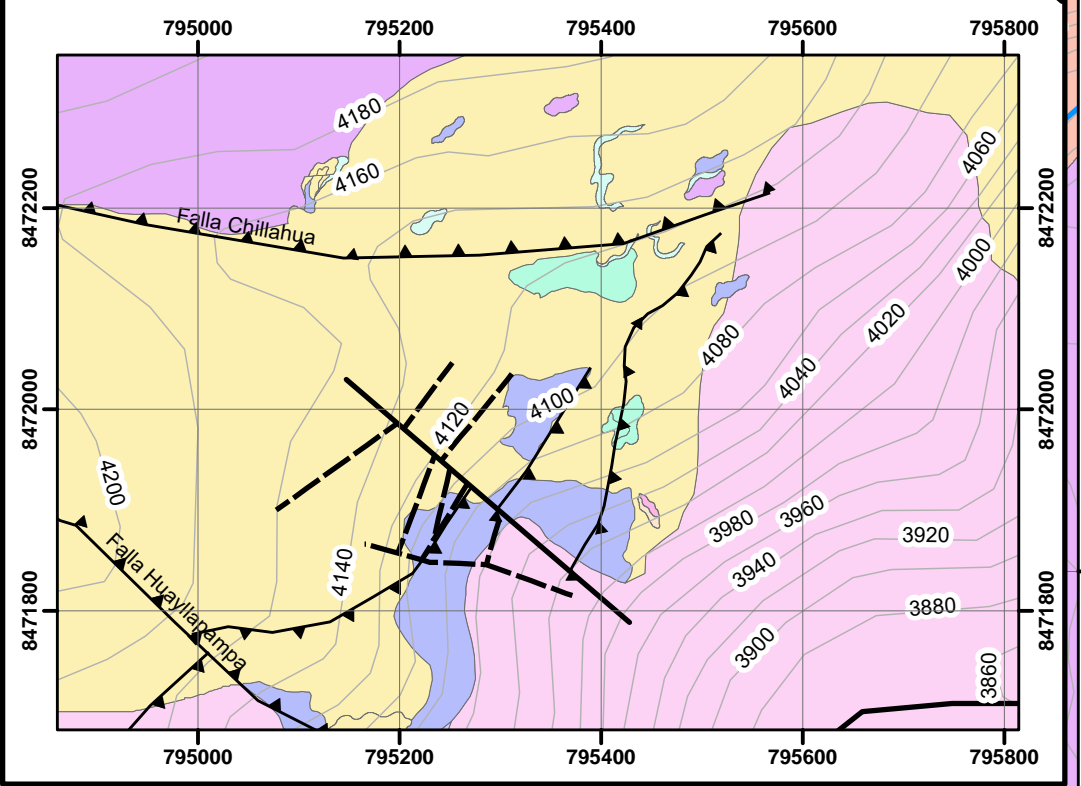
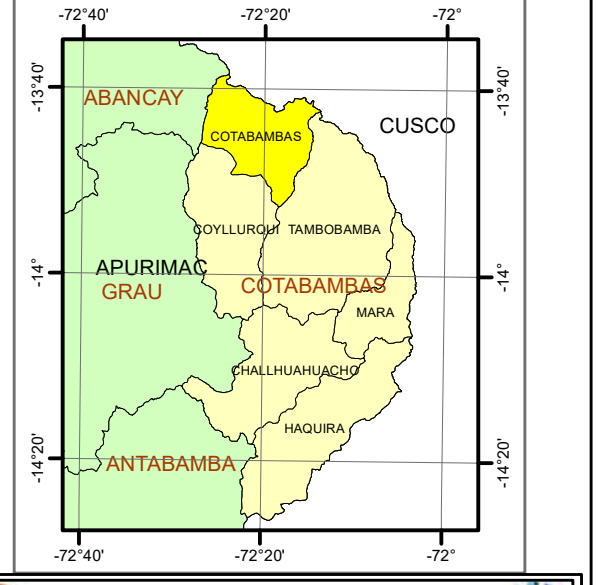
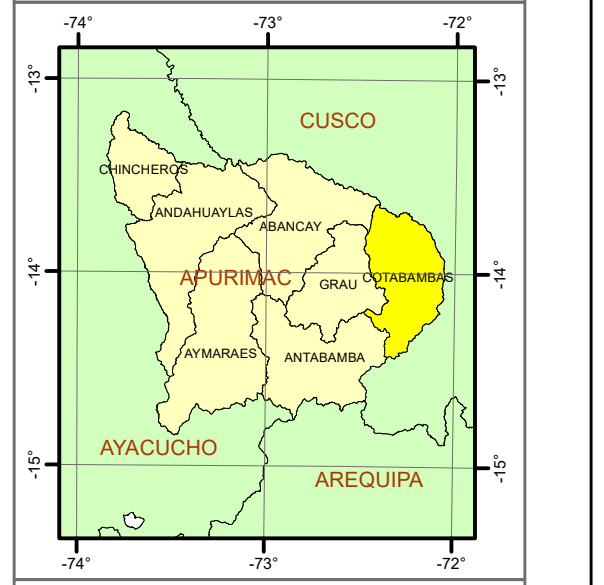



Leyenda

- F. Inferida
- ▲ F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo
- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Coluvial)
- Marmol
- Hornfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskarn
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Huallhuani (Arenisca)

Simbología

- Bz
- F. Inferida
- ▲ F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo
- Río



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"		
PLANO GEOLOGICO LOCAL		
DISTRITO: COTABAMBAS	PROVINCIA: COTABAMBAS	DEPARTAMENTO: APURIMAC
ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-09	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 20,000	

CAPITULO IV GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En este capítulo se interpretó la formación de estructuras y los eventos tectónicos que se dieron en el Sur del Perú y tuvieron influencia con relación al batolito de Andahuaylas – Yauri, en el cuadrángulo de Tambobamba según Galdos y Carrasco (2002). La geología estructural regional dio a entender los eventos que ayudaron en la formación del prospecto Skarnlet y en la geología estructural local se describió las estructuras a mayor detalle, puesto que, estas son características geológicas importantes en la formación de un yacimiento.

4.5 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

4.5.1 SISTEMA DE FALLAS LOCAL

A nivel regional la zona de estudio se ubica al sur de la deflexión de Abancay dentro del cuadrángulo de Tambobamba-28 r, donde se identificó fallas inversas inferidas con dirección E-O y fallas perpendiculares con dirección N-S que las cortan, que aportaron en la caracterización geológica de la zona de estudio, modelando la topografía y por consiguiente la geomorfología e hidrología. A nivel local se lograron identificar asociaciones estructurales en forma de fallas importantes que influyeron mínimamente en el proceso de mineralización.

El desarrollo de los pliegues se da con mayor representatividad en el Grupo Yura. Al SE entre las localidades de Mara y Congota se observa una flexión de E-O a NO-SE. En esta zona se observa un plegamiento NO-SE que muestra una moderada deformación sobre todo en rocas de la Formación Arcurquina. En este sector se han cartografiado lineamientos que muestran relación con los plegamientos por su orientación semejante.

El sistema de fallas local es muy influyente en la formación del yacimiento, estas estructuras locales provocan desplazamientos de bloques en distintas direcciones que fueron aprovechadas

por los fluidos mineralizantes en el metasomatismo del yacimiento (ver plano estructural local P-10).

4.5.1.1 FALLAS NE – SW

Corresponde a una familia de fallas con Azimut N30° que se encuentran alineadas cortando la Fm Hualhuani y Fm Murco. Son verticales a sub verticales, un ejemplo claro es la veta de Cuarzo con pirita ubicada en la concesión con el Az 39 y Bz 85NW (ver plano estructural local P-10). Esta falla inversa genera zonas de debilidad que posteriormente fueron aprovechadas durante la intrusión de pórfidos en la zona de estudios, donde se da un proceso de mineralización en diferentes estadios, siendo la más importante el ascenso de los intrusivos de curzomonzodiorita de hornblenda y cuarzomonzonita de hornblenda que si generaron mineralización económicamente rentable.



Foto 26 Fallas de orientación NE – SW.

4.5.1.2 FALLAS NW – SE

Corresponde a las fallas con dirección andina con azimut promedio de $N235^{\circ}$ que se encuentran alineadas cortando la Fm Hualhuani, Fm Murco y Fm Arcurquina. Estas fallas fueron cortadas al tener contacto con las fallas NE – SW, lo que indica que son más antiguas, las cuales tuvieron relevancia menor en la formación del yacimiento (ver plano estructural local P-10).



Foto 27 Fallas de orientación NW – SE.

4.5.1.3 FRACTURAS

Las fracturas son discontinuidades que se generaron por el sistema de fallas locales NE - SW y NW - SE. Puede presentar una alta variabilidad en sus propiedades físicas en los macizos rocosos que se observan en la zona de estudio, creada por las diversas características de las fracturas (ver plano estructural local P-10).

Las fallas locales de dirección NW -SE y NE-SW, expuestas anteriormente tomaron un papel importante ocasionando zonas de debilidad, estas zonas de debilidad fueron aprovechadas para

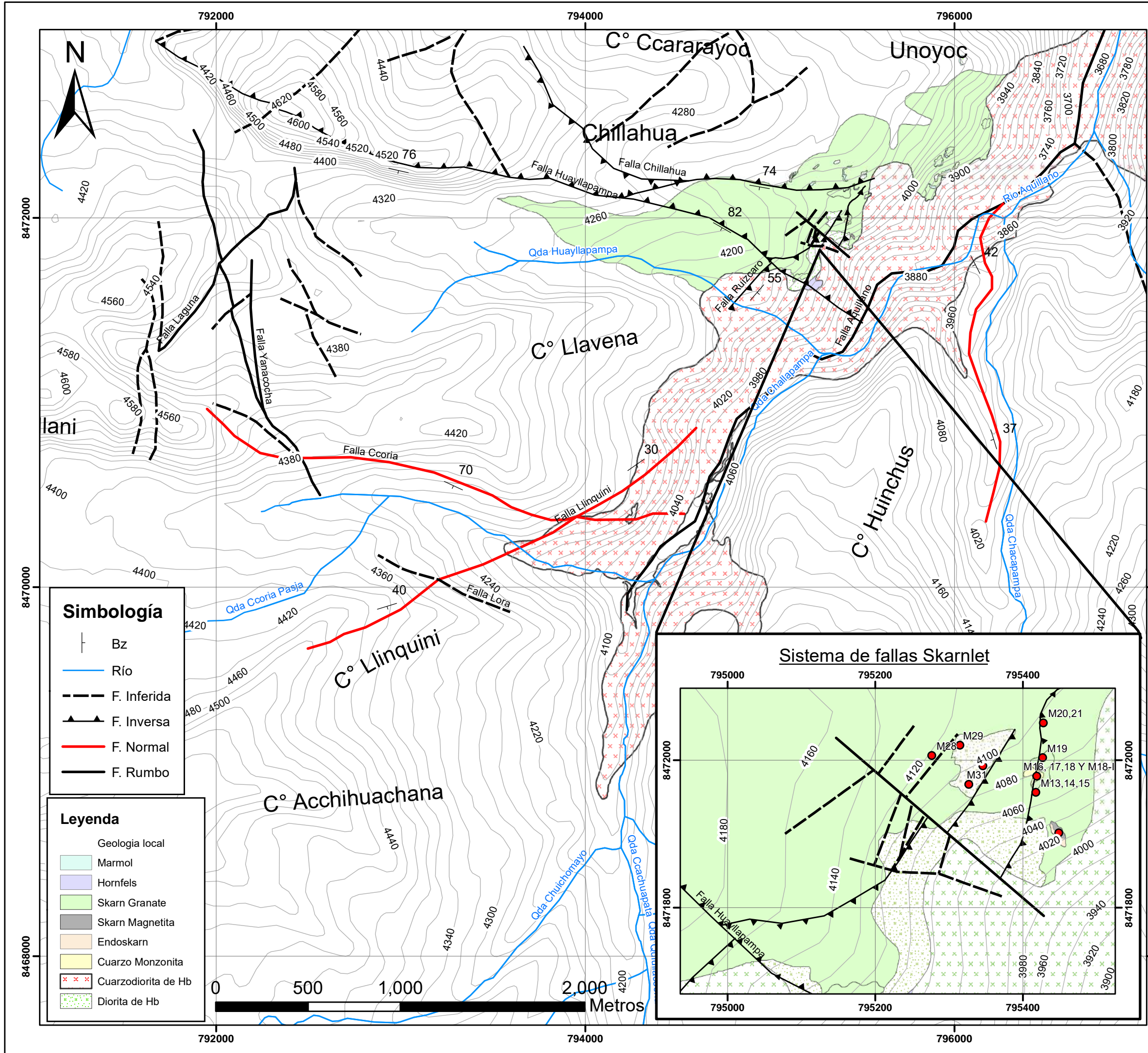
emplazamiento del pórfido de cuarzo monzonita, trayendo consigo fluidos mineralizantes para después seguir con el proceso de formación de skarn.



Foto 28 Fracturas en el Macizo rocoso de cuarzo diorita de hornblenda

Se denominó sistema de fallas Skarnlet a las fallas que están ubicadas en la zona de Unoyoc, puesto que generaron zonas de debilidad las cuales fueron aprovechadas para emplazamiento del posible pórfido de cuarzo monzonita trayendo consigo los fluidos mineralizantes que aportaron en la formación del skarn.

Finalmente, se interpretó que la parte estructural es fundamental en el estudio del prospecto Skarnlet, donde encontramos una alineación de los puntos de muestreo donde se evidenció resultados de alta concentración de elementos económicamente rentables, con una falla inversa, con lo cual podemos apoyar el muestreo geoquímico en función de las fallas.



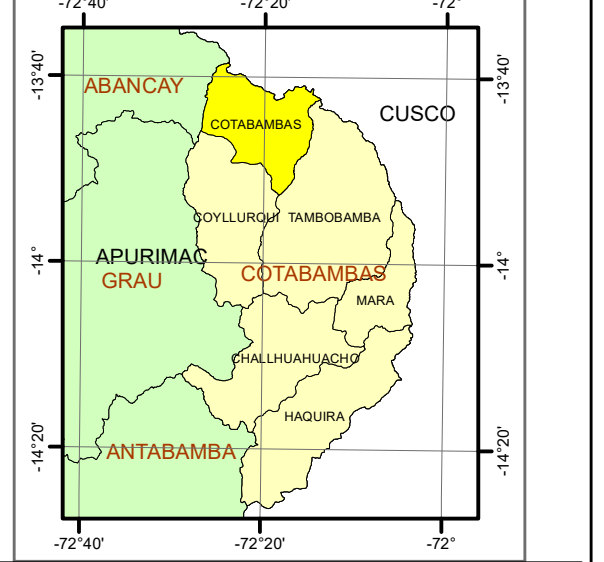
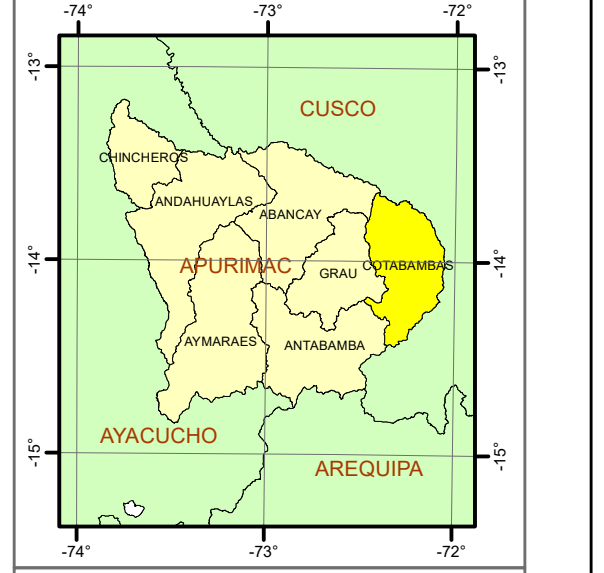
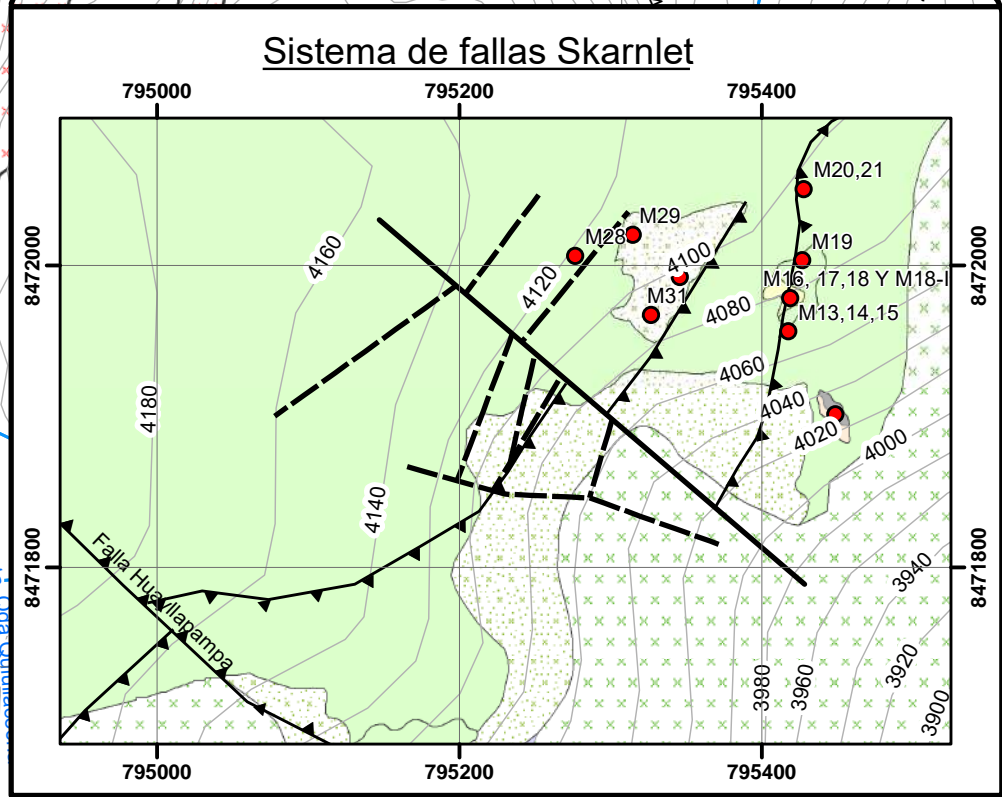
Simbología

- Bz
- Río
- F. Inferida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo

Leyenda

Geología local

- Marmol
- Hornfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskarn
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC"

PLANO ESTRUCTURAL LOCAL

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURÍMAC

ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: **P-10**

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000

CAPITULO V GEOQUÍMICA

La geoquímica nos ayuda en el estudio de la distribución, proporción y asociación de los elementos químicos de importancia, esto se realiza en base al análisis de muestras superficiales recolectadas.

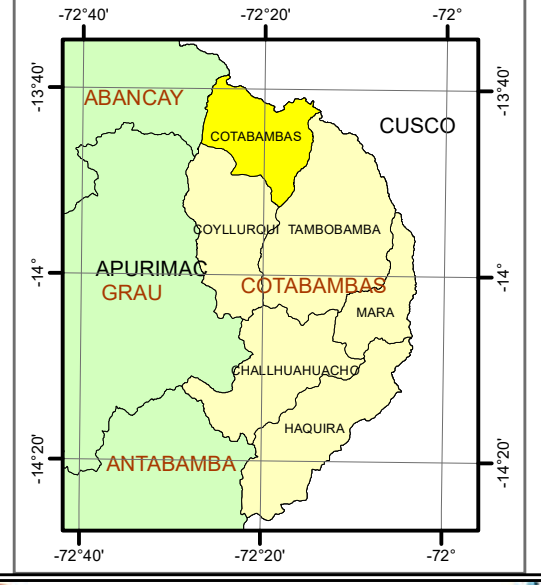
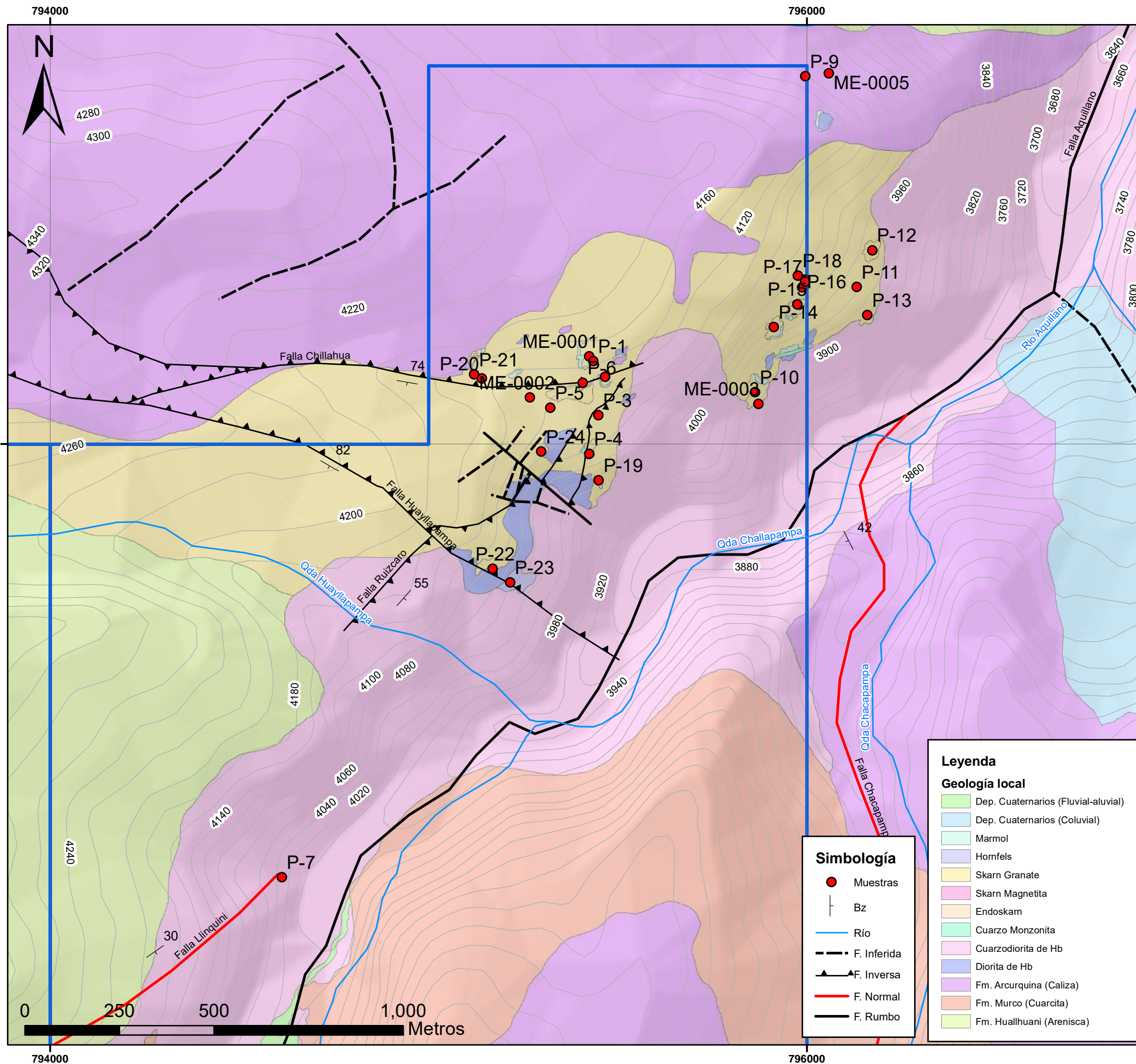
Se realizaron análisis de 36 elementos químico, como son Ag, As, Au, Fe, etc. Para la realización de la correlación y distribución geoquímica se utilizaron 28 muestras.

5.1 MUESTREO

El muestreo es una fase de vital importancia en la evaluación de un depósito mineral, debido que en él se apoya el estudio de viabilidad técnica-económica; mediante la toma de muestras en roca y cuerpos mineralizados realizados en afloramientos rocosos frescos y alterados.

En la zona de estudio se realizó el método de muestreo tipo rock chips (puntos), con una distribución en relación a su forma y volumen en diferentes áreas (ver plano de ubicación de muestras P-11), las muestras se recolectaron de manera sistemática para que proporcionen un valor representativo y mediante el estudio de las mismas en laboratorio nos indican las características y propiedades de los minerales que determinan la existencia elementos químicos de interés, como Au, Cu, Ag, Mo, etc., además la calidad de la mena, también se insertó aleatoriamente una muestra duplicada con codificación P-08, la cual no entro al análisis, por lo tanto solo se consideró 28 muestras en el análisis y la interpolación.

Por otra parte, se debe de mencionar que el muestreo se realizó en los afloramientos de skarn y zonas con rocas alteradas, también se realizó los procedimientos de muestreo tomando cuidado los temas de cuidado y contaminación de las muestras.



Leyenda

Geología local

- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Coluvial)
- Marmol
- Hornfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskam
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Huallhuani (Arenisca)

Simbología

- Muestras
- Bz
- Río
- F. Inferida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO**

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE
MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"

PLANO DE UBICACION DE MUESTRAS

DISTRITO: COTABAMBAS	PROVINCIA: COTABAMBAS	DEPARTAMENTO: APURIMAC
ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-11	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 20,000	

5.2 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Para el análisis de laboratorio se realizaron 2 campañas de muestreo geoquímico, en zonas de afloramiento rocoso y cateos desarrollados por mineros artesanales, luego el 2019 se solicitó mediante Formato de Análisis N° SK-19-001 al laboratorio geoquímico CERTIMIN (ver anexos 01-14), por otra parte se realizó una identificación de muestras con su respectivo código de servicio (ver Tabla 3). El análisis geoquímico de muestras se realizó bajo la siguiente especificación:

Tabla 3 Identificación de muestras. Fuente: Elaboración propia.

Cant.	Identificación de muestras	Au	ICP	Código de Servicio	Obs.
5	ME-0001 – ME-0005	X	X	GO634, GO108, GO146	Sin obs.
23	P-1 – P-24	X	X	GO634, GO108, GO146	Sin obs.

Se tomaron un total de 28 muestras a ser analizadas por Au (oro) y Multielementos (Cu, Li, Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti, Tl, V, W, Y, Zn, Zr), esto se realizó con el fin de diferenciar el tipo de analito y el método que se utilizara en su respectivo análisis de laboratorio (ver Tabla 4), como detalla la siguiente tabla:

Tabla 4 Descripción de las muestras. Fuente: Elaboración propia.

N°	DESCRIPCIÓN		
	Analito	Cod. Serv.	Método
1	Au	IC-EF-01	Muestras de Exploración Geoquímica: Análisis de Oro por Ensayos al Fuego - AAS.(Validado).Rev.30/2018
2	Varios*	IC-VH-33	Muestras de Exploración Geoquímica: Análisis Multielemental por ICP-OES - Digestión Agua Regia (HNO ₃ , HCl).(Validado en Ag,Cu,Pb,Zn).Rev.10/2017

5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE LABORATORIO

El método para analizar los resultados de laboratorio está planteado de manera que nos da el mejor estimador lineal no sesgado con una varianza mínima. Por otra parte, que pueden existir mejores estimadores que los obtenidos con Kriging, que es el método que se utilizó para interpretar los análisis de laboratorio, también se debe considerar las diferentes características que tiene cada método de estimación.

Según Porras (2017), Kriging es un método de inferencia espacial, por lo cual nos permite estimar los valores de una variable en lugares no muestreados, lo cual comúnmente se llama interpolación, utilizando la información proporcionada por la muestra. Para la aplicación de este método, se cuenta con 28 muestras analizadas $z(x_1), z(x_2), \dots, z(x_{28})$, para estimar una función lineal de la variable $Z(x)$ y su respectivo promedio en una región determinada por Z_v , por lo cual se tiene la siguiente expresión matemática en cada una de las muestras:

$$z_v = \frac{1}{V} \int_V z(x) dx$$

Además, se puede considerar V como todo un depósito o un simple punto, también se debe de considerar un promedio ponderado de los datos. Finalmente, se puede identificar en el plano las diferentes anomalías geoquímicas (ver planos geoquímicos P-12 y P-13).

Los resultados obtenidos del muestreo de rock-chip de la zona de estudio sirvieron para realizar la interpretación estadística. Se analizaron 28 muestras en total, para 36 elementos químicos utilizando “Análisis Multielemental por ICP-OES – Digestión” y “Análisis de Oro por Ensayos al Fuego”, en el proceso se tuvo en cuenta la confiabilidad, exactitud y precisión para lo cual se insertaron muestras de control generando información más confiable y verídica.

El posterior análisis da como resultado la delimitación espacial de las zonas anómalas en el prospecto que son de gran interés económico (ver plano de geoquímico P-12 y P-13), mediante la determinación de la magnitud de variación de los valores anómalos respecto al background geoquímico regional. El gran número de datos obtenido hacen imprescindible la utilización de técnicas estadísticas de tratamiento de datos como es el diagrama de Pearson.

En el mapa geoquímico se muestra las ubicaciones de las anomalías geoquímicas y con altos elevados valores de Cu, Ag y Au (ver Tabla 5). El cartografiado geoquímico el mapa de isovalores de cada elemento son compuestas por pequeñas zonas alrededor de los puntos de muestreo, cada punto se encuentra promediando los valores obtenidos para cada muestra, por lo tanto, generando los contornos mencionados y posteriormente interactuando con los contornos de los otros puntos de muestreo.

Tabla 5 Cuadro resumen de los resultados de las leyes de laboratorio. Fuente: Elaboración propia

Sample	East	North	Elev	Cu_ppm	Au_ppm	Ag_ppm	Zn_ppm	Cr_ppm	Mo_ppm	Fe_ppm
ME-0001	795425	8472232	4162	27000	1.735	82.8	180	74	4	150000
ME-0002	795268	8472123	4165	91000	0.332	14.7	182	87	2	80900
ME-0003	795872	8472106	3957	72800	0.654	51.1	737	189	28	150000
ME-0004	795996	8472434	4051	1668	0.008	3.9	30	13	12	150000
ME-0005	796058	8472980	4066	16900	0.007	1.4	38.4	81	2	150000
P-1	795436	8472219	4159	180000	0.396	59.4	390	28	1	139100
P-2	795467	8472178	4164	48200	0.588	36.2	201	70	6	150000
P-3	795449	8472076	4121	9914	0.016	0.3	31.2	51	1	137800
P-4	795425	8471974	4111	43700	0.271	10.3	19.1	88	1	82000
P-5	795322	8472096	4146	88600	0.459	19.4	54.2	95	2	141900
P-6	795408	8472162	4140	150800	1.368	68.7	472	21	7	150000
P-7	794613	8470855	4005	857	0.237	3.2	110	215	679	106300
P-9	795996	8472972	4086	8857	0.472	7	9423	15	8	150000
P-10	795863	8472137	3973	64900	0.389	40.6	175	45	3	150000
P-11	796132	8472415	3983	15400	1.273	22.6	52.9	42	1	17700
P-12	796173	8472512	3980	46400	0.81	76.4	38.3	66	1	15800
P-13	796160	8472341	3957	138700	0.473	8.6	493	18	4	150000
P-14	795913	8472309	4020	75000	0.265	42.8	60.8	38	30	66300
P-15	795975	8472369	4048	173500	0.005	2.4	79.9	18	3	150000
P-16	795988	8472414	4047	134800	0.183	27.5	152	10	2	150000
P-17	795995	8472429	4042	2399	0.005	0.6	26.9	15	3	150000
P-18	795976	8472445	4001	1635	0.005	0.3	11.4	9	1	150000
P-19	795450	8471904	4063	70400	0.139	5.4	1485	34	1	150000
P-20	795141	8472173	4174	147400	0.322	12.6	122	37	3	115600
P-21	795121	8472184	4183	164600	0.542	37.9	114	60	5	150000
P-22	795170	8471670	4140	127600	0.757	26.8	123	16	5	147700
P-23	795216	8471634	4098	2251	0.011	0.6	36.1	92	1	50300
P-24	795298	8471980	4137	33900	0.006	1.4	101	51	3	110200

Los resultados de las muestras obtenidas del laboratorio (ver Tabla 5), nos dan a entender el contenido de Au, Ag y Cu, para poder representarlos gráficamente, por otra parte, en el caso de Cu los valores superaron los límites máximos de detección, por lo cual se están representando en porcentajes (ver Gráfico 1), además para el Au y Ag aún se conservó el resultado del análisis en ppm (ver Gráfico 2 y Gráfico 3).

Gráfico 1 Resultados de análisis de laboratorio para Cu del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.

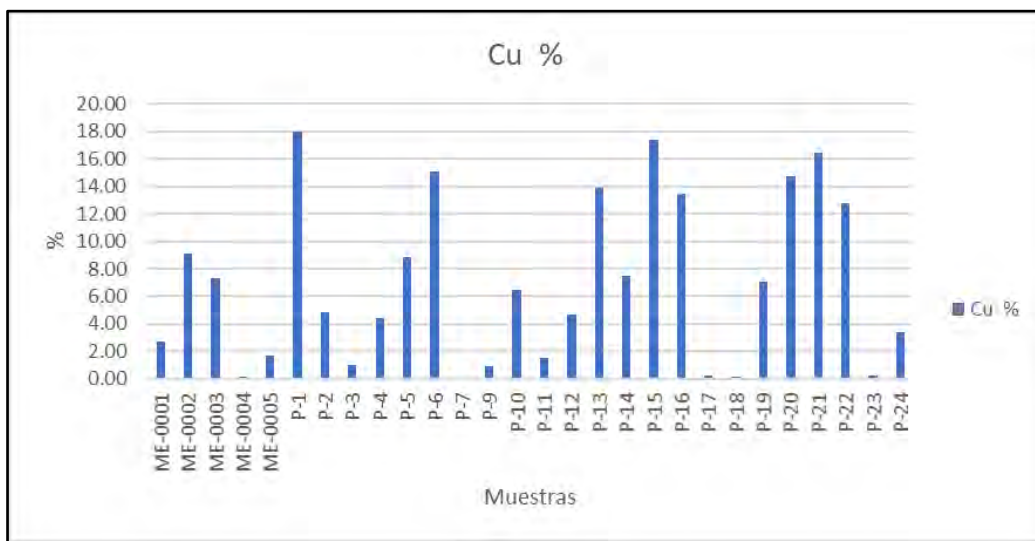


Gráfico 2 Resultados de análisis de laboratorio para Ag del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.

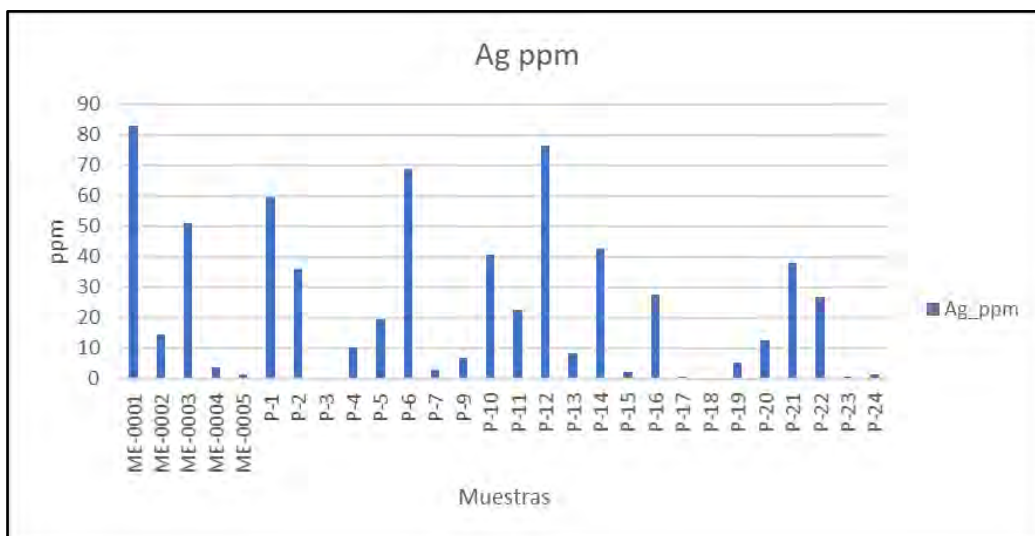
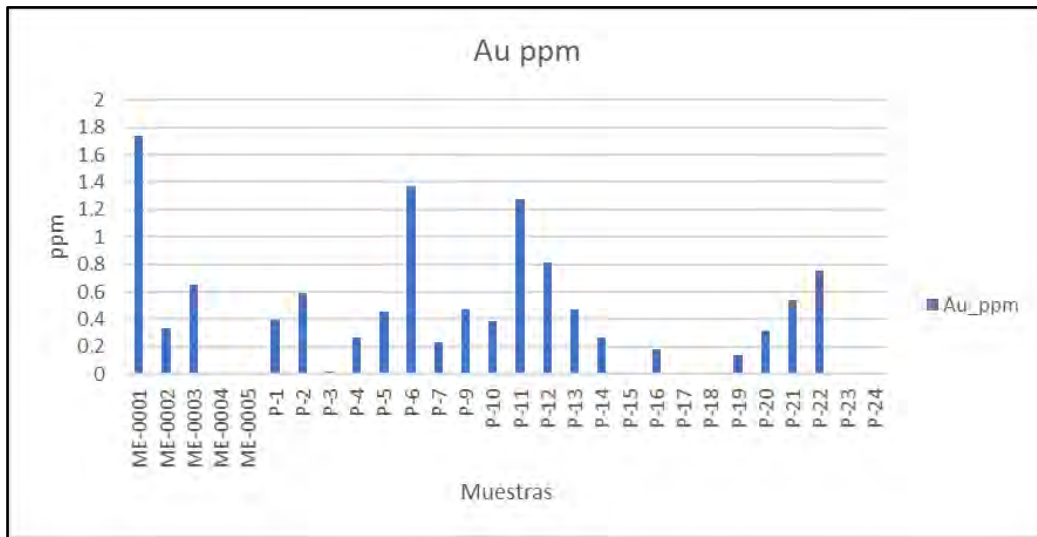


Gráfico 3 Resultados de análisis de laboratorio para Au del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.



5.4 CORRELACIÓN DE PEARSON

El análisis de correlación lineal de Pearson en los elementos, se ha realizado con el objetivo de establecer el grado de asociación entre las variables analizadas. Los elementos que se correlacionan linealmente en el área son: Fe, Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Cr y Co., para ver los elementos económicamente rentables y sus minerales de procedencia, las correlaciones entre los metales nos informan que podría tener 2 procesos de mineralización.

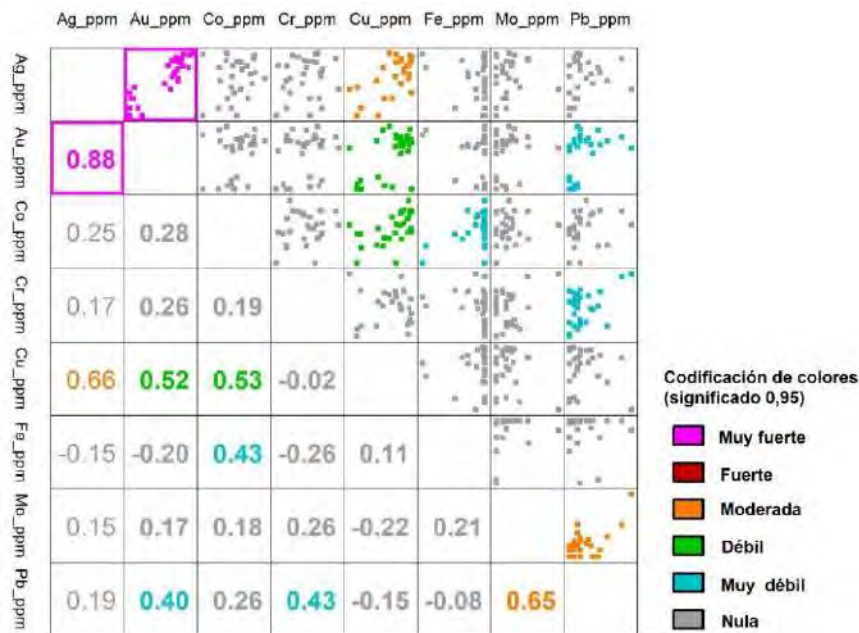
De manera análoga podemos calcular este coeficiente sobre un estadístico, para los elementos examinados en el análisis geoquímico de laboratorio, denotado por “r” en función de x e y, cuya fórmula es:

$$r_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{(n-1) s_x s_y} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Para la interpretación del coeficiente de correlación de Pearson, se debe de considerar el valor del índice que varía entre los intervalos [-1; 1], considerando el signo, dando lugar al sentido de la relación, representados de la siguiente manera:

Primero, si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta, donde el índice indica una dependencia total entre las dos variables examinadas, por lo cual se le denominara relación directa, es decir una de las variables aumenta y la también aumenta en proporción constante. Segundo, Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva. Tercero, si $r = 0$, no existe una relación línea, pero esto no necesariamente quiere decir que las variables son independientes, puesto que, pueden existir aun relaciones no lineales entre las dos variables analizadas. Cuarto, si $-1 < r < 0$, existe correlación negativa. Finalmente, si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. Este índice indica que hay una dependencia total entre las dos variables, por lo cual se llama relación inversa, es decir una de las variables aumenta y la otra variable disminuye en proporción constante (ver Tabla 6).

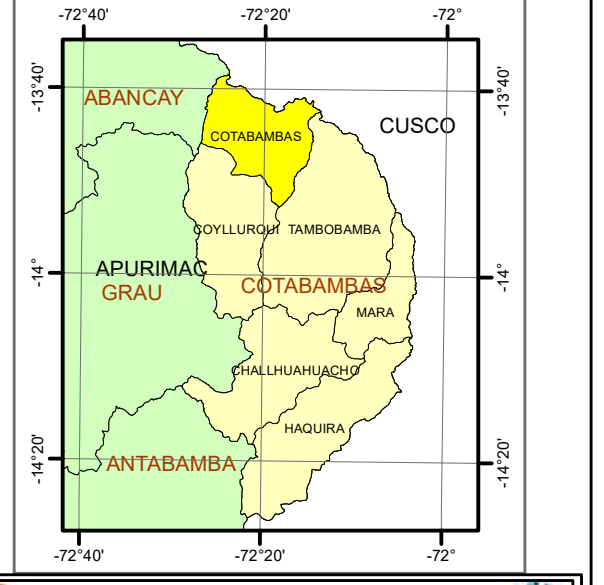
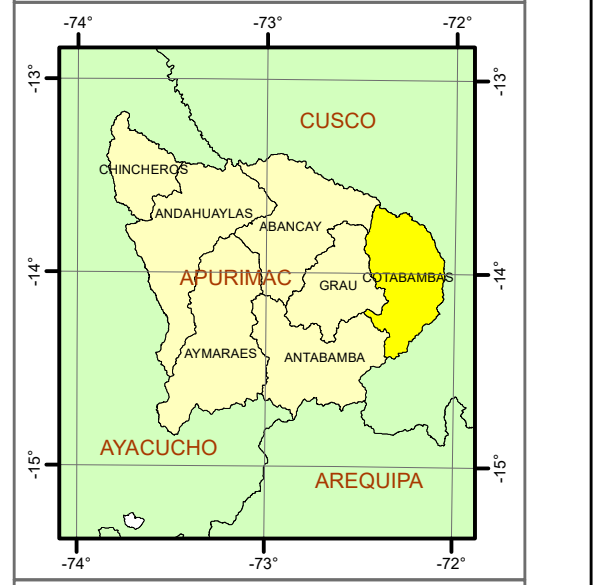
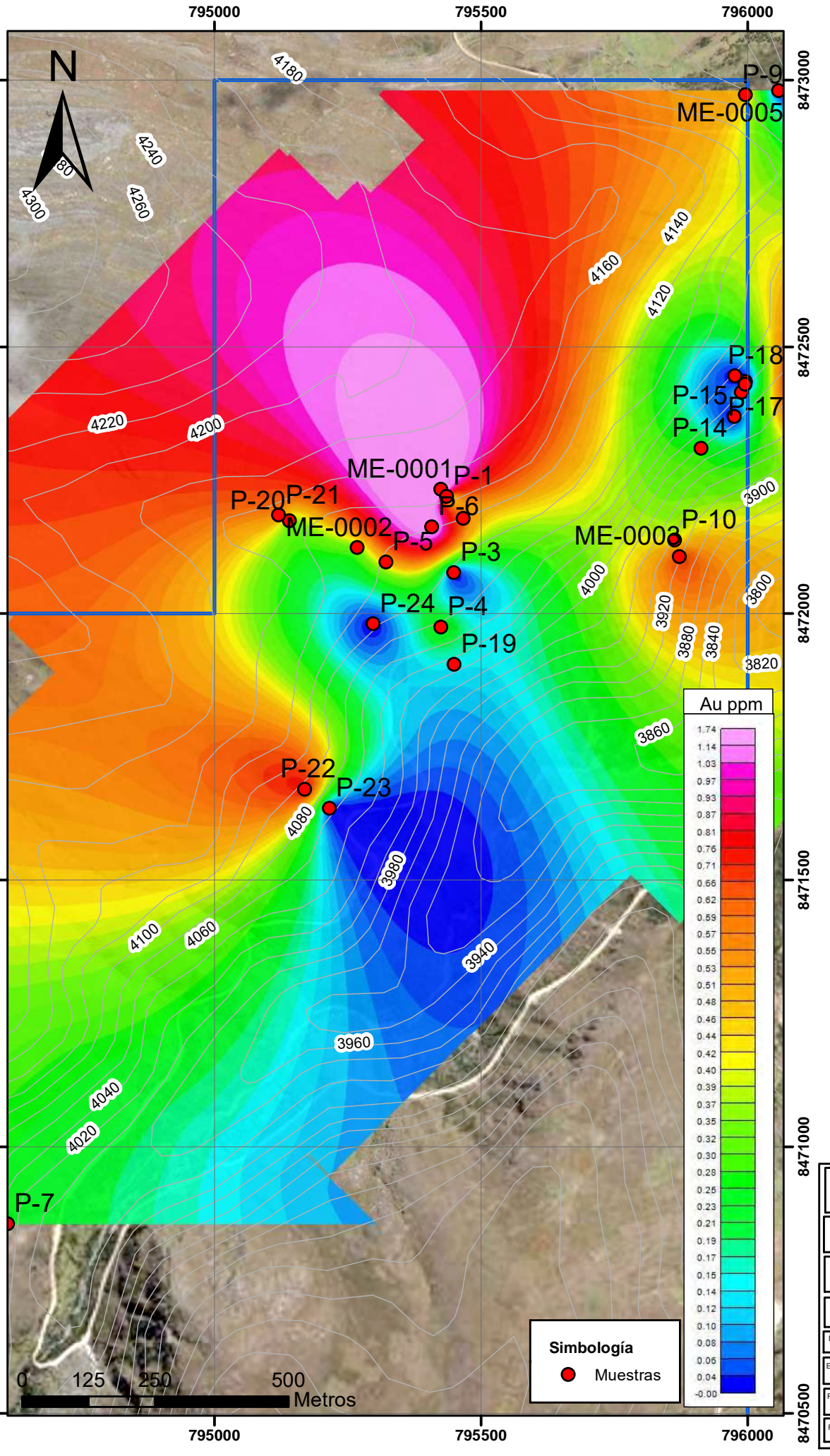
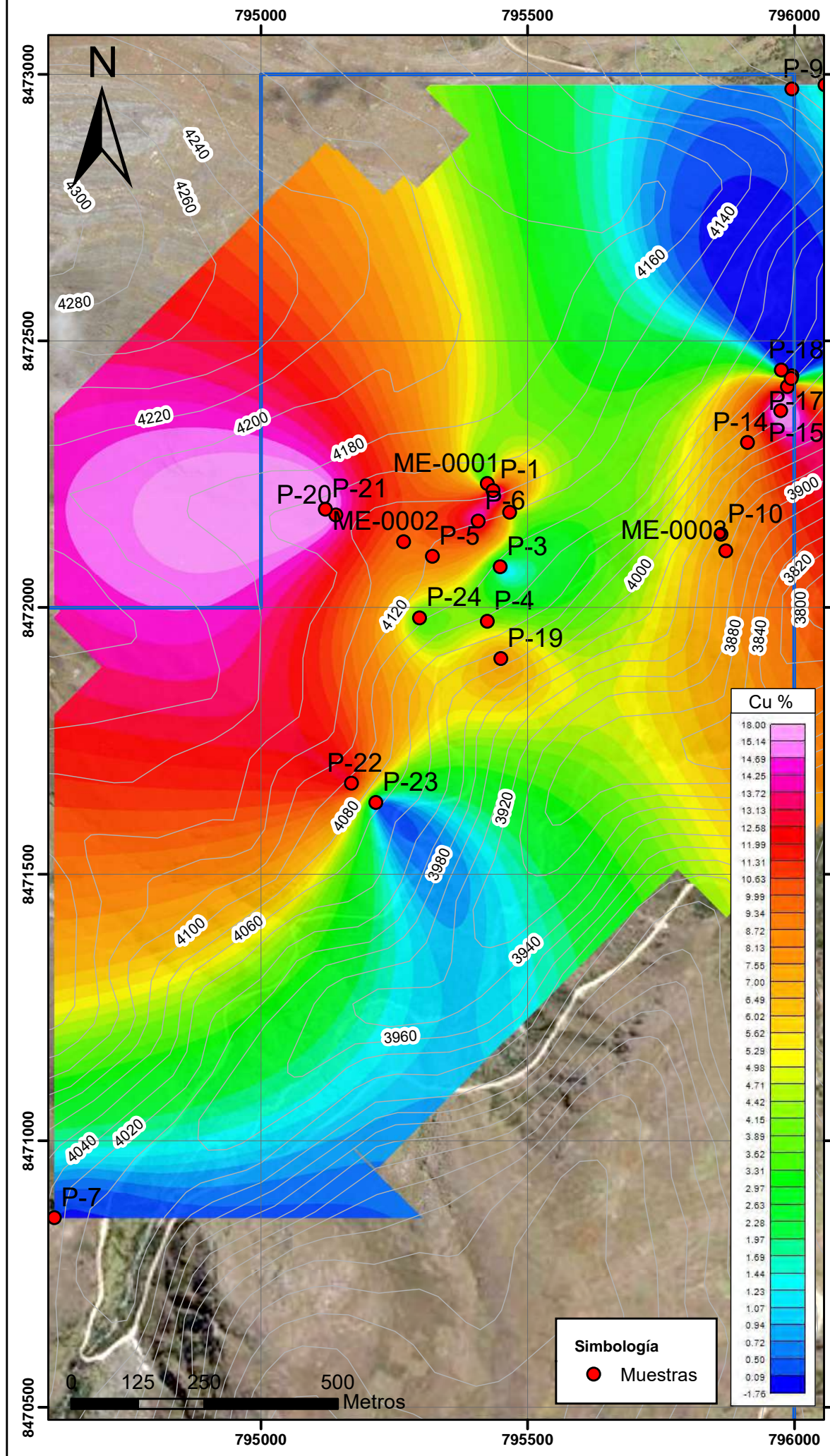
Tabla 6 Correlación de Pearson para el Prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.




En síntesis, se encontraron anomalías en la interpolación realizada para siguientes los elementos: Cu, Au, Ag y Mo, indicándonos las zonas con mayor potencial de encontrar minerales con estos elementos económicamente rentables, por otra parte, se logra identificar correlaciones positivas moderadas y una muy fuerte que nos indica la afinidad de estos elementos en el prospecto Skarnlet (ver Tabla 6).

INTERPOLACION Cu % (KRIGING)

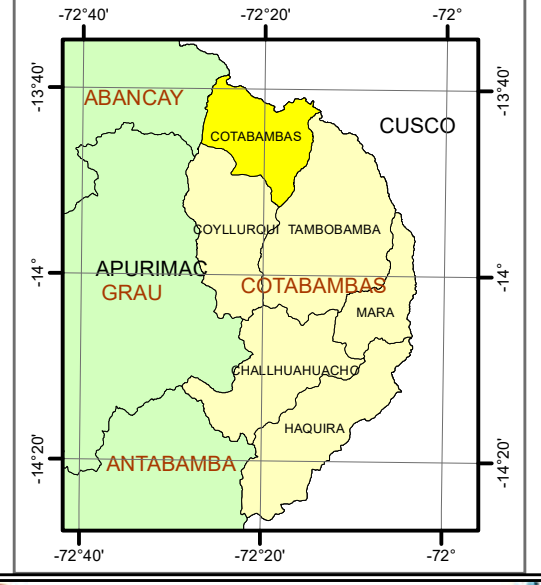
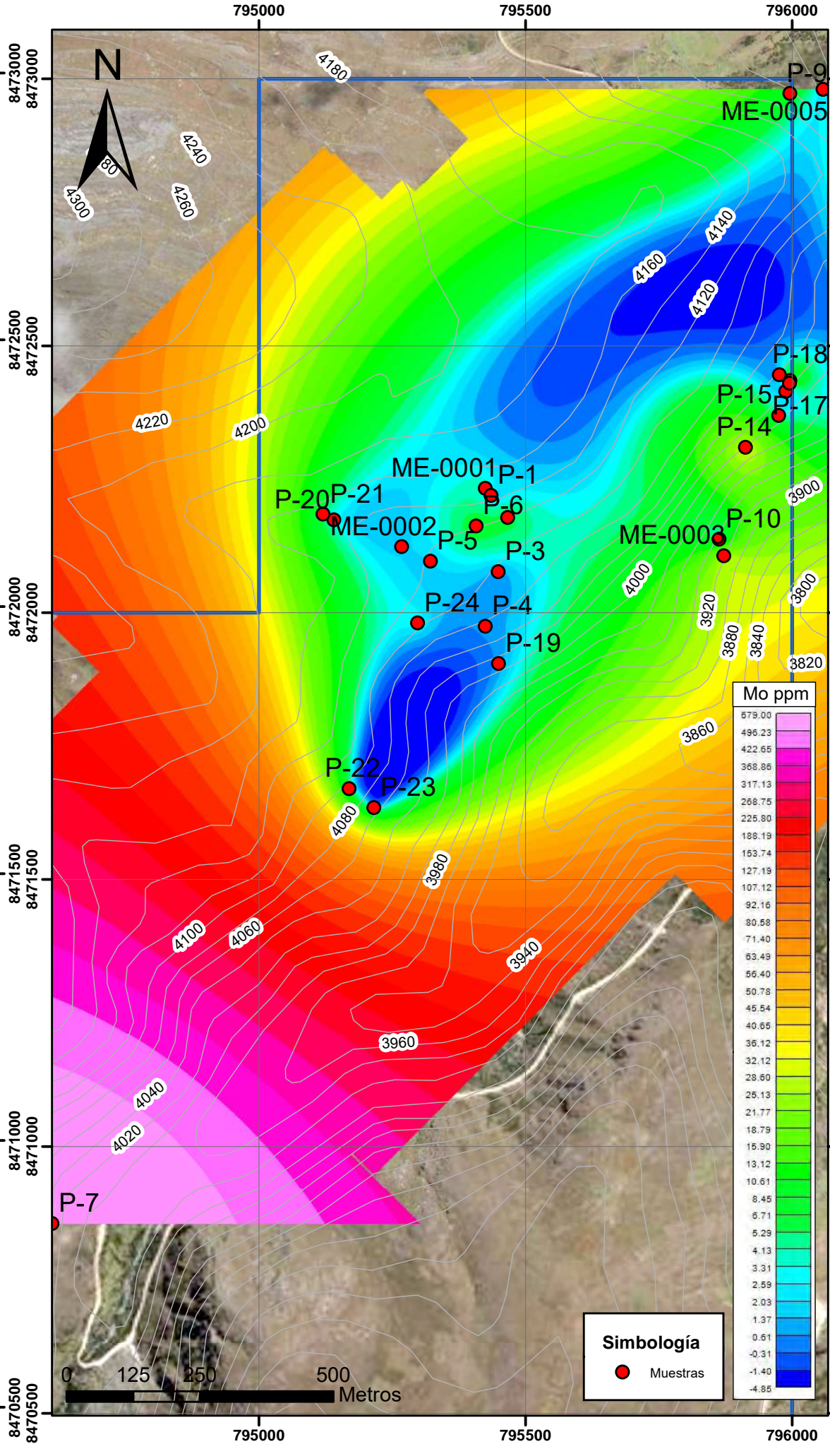
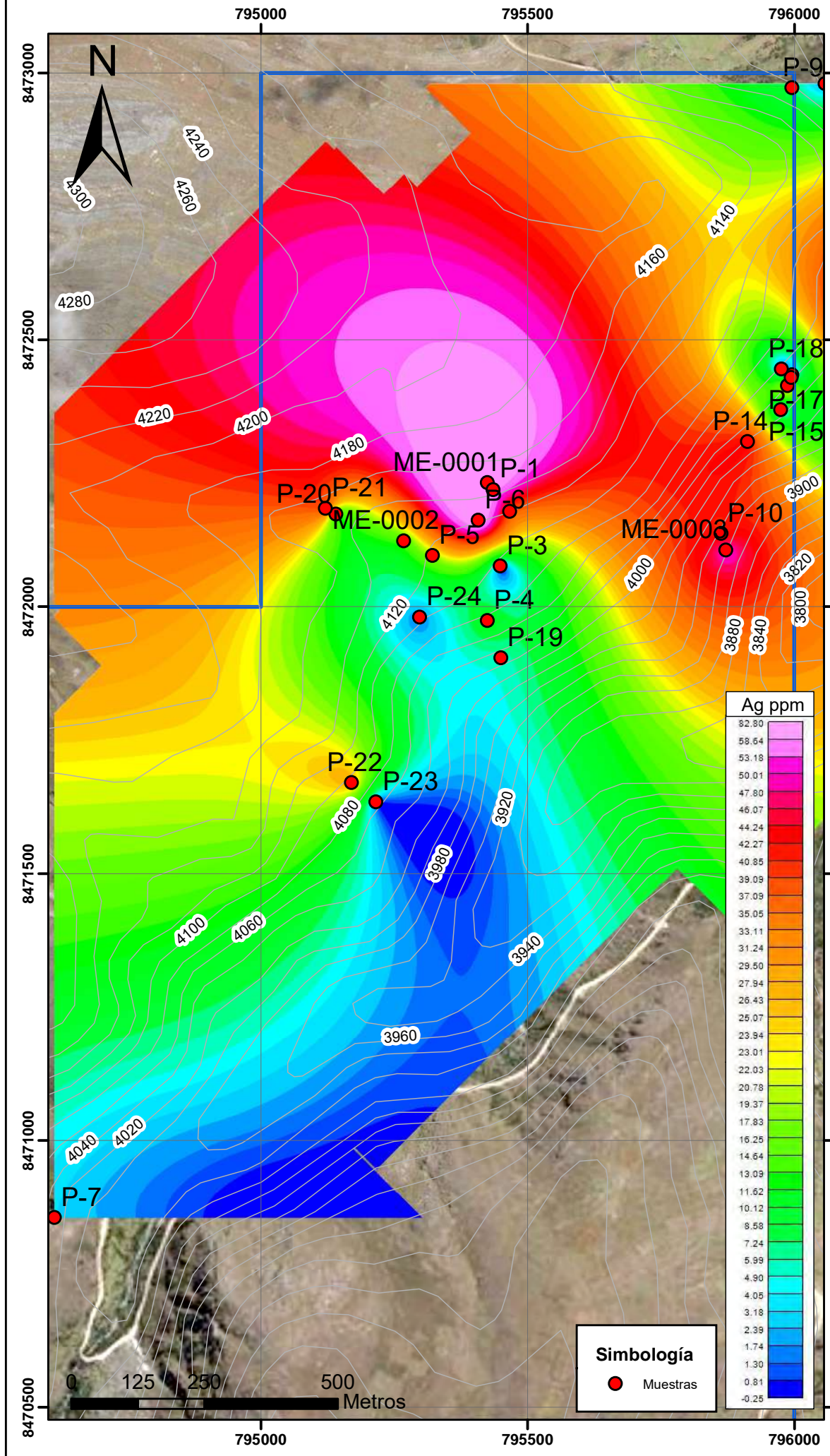
INTERPOLACION Au ppm (KRIGING)



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC"		
PLANO GEOQUÍMICO - A		
DISTRITO: COTABAMBAS	PROVINCIA: COTABAMBAS	DEPARTAMENTO: APURIMAC
ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-12	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 10,000	

INTERPOLACION Ag ppm (KRIGING)

INTERPOLACION Mo ppm (KRIGING)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO					
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA					
"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURIMAC"					
PLANO GEOQUIMICO - B					
DISTRITO:	COTABAMBA	PROVINCIA:	COTABAMBA	DEPARTAMENTO:	APURIMAC
ELABORADO POR:	Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.		DATUM:	WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR:	ING. MAURO ZEGARRA C.		CODIGO:	P-13	
FECHA:	DICIEMBRE - 2020	ESCALA:	1: 10,000		

CAPITULO VI PROCESOS DE MINERALIZACIÓN Y ALTERACIONES

6.1 CONTROLES DE MINERALIZACIÓN

6.1.1 CONTROL ESTRUCTURAL:

Se ha identificado e interpretado dos sistemas principales de fallas de dirección NW-SE y NE-SW, los cuales permitieron el emplazamiento del intrusivo cuarzo monzodiorita de hornblenda, diorita de hornblenda, cuarzo diorita de hornblenda a través de las fallas. La gran parte de la zona de estudio está cubierta por material cuaternario y vegetación, lo que limita la visualización de fallas, por lo que la interpretación de imágenes satelitales fue indispensable en la identificación y determinación de las mismas.

El control estructural está dado por el fallamiento y fracturamiento de las rocas en un sistema NE- SW, las cuales han dado lugar al emplazamiento rocas intrusivas y su posterior metamorfismo y metasomatismo, trayendo consigo soluciones mineralizantes de sulfuros de cobre y óxidos de cobre.

6.1.2 CONTROL LITOLÓGICO:

La mineralización en la zona se desarrolla en los skarn principalmente, producto del emplazamiento de las rocas intrusivas en las calizas, las cuales presentan una fuerte alteración progradada debido al contacto que tuvieron, cabe mencionar, que se identificó un zonamiento de skarn tipo Gossan con abundante mineralización.

6.2 ALTERACIONES HIDROTERMALES

Las alteraciones identificadas en campo son producto de reemplazamiento y generación de nuevos minerales calcosilicatados, relacionados a la interacción de cuerpos intrusivos con rocas carbonatadas, produciéndose principalmente la alteración progradada, no obstante, se evidencia alteración retrogradada en sectores puntuales.

6.1.3.1 ALTERACIÓN PROGRADA

En el metasomatismo de contacto se produce los intercambios mineralógicos generando de esta manera los minerales calcosilicatados (andradita, diópsido, wollastonita y actinolita), estos minerales ocurren en la zona de estudio en aureolas metamórficas de contacto en torno a los intrusivos que intruyen secuencias calcáreas, las que se convierten en mármoles y/o skarns de contacto (ver plano de alteraciones P-14).

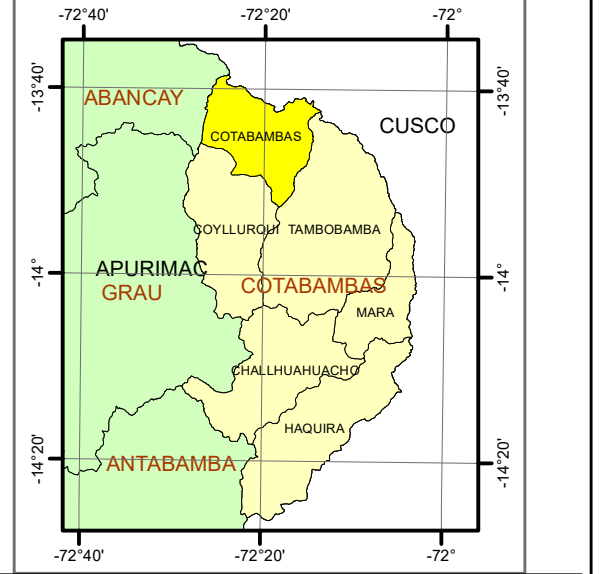
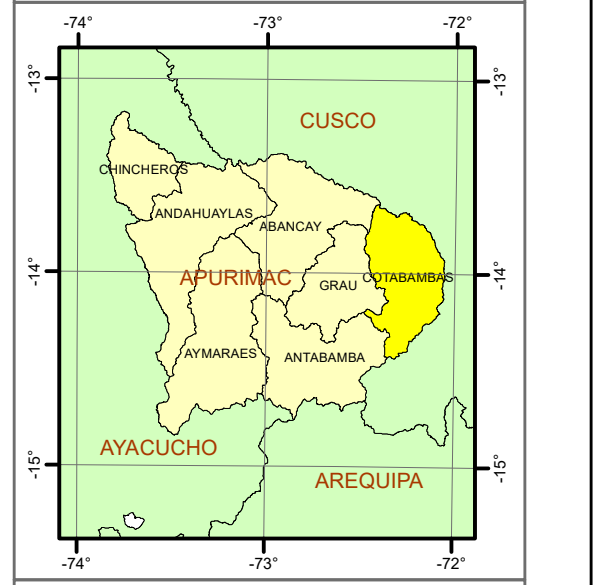
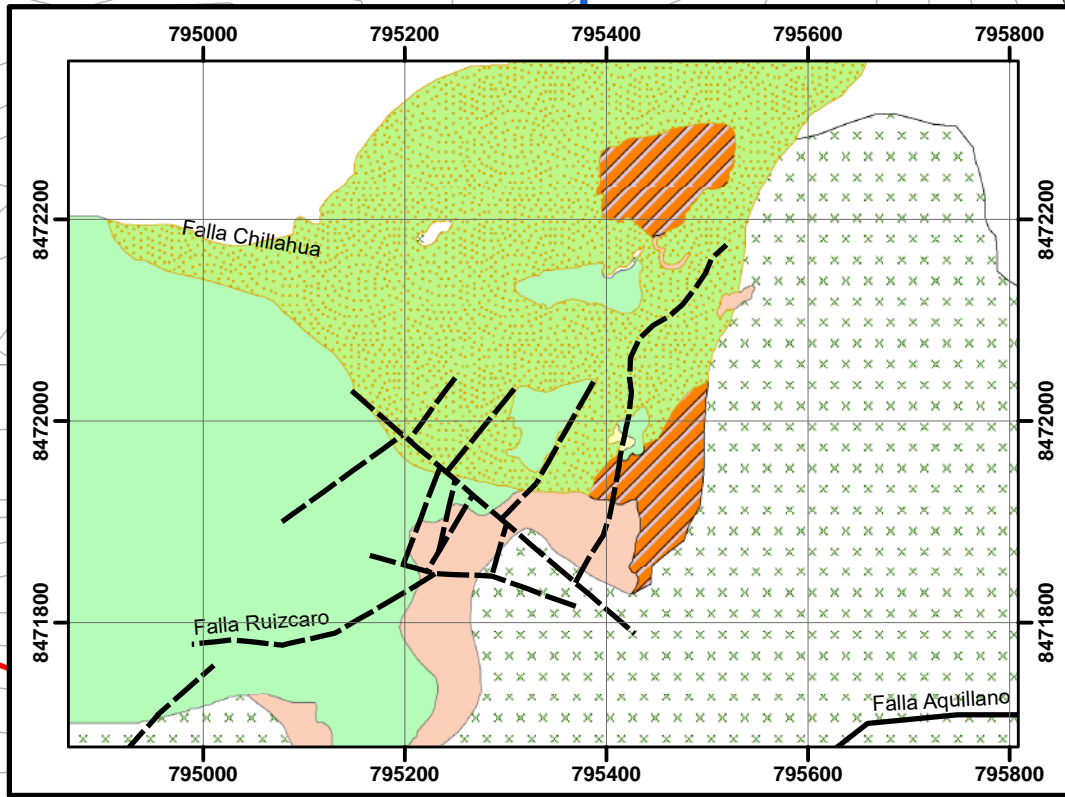
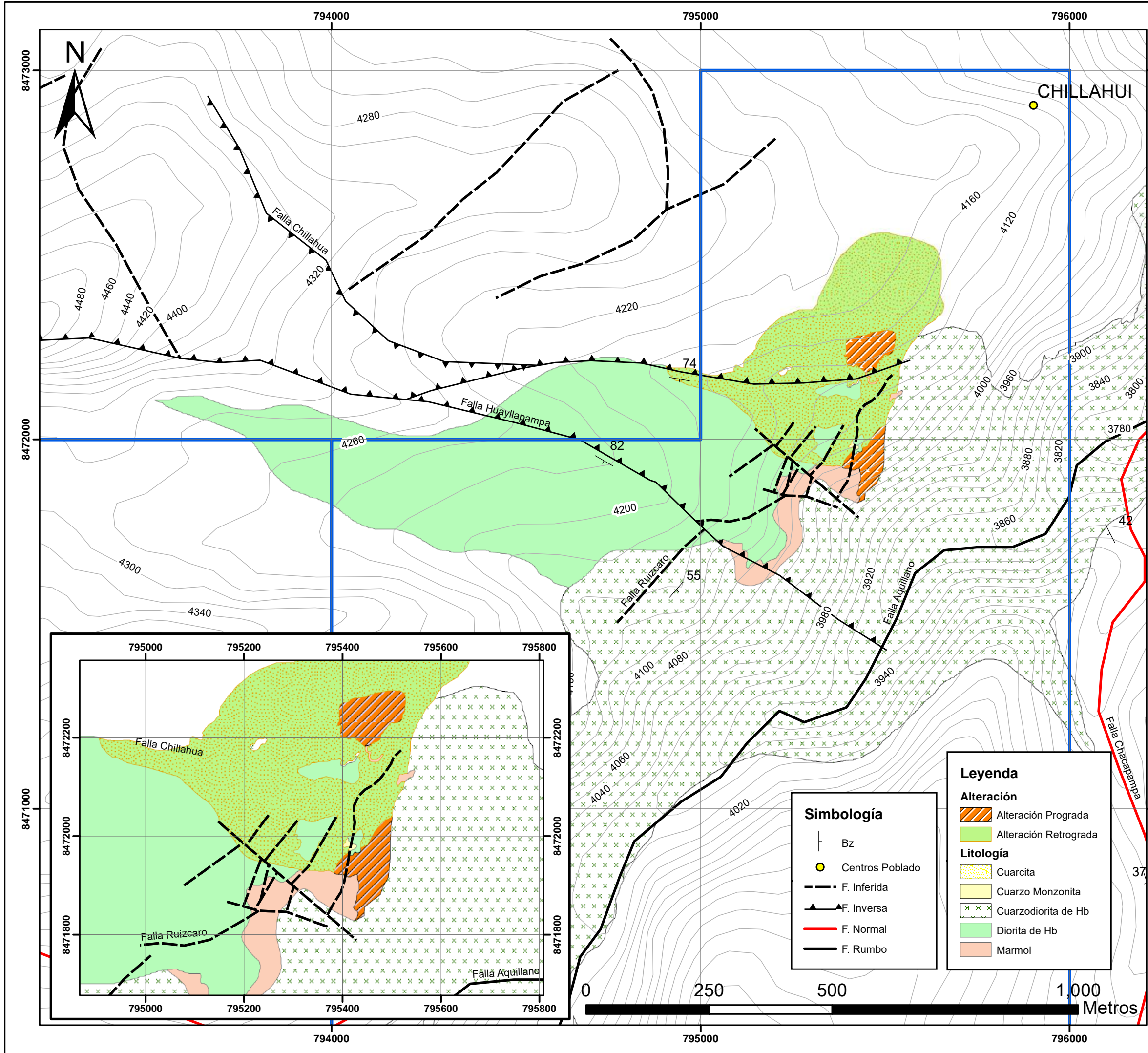
Los granates son más andradíticos a más grosularíticos desde el contacto hacia afuera, donde se observa un mayor desarrollo de los cristales de granate, por otra parte, en la zona donde existe alteración retrograda podemos observar la presencia de sulfuros de Cu.

6.1.3.1 ALTERACIÓN RETROGRADA

Esta alteración se presenta en sectores puntuales, se produce en la zona distal del pórfido con ensamblajes mineralógicos de granate, piroxeno cuarzo, calcita, epidota y pirita (ver Tabla 7) y como minerales de mena se tiene calcopirita y bornita en muy poca cantidad (ver plano de alteraciones P-14), por otra parte, existe mayor desarrollo de granates en este tipo de alteración,

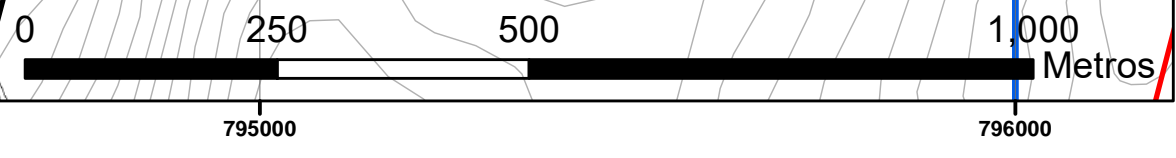
Tabla 7 Minerales característicos de alteración prograda y retrograda del prospecto Skarnlet.
Fuente: Modificado de Perez y Gonzales (2010).

SKARN	PROGRADA			RETROGRADA		
Granate						
Piroxeno						
Cuarzo						
Carbonatos						
Clorita						
Epidota						
Feldespato Potásico						
Albita						
Pirita						
Esfalerita						
Espeularla						
Calcopirita						
Magnetita						
Hematita						



Simbología	
	Bz
	Centros Poblado
	F. Inferida
	F. Inversa
	F. Normal
	F. Rumbo

Legenda	
Alteración	
	Alteración Prograda
	Alteración Retrograda
Litología	
	Cuarzita
	Cuarzo Monzonita
	Cuarzodiorita de Hb
	Diorita de Hb
	Marmol



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
<small>"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"</small>		
PLANO DE ALTERACIONES HIDROTHERMALES		
DISTRITO: COTABAMBAS	PROVINCIA: COTABAMBAS	DEPARTAMENTO: APURIMAC
ELABORADO POR: Bach. I.MEDINA H. y Bach. J.ALLER D.	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-14	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 20,000	

6.3 PROCESOS DE MINERALIZACIÓN

La mineralización de cobre se asume que está relacionada principalmente los skarn asociados al Plutón Colca, entre las cuales existen variaciones en el intrusivo, donde encontramos rocas como cuarzo monzodiorita de hornblenda, diorita de hornblenda, cuarzo diorita de hornblenda, cuarzo monzonita de hornblenda. El yacimiento ubicado en la zona de estudio posee un proceso de mineralización donde encontramos sulfuros de cobre, como también malaquita, crisocola y tenorita.

Las rocas intrusivas se componen de la siguiente manera: En la muestra PS M – 25 se observa una cuarzo monzodiorita (Streckeisen) de hornblenda con textura subhedral inequigranular (casi porfídica). Específicamente intergranular con Listones de plagioclasa euhedral entrelazada con feldespato K, cuarzo intersticial y plagioclasa Na–Ca, además de la siguiente composición mineralógica (ver Tabla 8):

Tabla 8 Composición mineralógica de la muestra PS M – 25.

Minerales principales	%	Minerales accesorios	%	Minerales de alteración
Cuarzo	17	Biotita	03	Magnetita débil de biotita
Feldespato K	11	Hornblenda	08	Clorita débil a moderada de hornblenda
Plagioclasa Na-Ca	57	Opacos, esfena, apatito	04	Sericitación débil a moderada

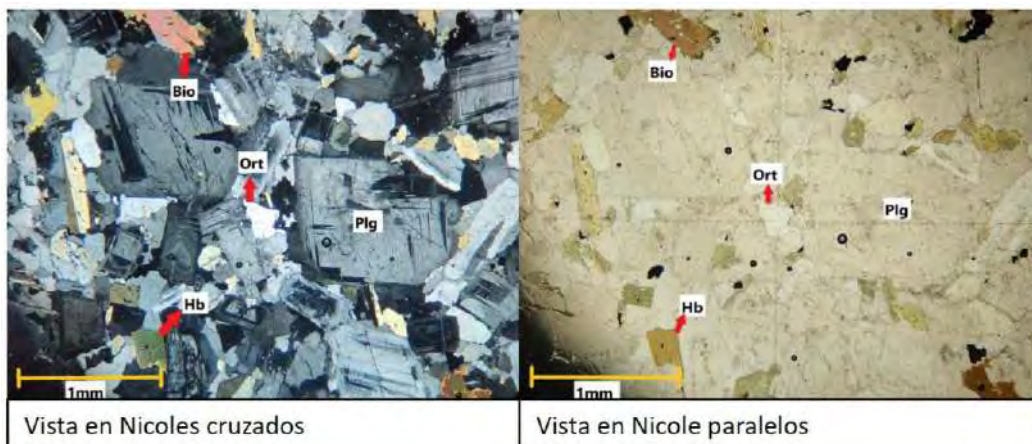


Foto 29 Fenos de plagioclasa en medio de una matriz intergranular, ortosa intersticial. Ferromagnesianos débilmente alterados a clorita y escasos granos de opacos (PS M – 25).

En la muestra PS M – 29 se observa una Diorita de hornblenda con textura Euhedralgranular > Subhedral inequigranular, débilmente porfídica. Específicamente listones entrelazados de plagioclasa con hornblenda, además de la siguiente composición mineralógica (ver Tabla 9):

Tabla 9 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra PS M – 29.

Minerales principales	%	Minerales accesorios	%	Minerales de alteración
Plagioclasas Na-Ca	64	Biotita	01	Magnetita débil de hornblenda
Feldespato K	05	Hornblenda	25	Clorita moderada de hornblenda
Cuarzo	03	Opacos, esfena	02	Sericitacion débil de plagioclasas

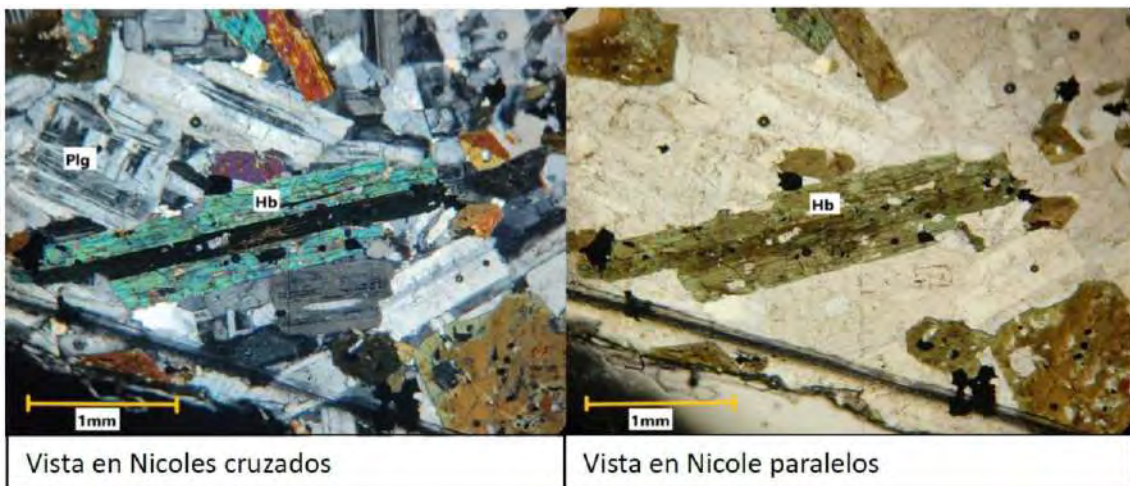


Foto 30 Hornblenda verde rodeada de listones entrelazados de plagioclasas (PS M – 29).

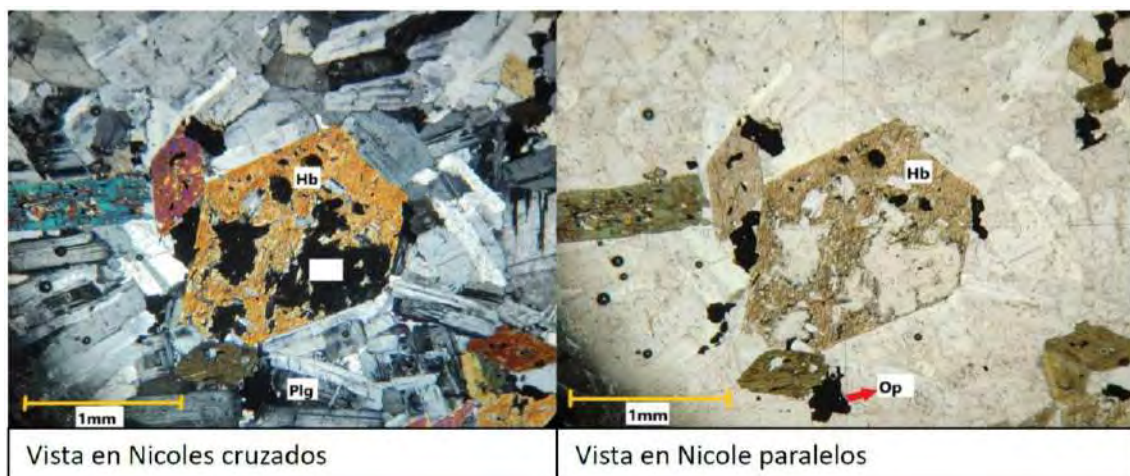


Foto 31 Hornblenda en la parte central, sección basal, pseudoexagonal y débilmente esquelética y prismática hacia la izquierda y moderados granos de opacos (PS M – 29).

En la muestra PS M – 11 se observa Cuarzodiorita de hornblenda con textura Euhedralgranular > Subhedral inequigranular, débilmente porfídica. Específicamente listones entrelazados de plagioclasa con hornblenda, con esquistosidad Milonítica, además de la siguiente de composición mineralógica (ver Tabla 10):

Tabla 10 Composición mineralógica de la muestra PS M – 11.

Minerales principales	%	Minerales accesorios	%	Minerales de alteración
Plagioclasa Na-Ca	42	Biotita	01	Magnetita débil a moderada de hornblenda
Feldespato K	05	Hornblenda	30	Cloritización moderada de la hornblenda
Cuarzo	20	Opacos, esfena	02	Sericitación débil de plagioclasas



Foto 32 Plagioclasa, hornblenda fracturada y el cuarzo con claras evidencias de deformación dúctil: Elongados (aplastados), con extinción ondulante, lamelas de deformación y recristalización de sus granos (microcristales) en una orientación (esquistosidad).

El skarn de cobre se presenta en afloramientos de cuerpos masivos y brechas hidrotermales, generalmente presenta una orientación de NE-SW. Los emplazamientos que se evidencia son a través de zonas de debilidad como fallas. En la zona de estudio también se evidencio la presencia de una veta de cuarzo piritita diseminada.

En la muestra PS M-13 se observa el Endoskarn de granate, de protolito ígneo de cuarzomonzonita de hornblenda con textura granoblástica poikilitica, de composición muy variable por cuanto el endomorfismo no ha sido uniforme ni completo en la roca intrusiva.

Considerandole un 60 % de minerales calcosilicatados por metasomatismo y 40% de minerales ígneos primarios (ver Tabla 11).

Tabla 11 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra PS M-13

Minerales principales	%	Minerales accesorios	%	Minerales de alteración
Grosularia/Andradita	40	Calcita	10	No presenta
Hornblenda	20	Cuarzo	15	No presenta
Diópsida	5	Plagioclasa	10	No presenta

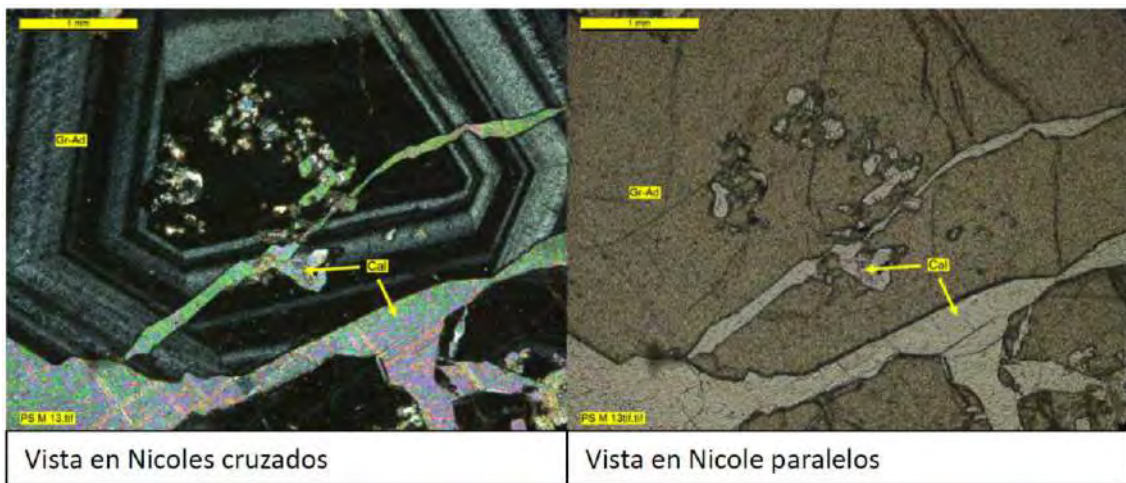


Foto 33 Granates zonados de la serie grosularia-andradita con una fase de unión de calcita esparítica. Cortados por venillas de calcita e inclusiones de granos de calcita y diópsida (PS M-13).

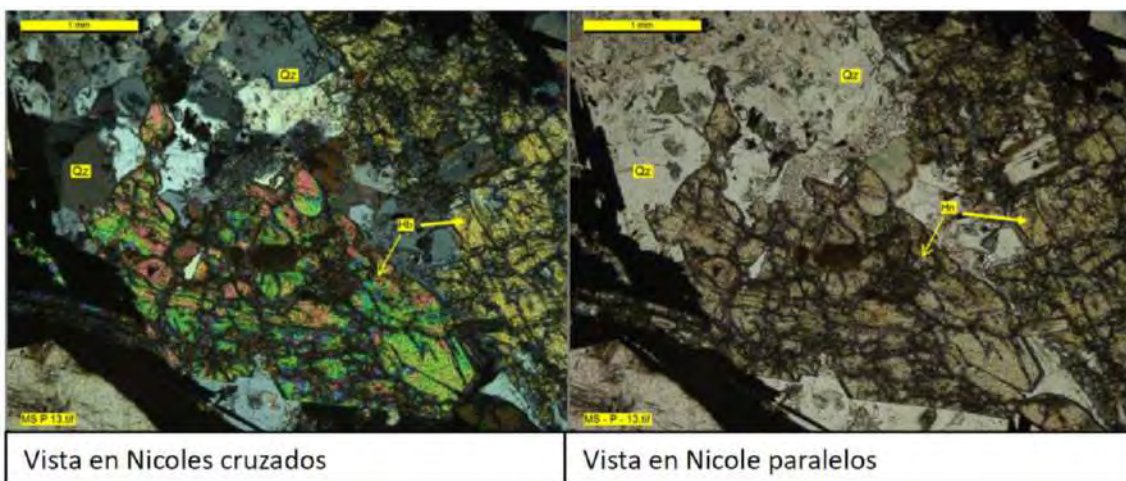


Foto 34 Hornblenda verde en sección basal, pseudo-hexagonal con alta birrefringencia (Central – derecha). Intercrecida con plagioclasa y cuarzo.

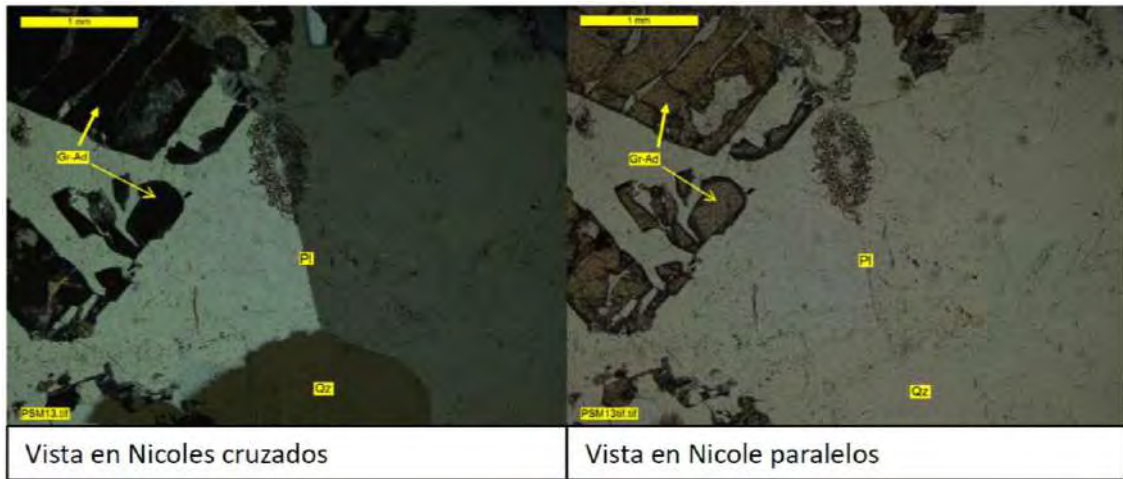


Foto 35 Granate incluido en plagioclasa. Metasomatismo en la cuarzo monzonita, originando su endomorfismo.



Foto 36 Vista en nicoles paralelos, donde resaltan los opacos (hematita – especlarita) asociada con calcita, plagioclasa Ca y diópsida.

Por otra parte, la roca caja, en este caso la caliza, representada por la muestra M - 02, sufrió una recristalización debido al contacto con las rocas intrusivas, teniendo como resultado zonas metamórficas de contacto de bajo grado entre las cuales tenemos calizas recristalizadas o mármoles con escasos silicatos de calcio, de textura granoblástica con granos más o menos equidistantes en contactos suturados, además de la siguiente composición mineralógica (ver Tabla 12):

Tabla 12 Composición mineralógica de la muestra. En la muestra M – 02.

Minerales principales	%	Minerales accesorios	%	Minerales de alteración
Calcita	93	Tremolita	03	Óxidos de Fe de la pirita
-	-	Opacos	04	-

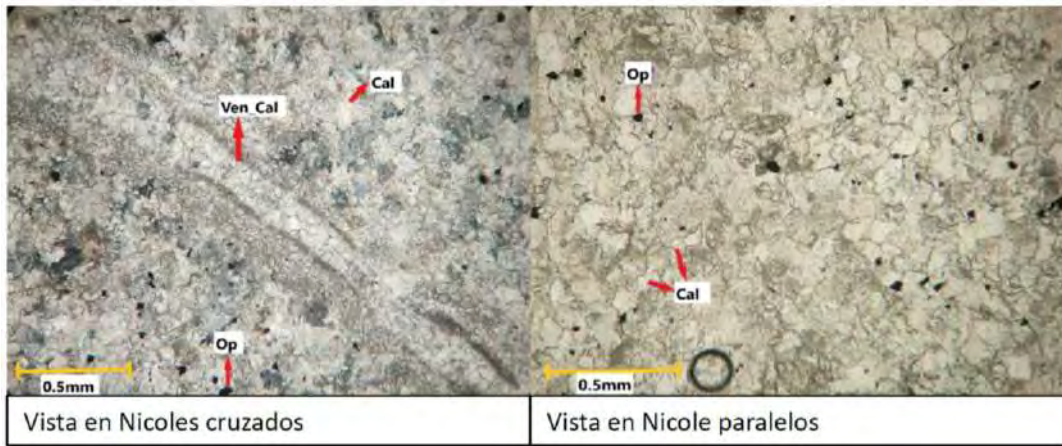


Foto 37 Mármol con granos de calcita inequigranulares, en contactos suturados. Cortado por una venilla postrera de calcita. Pirita finamente diseminada. Se observa mineralógicamente la Calcita anhedral; Tremolita con habito Prismático, subhedral; minerales opacos como Pirita diseminada y óxidos de Fe (Hematita-limonita).

Metalogénicamente el yacimiento Skarlent está ubicado dentro de la franja de Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno (Ver plano P-15), prueba de ello se tiene minerales de interés económico principalmente cobre como se puede apreciar en las secciones pulidas de las muestras:

MUESTRA: PS-M 17



Foto 38 Agregados intercrecidos de calcopirita con pirita en medio de ganga (Cuarzo monzonita).

MUESTRA: PS-M 20

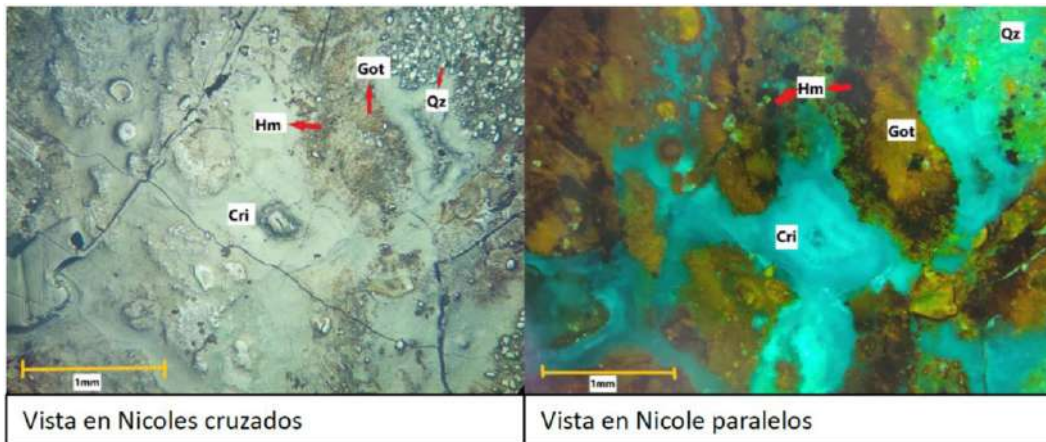


Foto 39 Depósito coloidal de crisocola, hematita e hidróxidos de Fe.

MUESTRA: PS-M - 21

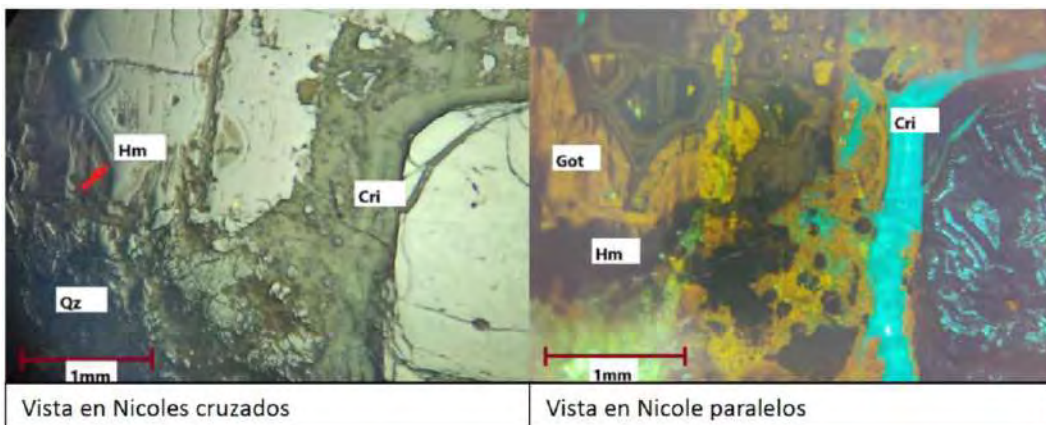


Foto 40 Crisocola en depósito coloidal con hematita y goethita.

MUESTRA: PS – M -18

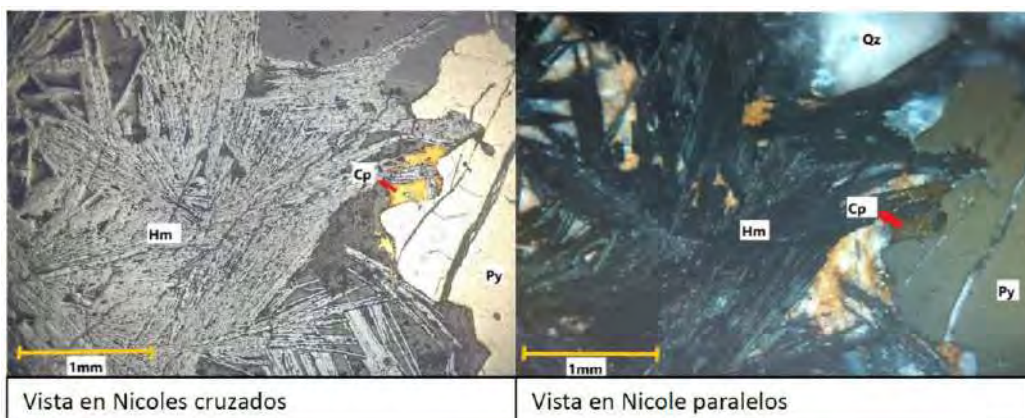


Foto 41 Inter crecimiento pirita – calcopirita y hematita magnética acicular.

MUESTRA: PS-M-24

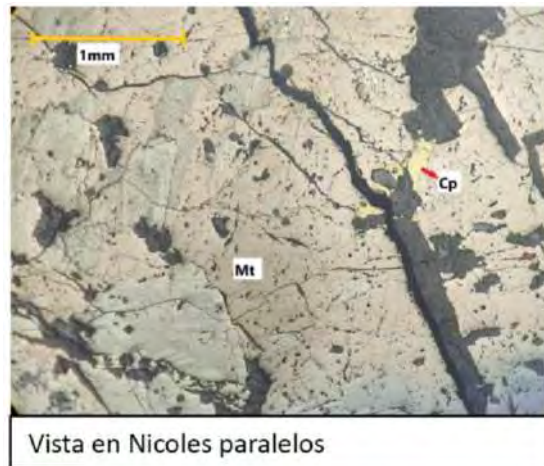


Foto 42 Magnetita masiva conteniendo escasos granos de calcopirita.

MUESTRA: PS-M-13-P

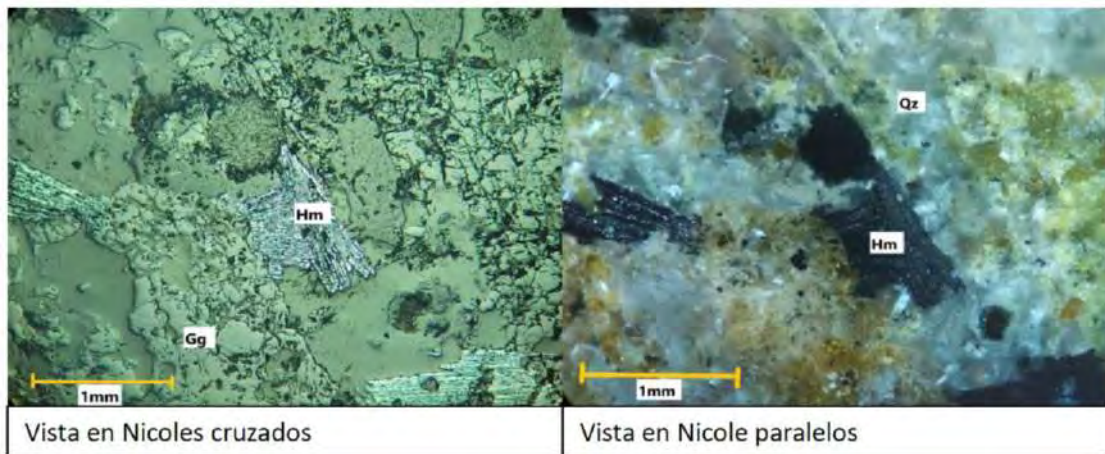


Foto 43 Skarn de granate grosularia – andradita con Hematita acicular y cuarzo.

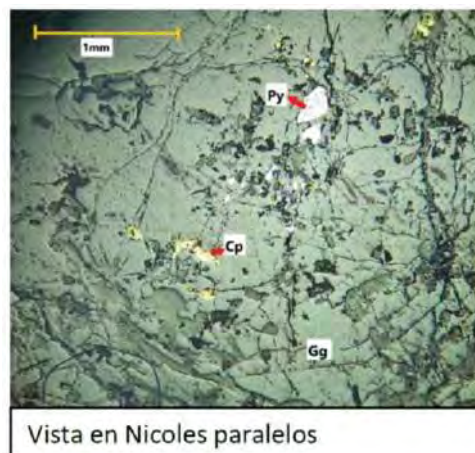


Foto 44 Skarn de granate grosularia – andradita con diseminaciones de calcopirita > pirita.

MUESTRA: PS-M-35 VISTA EN NICOLES PARALELOS

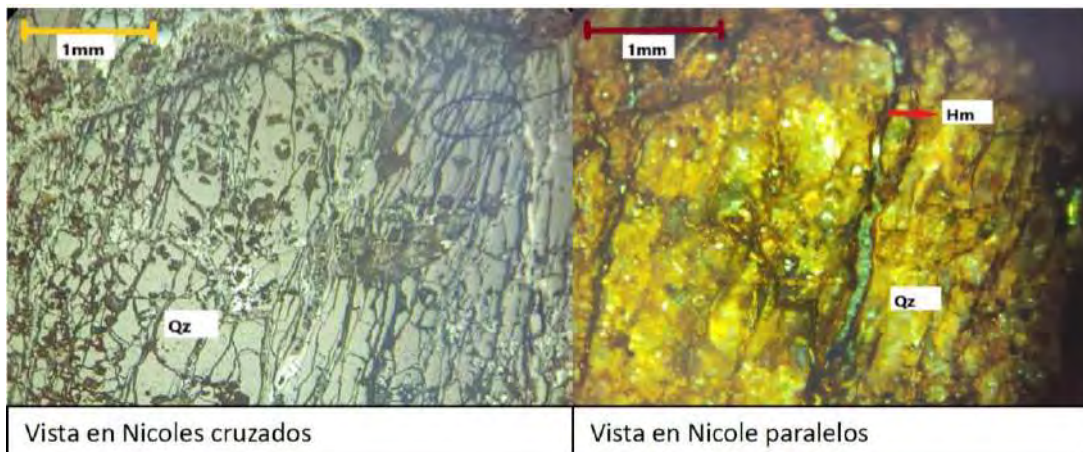


Foto 45 Venas y finas venillas entrelazadas de Hematita e hidróxidos de Fe entre granos de cuarzo.

Dentro del prospecto se identificó una veta de cuarzo con pirita diseminada, de la misma que se obtuvo una muestra en sección pulida.

MUESTRA: PS-V-2

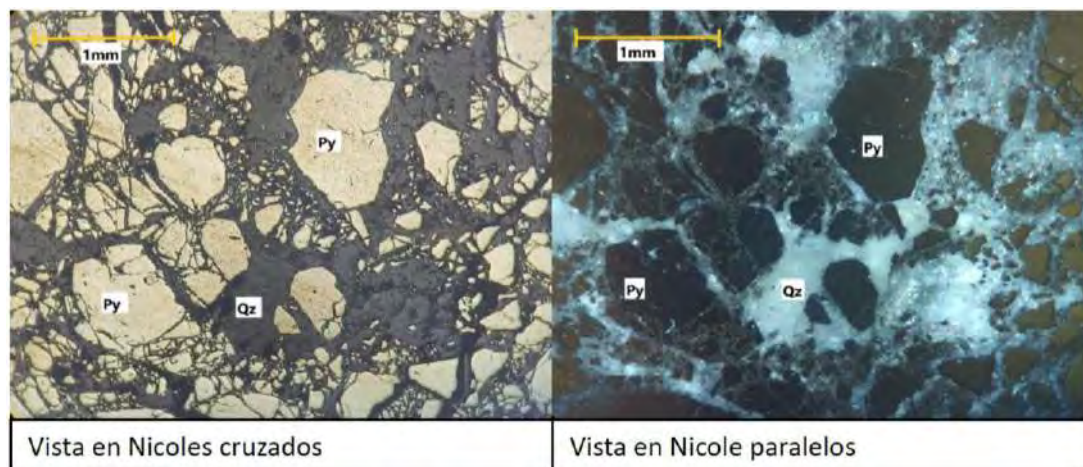


Foto 46 Alto contenido de pirita cizallada (fragmentada) en medio de cuarzo.

Debido a la intrusión de pórfidos en la zona de estudios, se da un proceso de mineralización en diferentes estadios, en primer lugar, la diorita de hornblenda dio apertura a que otros intrusivos ascendieran posteriormente, no obstante, este intrusivo no generó la formación de skarn económicamente rentable (ver Foto 20), posteriormente el ascenso de los pórfidos de cuarzomonzodiorita de hornblenda y cuarzo monzonita de hornblenda, generaron un proceso

de metamorfismo con su respectivo metasomatismo, es en este proceso donde se da la formación del skarn (ver Foto 19).

En el proceso de metasomatismo se generaron minerales calcosilicatados con sus respectivos ensambles mineralógicos característicos de los skarn, por otro lado, también se da un proceso de transporte y precipitación de mineral en iones, esto se dio por la afinidad que tienen los ligandos.

La influencia de ligandos Clorurados genero la precipitación de iones de Fe, Zn, Pb, Cu, Ag, Pd, Pt y Au, viéndose así en las muestras: PS-M-17, PS-M-20, PS-M-21 y PS-M-24, donde encontramos sulfuros y óxidos de Cu económicamente rentables, por otra parte, también ocurrió la influencia de ligandos Bisulfurados $Au > Ag > Cu$, esto se observó gracias a los altos niveles de plata encontrados en las muestras (ver plano geoquímico P-13). Posteriormente, en la intrusión del cuarzo monzonita de hornblenda no se encontró presencia de skarn, lo que nos da a entender que son diques postmineral. Finalmente, en la zona distal del pórfido se dio metamorfismo de las calizas observándose la recristalización de las calizas y en algunos sectores la formación de mármol, como se observa en la muestra M-02.

CAPITULO VII GEOLOGÍA ECONÓMICA

El estudio de geología económica es de gran importancia para poder conocer los recursos de minerales metálicos y no metálicos, considerando primordialmente en esta tesis los minerales metálicos. En este capítulo se realizó un análisis del yacimiento, basándose en la interpretación de los planos Geoquímicos A y B, el resultado de las leyes de laboratorio (ver Anexos 01 -14), los controles estructurales y litológicos para poder ver el valor económico que tiene el skarn.

Para la evaluación de la geología económica en la mineralización se analizaron muestras de mano buscando minerales de cobre económicamente rentables en sulfuros y óxidos, entre los cuales se encontraron calcopirita, bornita, tenorita, crisocola entre otros. El logueo geológico de estas muestras ayudó a determinar las diferentes zonas enriquecidas de otras con menor presencia de mineral.

7.1 ORIGEN DEL YACIMIENTO

El yacimiento fue producto de la intrusión de un plutón de cuarzo diorita de hornblenda, Y perteneciente al Batolito de Andahuaylas – Yauri al entrar en contacto con las calizas de la formación Arcurquina, realizando procesos de metamorfismo de contacto y metasomatismo, teniendo como resultado un depósito de tipo skarn con alto contenido de Cu y como elementos accesorios tenemos Ag y Au.

7.2 PROFUNDIDAD Y PRESIÓN DE FORMACIÓN

Según Meinert, Dipple y Nicolescu (2005), el desarrollo de skarn depende de la profundidad de formación, a niveles menos profundos el skarn metasomático tiene amplia extensión lateral que puede sobrepasar la aureola metamórfica como se pudo evidenciar en el prospecto Skarnlet, no obstante, en profundidad su extensión es relativamente pequeño comparado con la aureola de metamorfismo. Con respecto a los fluidos si el skarn está a mayor profundidad estos se concentran entre estratos o siguiendo un plano (ver Figura 7), en cambio a menor profundidad

los fluidos serán más pervasivos, generando una fracturamiento hidráulico, y granos más gruesos, en este caso el prospecto se encuentra en una zona intrermedia.

Por otra parte, Meinert (1983) indica que la evolución y variabilidad del skarn se da en etapas evolutivas asociadas a plutones. Inicialmente, se da la intrusión inicial, provocando el metamorfismo de las rocas sedimentarias aledañas (ver Foto 34). Luego, ocurre la recristalización metamórfica, así como también, los cambios de fase que reflejan las composiciones de protolitos con bimetasomatismo local y una circulación de fluidos que forman diversos minerales calcosilicatados a lo largo de los límites de dichos fluidos como se puede visualizar en las fotos de las secciones delgadas descritas en el capítulo anterior (ver Foto 30). Posteriormente, ocurre una cristalización y liberación de una fase acuosa dando como resultado una espuma metasomática controlada por fluido, por otra parte, está orientado verticalmente en comparación con el skarn lateralmente extenso, que localmente se extiende más allá de la aureola metamórfica cerca de la parte superior del sistema, como se da en el prospecto Skarnlet. Finalmente, se produce el enfriamiento del Plutón con su respectiva separación de la fase de vapor y la circulación de aguas meteóricas provenientes de la superficie, las cuales son de baja temperatura y pueden causar una alteración retrógrada de los ensambles de calcosilicatos metasomáticos y metamórficos (ver Figura 7).

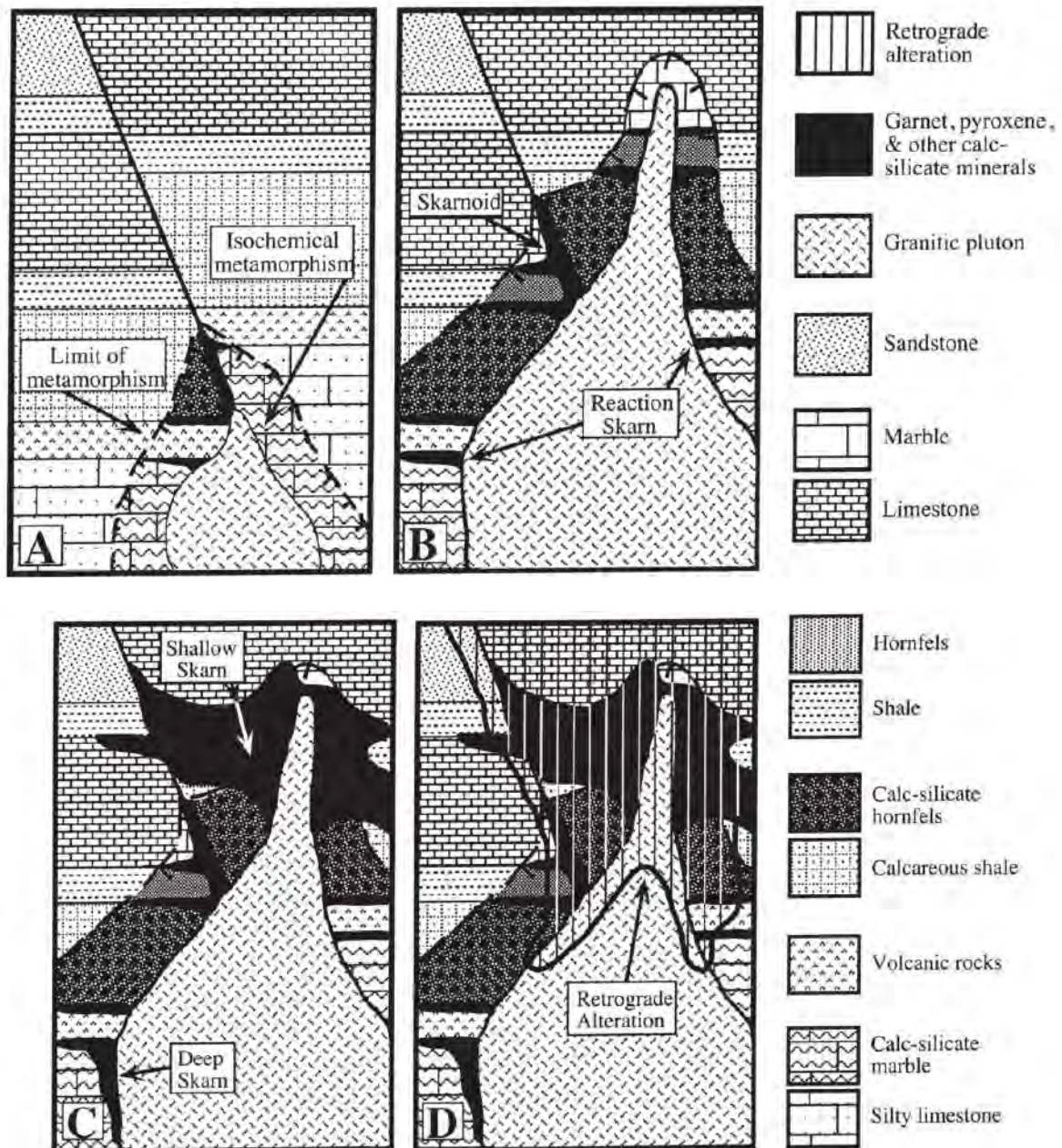


Figura 7 Etapas evolutivas de los depósitos de skarn asociados a plutones. Fuente: Modificado de Meinert (1983).

7.3 EVOLUCIÓN Y VARIABILIDAD DEL SKARN

La formación de un depósito de skarn del prospecto Skarnlet, fue un proceso dinámico que dependió de la presión, temperatura y distancia del posible pórfido de cuarzo monsoiorita de hornblenda. En la mayoría de los grandes depósitos de skarn el metasomatismo tardío-proximal da como resultado mineral de grano grueso de skarn como se puede observar en la zona de

estudio, y para una transición de metamorfismo temprano-distal tenemos un resultado en hornfels, no obstante en el prospecto se observa en mínima cantidad; como también las fuertes gradientes de temperatura y circulación de líquidos hacen cambios en la composición y textura, causados por la intrusión magmática (Norton, 1982; Salemink y Schuiling, 1987; Bowers et al.1990).

La formación de depósitos de tipo skarn en el prospecto Skarlent, involucra esencialmente tres etapas (ver Figura 8):

1. Metamorfismo isoquímico.
2. Etapas múltiples de metasomatismo asociadas a los ligandos y ensambles mineralógicos.
3. Alteración retrógrada en gran potencia en la zona de Unuyoq.

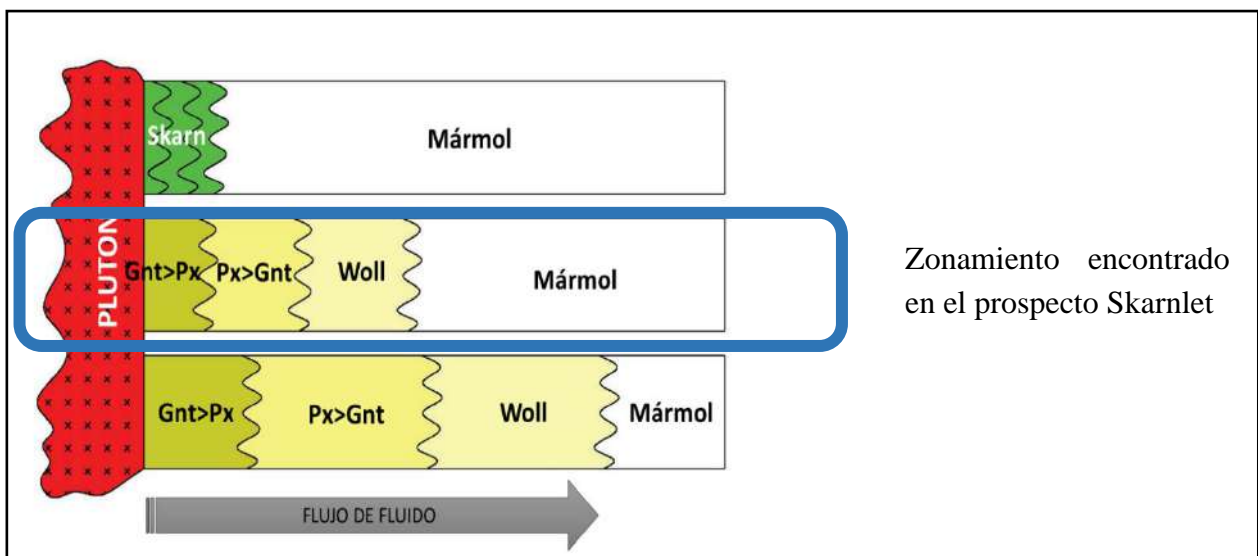


Figura 8 Zonación típica de skarns de acuerdo al avance del fluido. Fuente: Modificado de Meinnert (2005).

7.4 PARAGÉNESIS DEL SKARN

Según Ramos (2016), la paragénesis del skarn viene a ser el orden cronológico de deposición de minerales que conforman un skarn, es decir el cambio de composición de un fluido

mineralizador durante su transcurso a través de las rocas huésped, donde cambian su composición química, salinidad y pH desde su fuente hasta llegar a sectores con menor presión y disminuyendo su temperatura en el transcurso. Durante estos cambios los minerales de mena y ganga transitan hasta llegar a sus respectivas constantes de equilibrio iónico, generando ensambles mineralógicos característicos, ya sean en el endoskarn o exoskarn. Según la descripción de las secciones delgadas y pulidas, como también los resultados de los análisis de laboratorio y los minerales presentes se tiene una secuencia paramagnética para el prospecto Skarnlet.

El prospecto Skarnlet contiene una paragénesis metálica con Cu, Ag y Au, singular en el contexto metalogenético del batolito Andahuaylas – Yauri apoyándonos en el esquema de evolución magmática en el Batolito Andahuaylas-Yauri (Cueva, 2014), el método para obtener esta paragénesis fue analítico, donde nos apoyamos en las características geológicas y los procesos geológicos que se mencionan en los capítulos anteriores. La mineralización se encuentra relacionada con el contacto entre un pórfido de cuarzo monzonita de hornblenda y rocas carbonatadas de la Formación Arcurquina. El depósito es de tipo skarn y permite distinguir una etapa de mineralización progradada de granate, piroxeno y una fase retrograda con calcita, epidota, clorita y sulfuros. Los minerales metálicos son calcopirita, bornita, tenorita, malaquita.

7.5 INTERPRETACIÓN DE LA FORMACIÓN DEL SKARN EN EL PROSPECTO SKARNLET

El emplazamiento de diorita en el Eoceno generó zonas favorables para la posterior intrusión de pórfidos, stocks y diques, por otra parte, la interacción de fuerzas de compresión y distensión mediante fallas regionales también tuvieron un papel importante para preparar una zona favorable en el ascenso de pórfidos provenientes del Batolito Andahuaylas – Yauri.

Las fallas locales que ocurrieron en el prospecto Skarnlet generaron zonas de debilidad, las cuales ayudaron en la intrusión de pórfidos de cuarzo monzonita, generando así un skarn de Cu, debido a los procesos de metamorfismo y metasomatismo que ocurrieron en las rocas huésped.

Los parámetros de transporte y precipitación de mineral más importantes en la formación de los skarn del prospecto Skarnlet fueron los ligandos clorurados y bisulfurados, explicando el aumento de las leyes de Au y Ag, formándose así finalmente un yacimiento de tipo skarn rico en Cu, Ag, Au.

Para mayor entendimiento de la formación del prospecto se realizaron secciones geológicas basándose en la interpretación geológica con datos tomados del mapeo geológico (fallas, estructuras, afloramientos, rumbos y buzamientos) de campo y el plano geológico local, lo cual dio como resultado un modelo geológico idealizado del prospecto Skarnlet (ver figura 9).

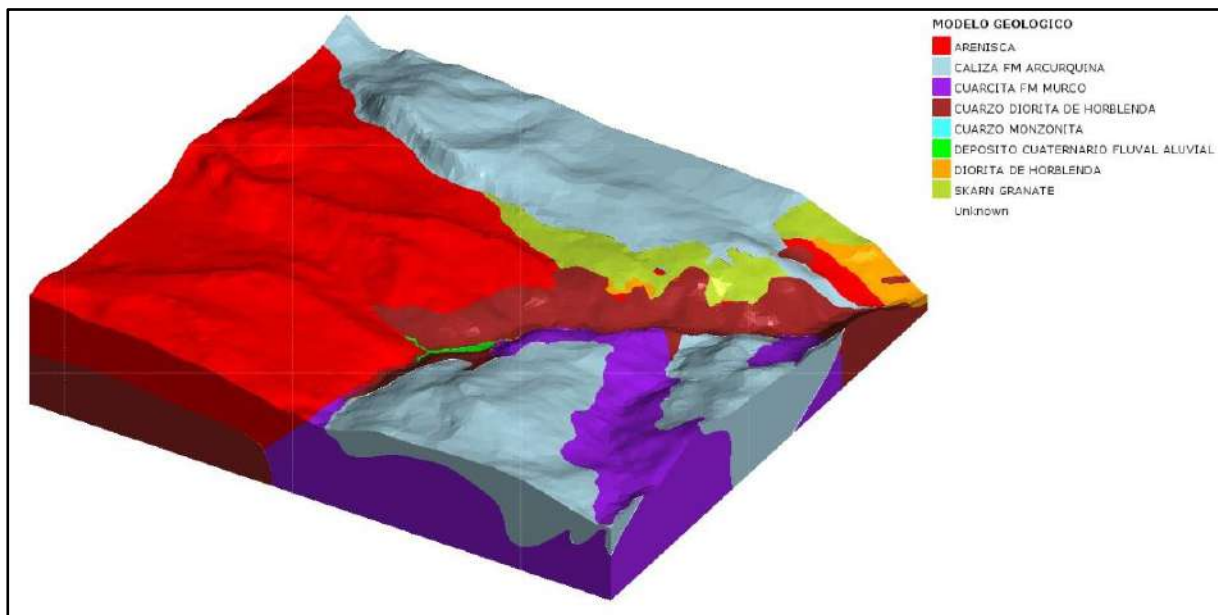
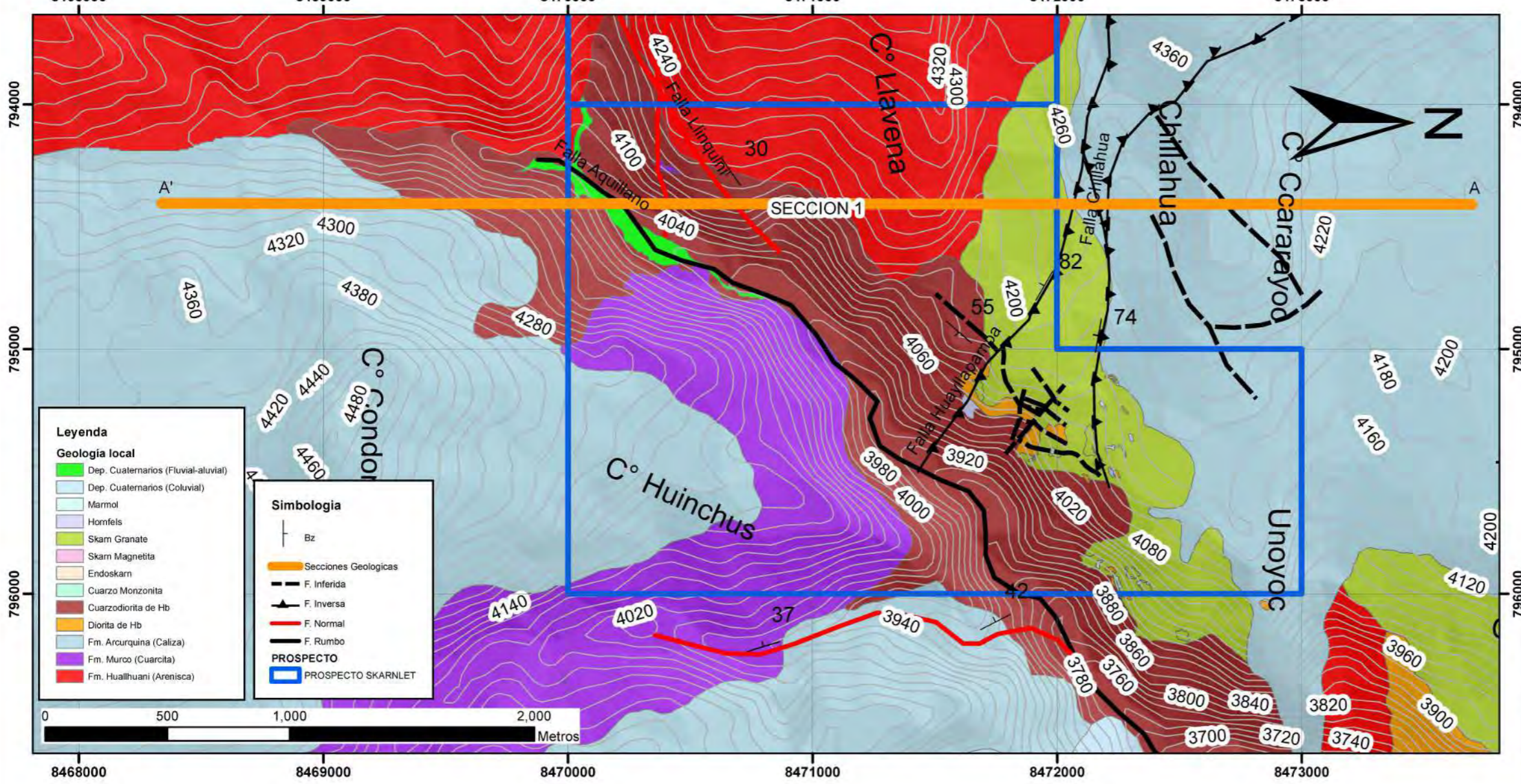
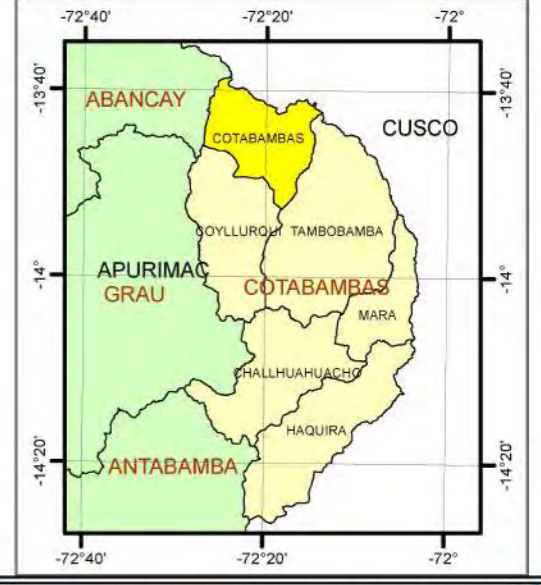
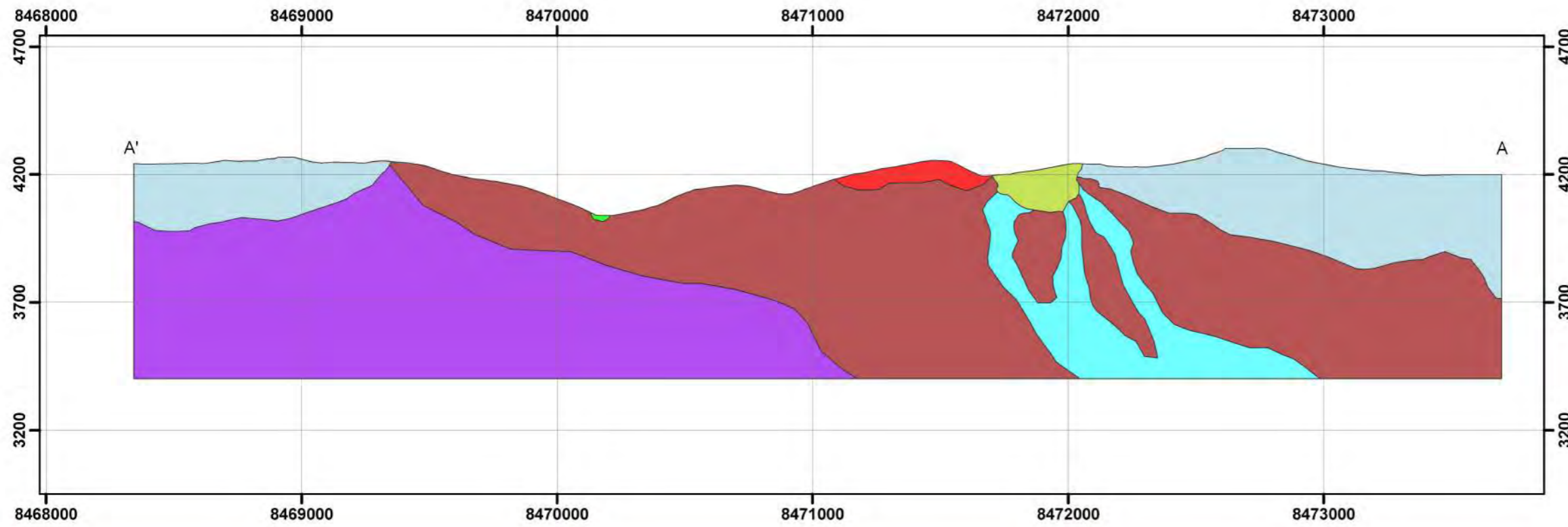


Figura 9 Modelo geológico idealizado del prospecto Skarnlet. Fuente: Elaboración propia.



Leyenda

Geología local

- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Cokuial)
- Marmol
- Homfels
- Skam Granate
- Skam Magnetita
- Endoskam
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Huallhuani (Arenisca)

Simbología

- Bz
- Secciones Geologicas
- F. Inerida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"

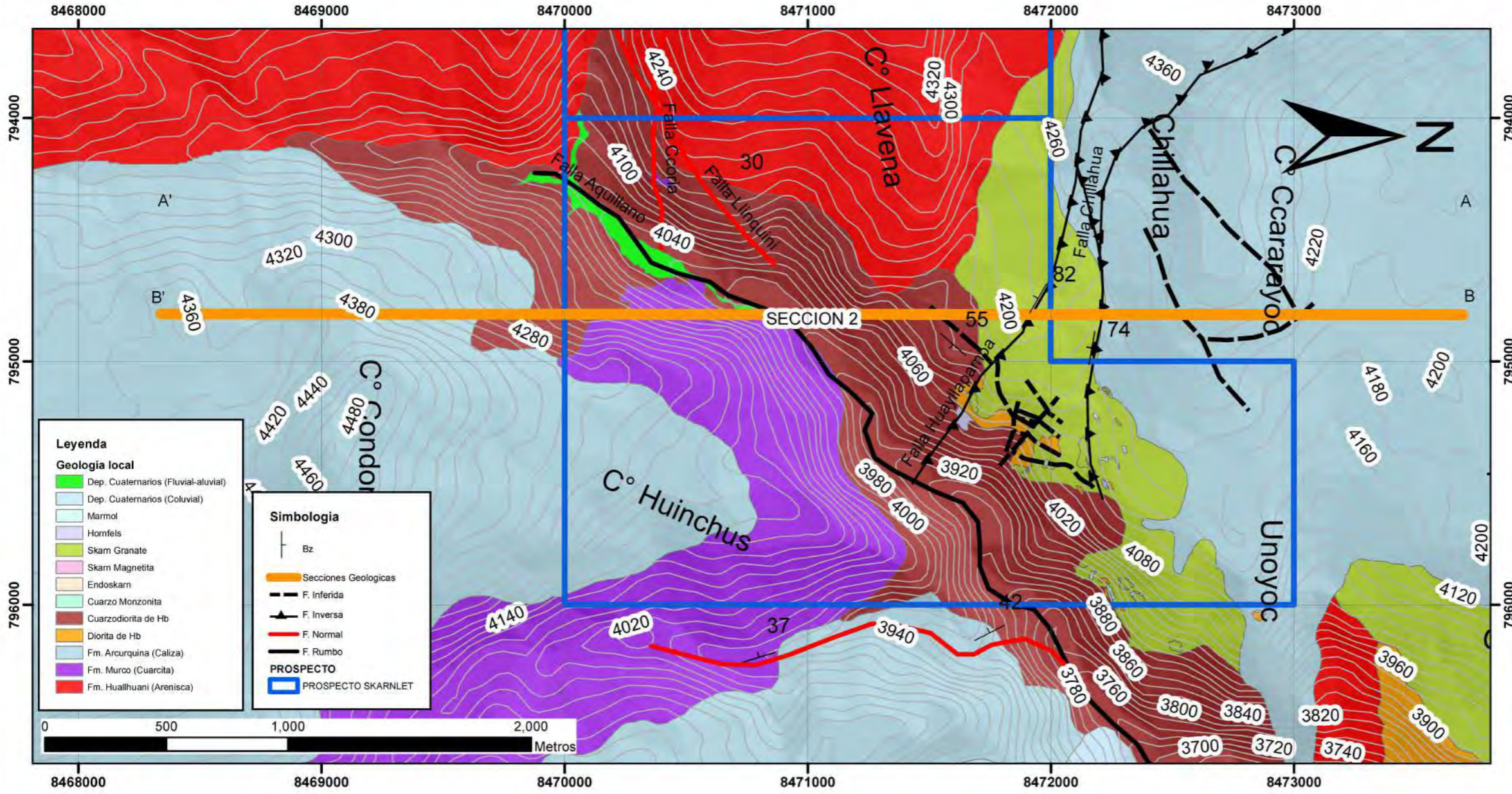
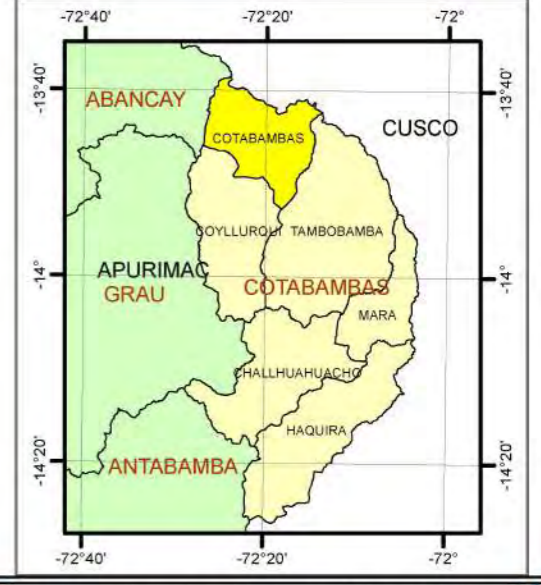
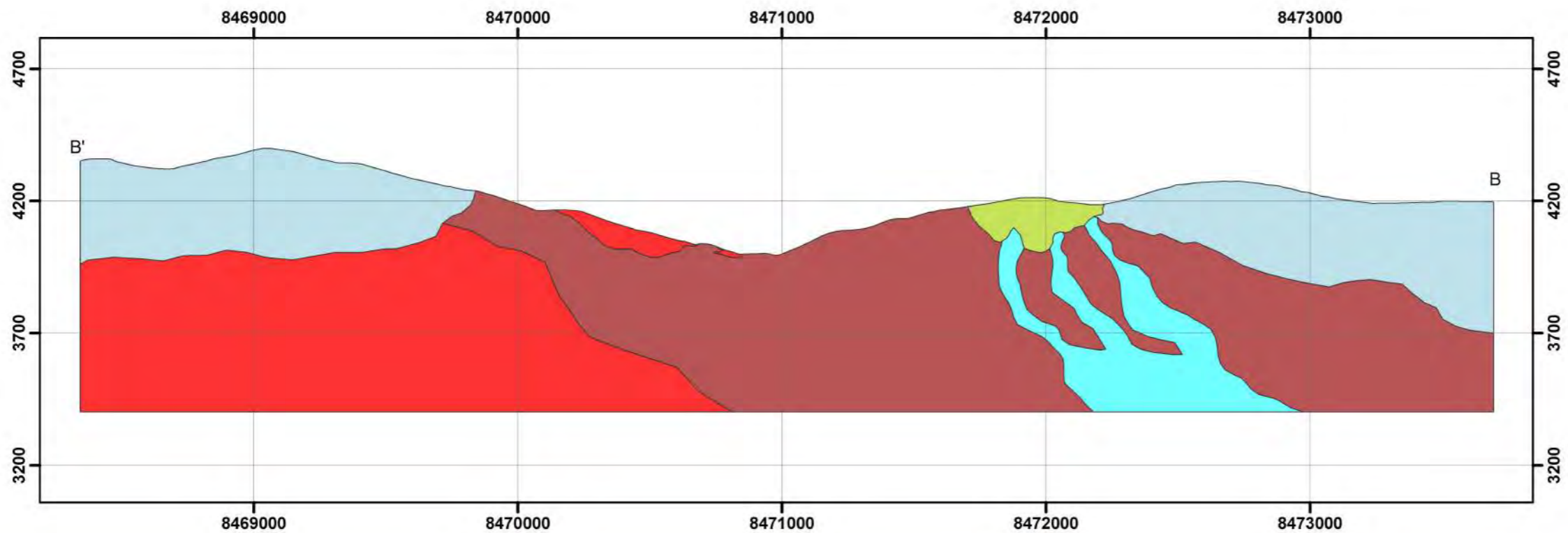
SECCION GEOLOGICA 1

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I MEDINA H. y Bach. J ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: S-01

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000



Leyenda

Geología local

- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Cokuial)
- Marmol
- Homfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskarn
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Huallhuani (Arenisca)

Simbología

- Bz
- Secciones Geologicas
- F. Inferida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURIMAC"

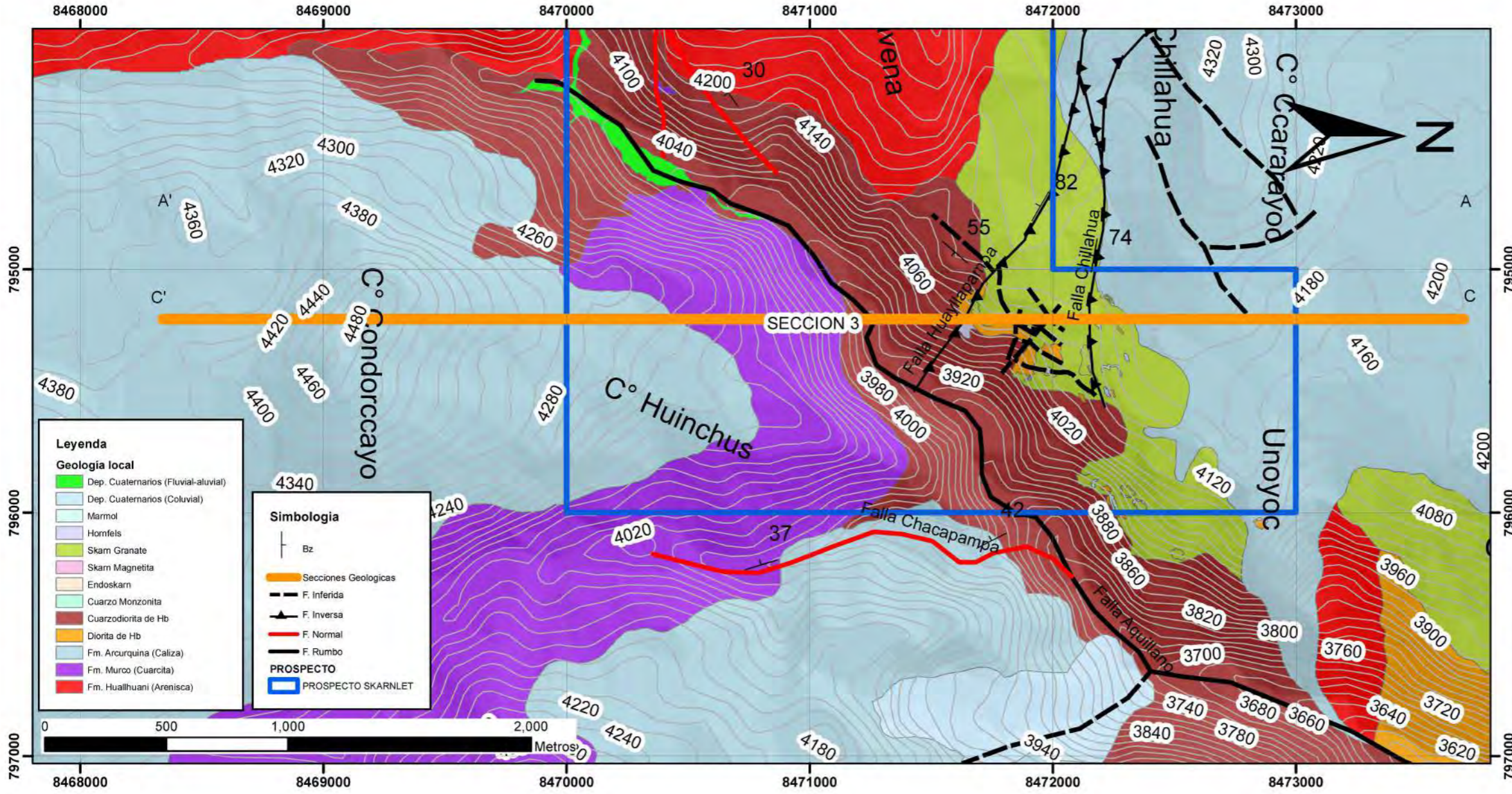
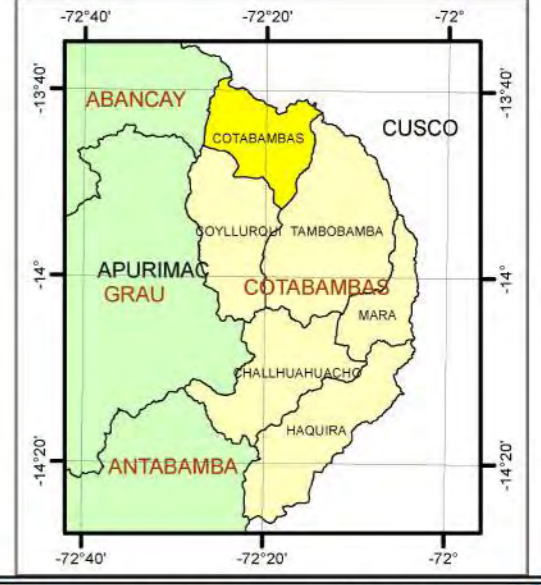
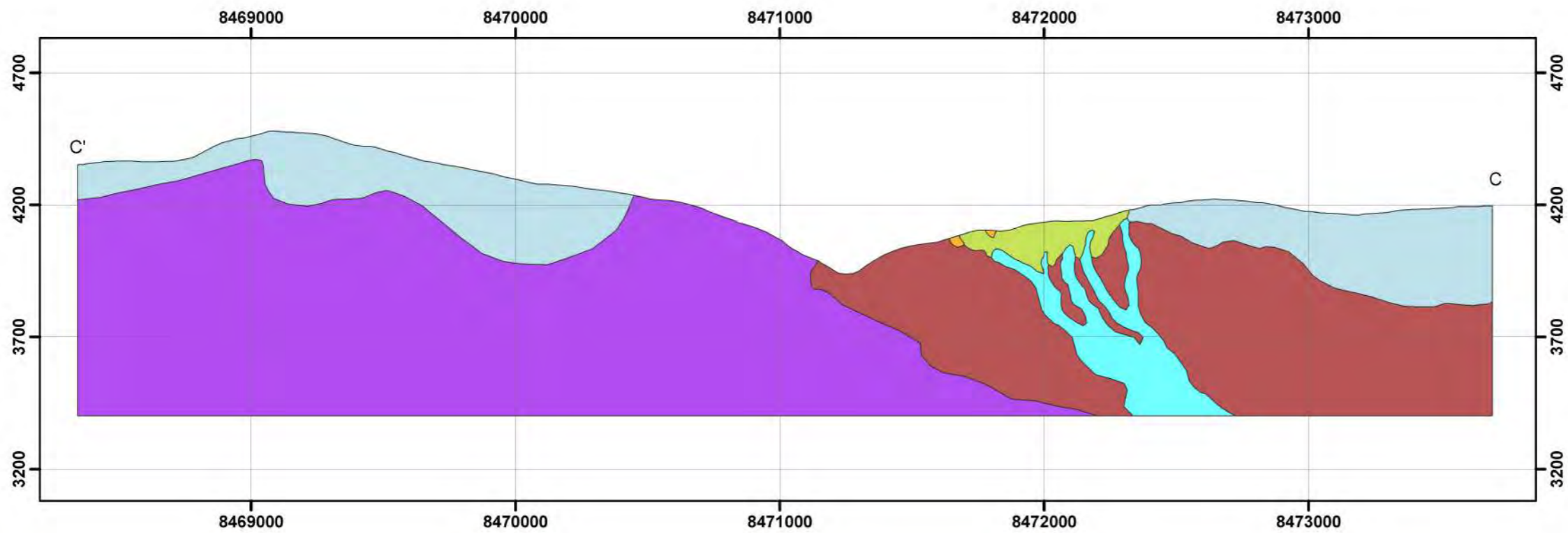
SECCION GEOLOGICA 2

DISTRITO: COTABAMBA PROVINCIA: COTABAMBA DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I MEDINA H. y Bach. J ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: S-02

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000



Leyenda

Geología local

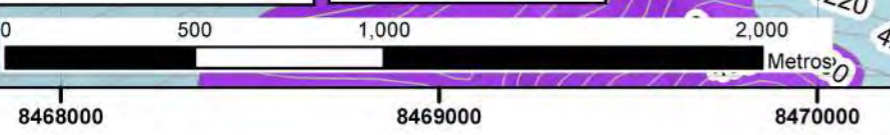
- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Coluvial)
- Marmol
- Hornfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskarn
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Hualhuaní (Arenisca)

Simbología

- Bz
- Secciones Geológicas
- F. Inferida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo

PROSPECTO

- PROSPECTO SKARNLET



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURIMAC"

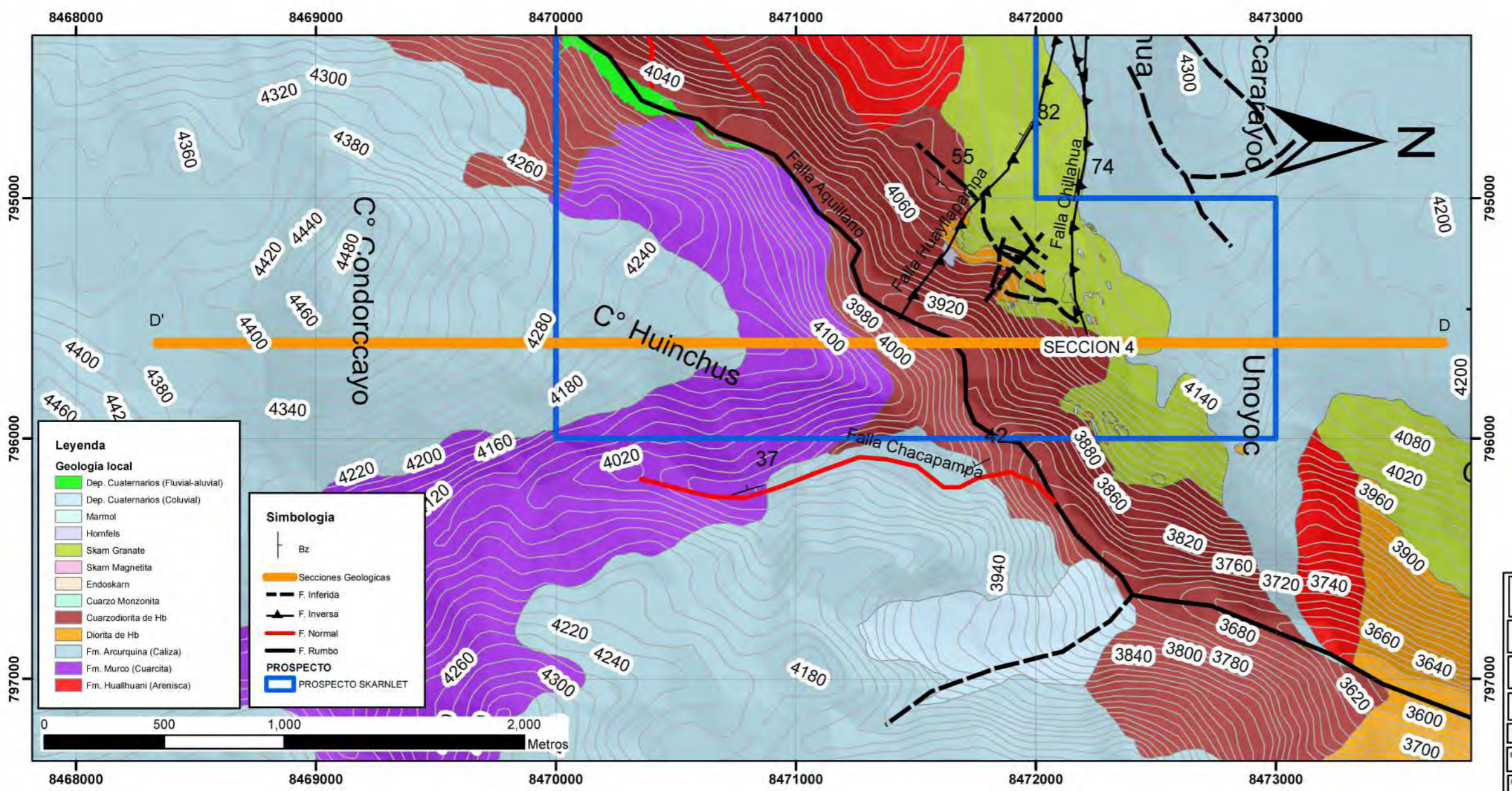
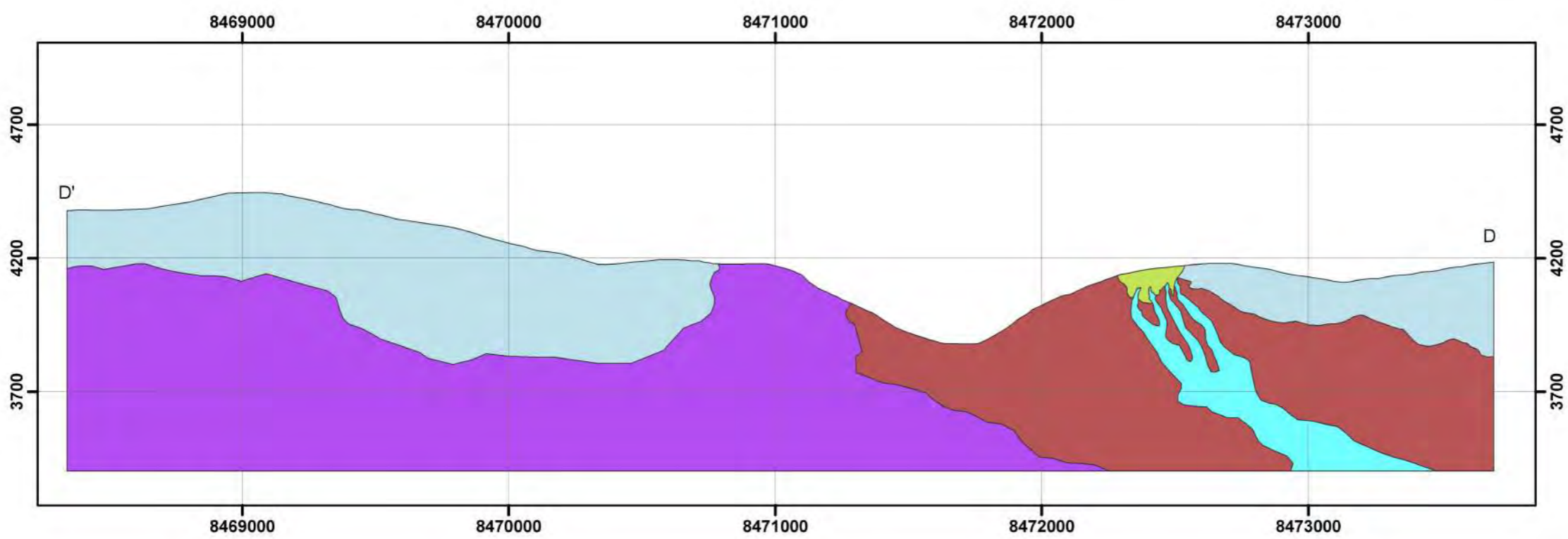
SECCION GEOLOGICA 3

DISTRITO: COTABAMBA PROVINCIA: COTABAMBA DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I MEDINA H. y Bach. J ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: S-03

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000



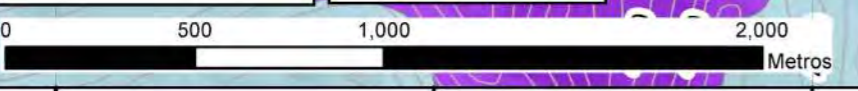
Leyenda

Geología local

- Dep. Cuaternarios (Fluvial-aluvial)
- Dep. Cuaternarios (Cokuial)
- Marmol
- Homfels
- Skarn Granate
- Skarn Magnetita
- Endoskarn
- Cuarzo Monzonita
- Cuarzodiorita de Hb
- Diorita de Hb
- Fm. Arcurquina (Caliza)
- Fm. Murco (Cuarcita)
- Fm. Huallahuani (Arenisca)

Simbología

- Bz
- Secciones Geologicas
- F. Inerida
- F. Inversa
- F. Normal
- F. Rumbo
- PROSPECTO
- PROSPECTO SKARNLET



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURIMAC"

SECCION GEOLOGICA 4

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

ELABORADO POR: Bach. I MEDINA H. y Bach. J ALLER D. DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: S-04

FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 20,000

7.6 CARACTERÍSTICAS METALOGENÉTICAS DEL YACIMIENTO SKARNLET

El prospecto Skarnlet está ubicado en la franja de Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno (ver plano P-15), que fue elaborado por INGEMMET (2020), ubicados en la cordillera occidental y el altiplano de las regiones de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno. La mineralización está relacionada con rocas del batolito Andahuaylas - Yauri del Eoceno - Oligoceno, controlados por los sistemas de fallas Cusco - Lagunillas - Mañazo, Urcos-Sicuani-Ayaviri, Abancay - Andahuaylas - Totos - Chincheros - Licapa y Abancay - Condoroma – Caylloma (ver figura 10). Los intrusivos son de composición magmática intermedia a ácida y están relacionados con la mineralización Cu-Mo-Au y en el contacto con secuencias carbonatadas (calizas y dolomitas) del Albiano-Turoniano que al entrar en contacto generan cuerpos de skarn de Cu-Zn.

Según Acosta (2020), las franjas metalogenéticas están definidas en base a dominios geotectónicos y sistemas de fallas regionales, existe una clasificación de depósitos de minerales por operaciones y proyectos mineros (ver plano P-16), los cuales tienen características similares debido a que los genera el Batolito Andahuaylas - Yauri. Los yacimientos más representativos que encontramos en esta franja son Tintaya, Antapacay, Las Bambas, Cotabambas, Haquira, Antillas, los Chancas, entre otros (ver plano P-16). Las edades de mineralización están registradas entre 42 y 30 Ma. Es importante mencionar que la falla Cotabambas y la falla Record jugaron un papel importante en la formación de los yacimientos de Cotabambas, Chaccaro, Accha, Alicia y las Bambas (ver Figura 10).

La zona de estudio está influenciada por el batolito Andahuaylas – Yauri, donde encontramos rocas intrusivas de cuarzomonzonita de hornblenda, generando primeramente un skarn de cobre y en un evento posterior el skarn sufrió un segundo metasomatismo y así se generó un skarn de Cu y Au.

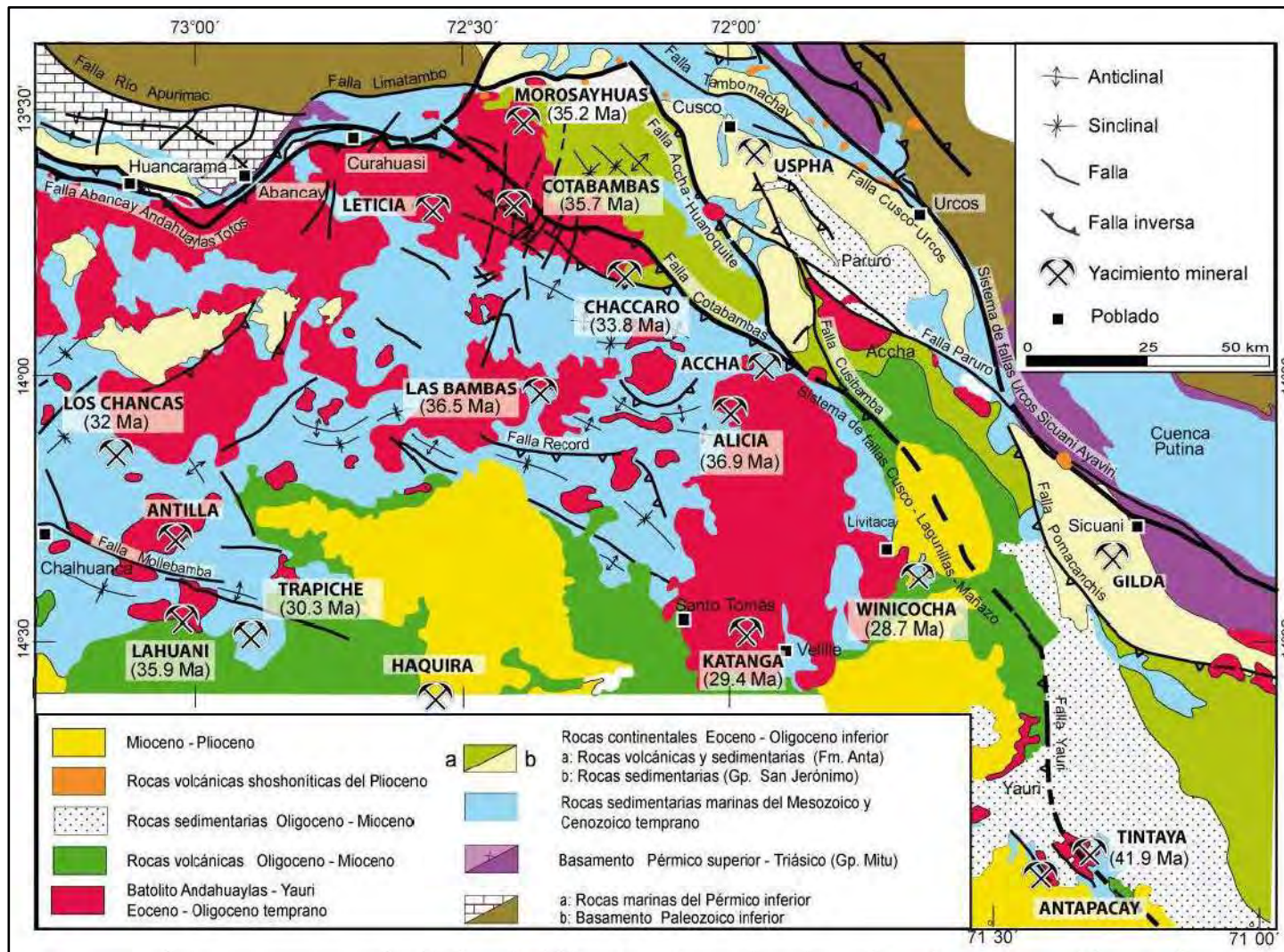
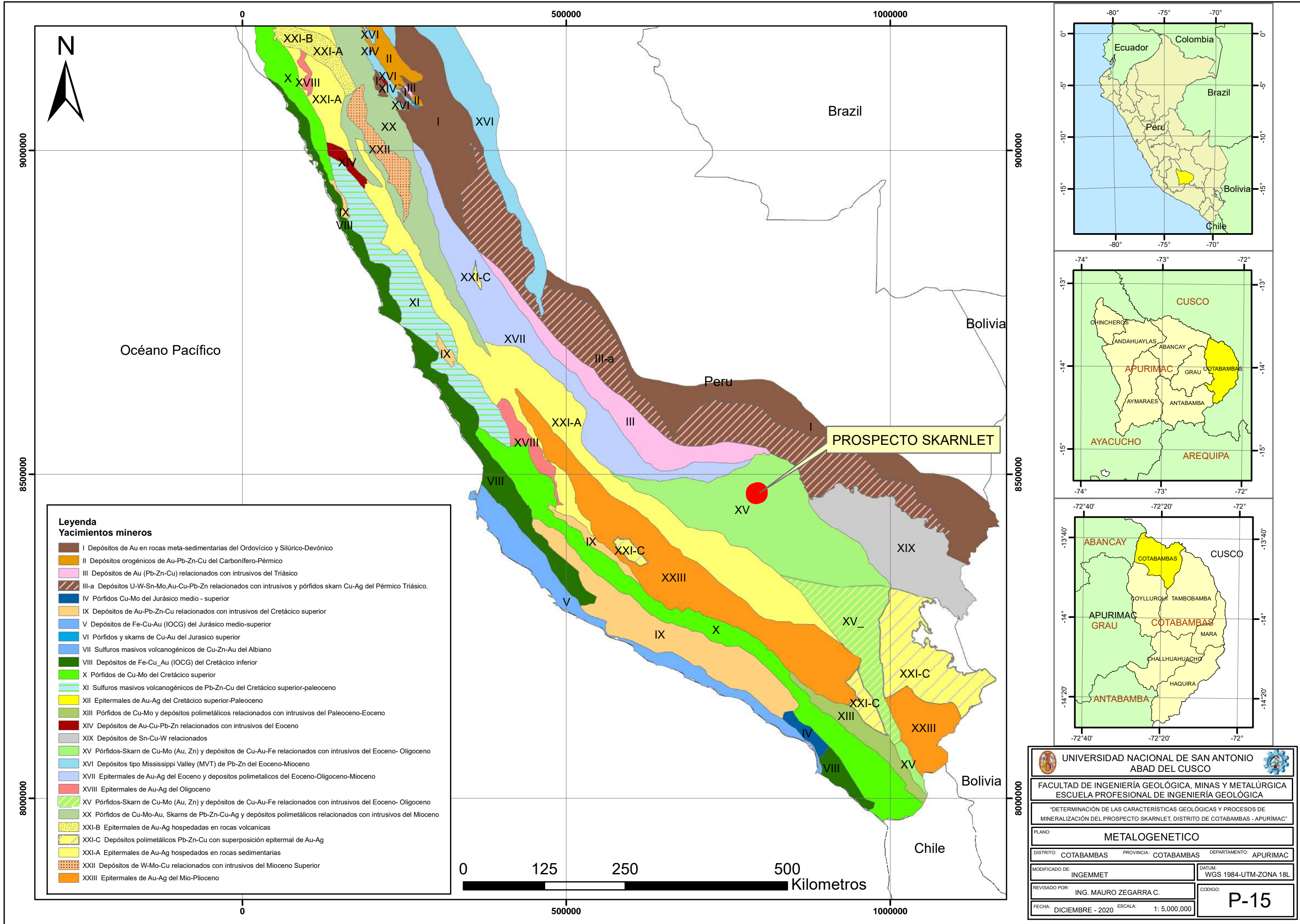


Figura 10 Geología y yacimientos principales de la franja de pórfidos y skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno del Batolito Andahuaylas-Yauri. Fuente: Carlotto (1998),



- Leyenda Yacimientos mineros**
- I Depósitos de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Silúrico-Devónico
 - II Depósitos orogénicos de Au-Pb-Zn-Cu del Carbonífero-Pérmico
 - III Depósitos de Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos del Triásico
 - III-a Depósitos U-W-Sn-Mo,Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos skarn Cu-Ag del Pérmico Triásico.
 - IV Pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio - superior
 - IX Depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos del Cretácico superior
 - V Depósitos de Fe-Cu-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior
 - VI Pórfidos y skarns de Cu-Au del Jurásico superior
 - VII Sulfuros masivos volcanogénicos de Cu-Zn-Au del Albiano
 - VIII Depósitos de Fe-Cu_Au (IOCG) del Cretácico inferior
 - X Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior
 - XI Sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-paleoceno
 - XII Epitermales de Au-Ag del Cretácico superior-Paleoceno
 - XIII Pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Paleoceno-Eoceno
 - XIV Depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Eoceno
 - XIX Depósitos de Sn-Cu-W relacionados
 - XV Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno
 - XVI Depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno
 - XVII Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno
 - XVIII Epitermales de Au-Ag del Oligoceno
 - XV Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno
 - XX Pórfidos de Cu-Mo-Au, Skarns de Pb-Zn-Cu-Ag y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Mioceno
 - XXI-B Epitermales de Au-Ag hospedadas en rocas volcánicas
 - XXI-C Depósitos polimetálicos Pb-Zn-Cu con superposición epitermal de Au-Ag
 - XXI-A Epitermales de Au-Ag hospedados en rocas sedimentarias
 - XXII Depósitos de W-Mo-Cu relacionados con intrusivos del Mioceno Superior
 - XXIII Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO
 ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBAS - APURÍMAC"

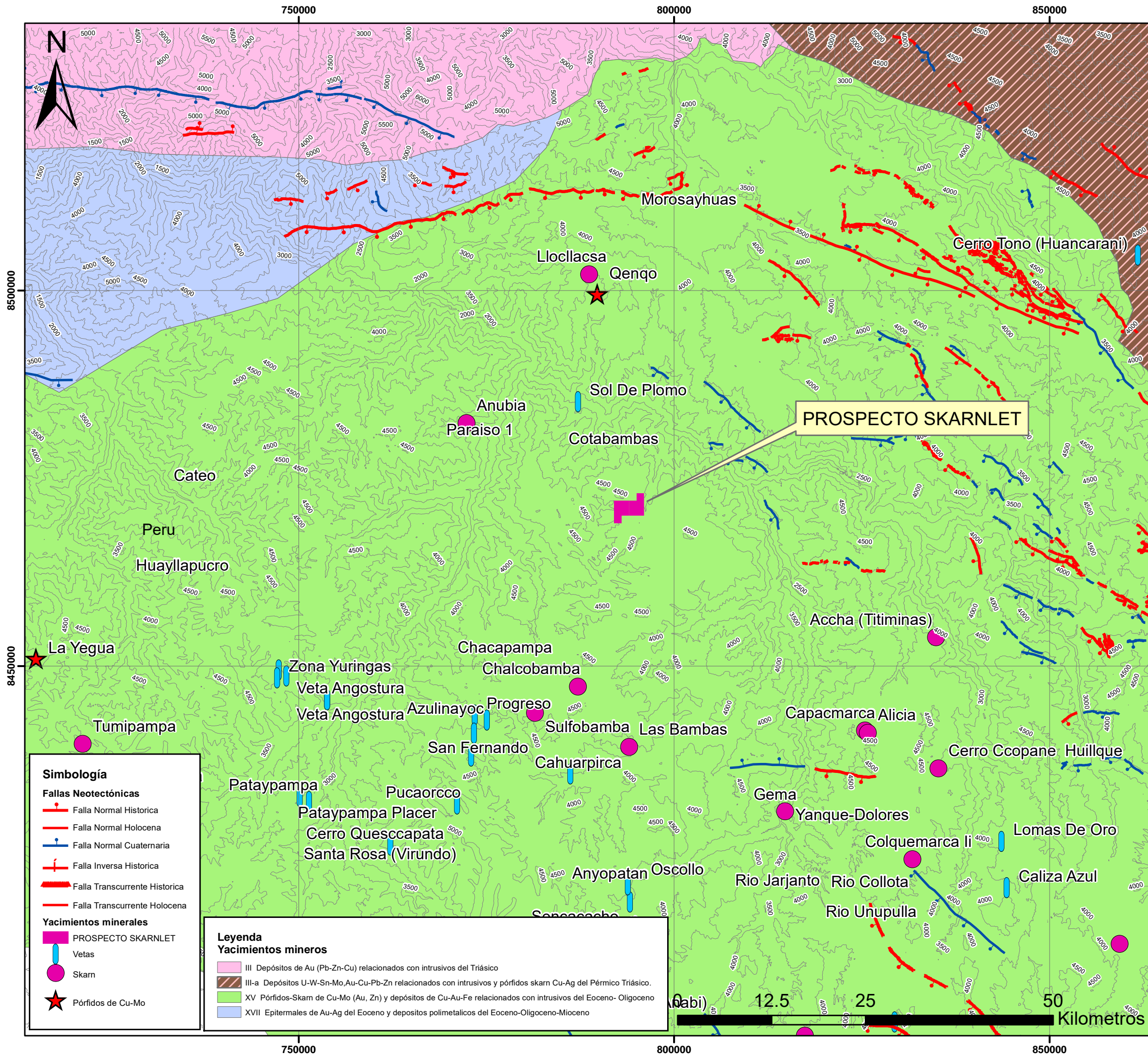
PLANO: **METALOGENETICO**

DISTRITO: COTABAMBAS PROVINCIA: COTABAMBAS DEPARTAMENTO: APURIMAC

MODIFICADO DE: INGEMMET DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L

REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C. CODIGO: **P-15**

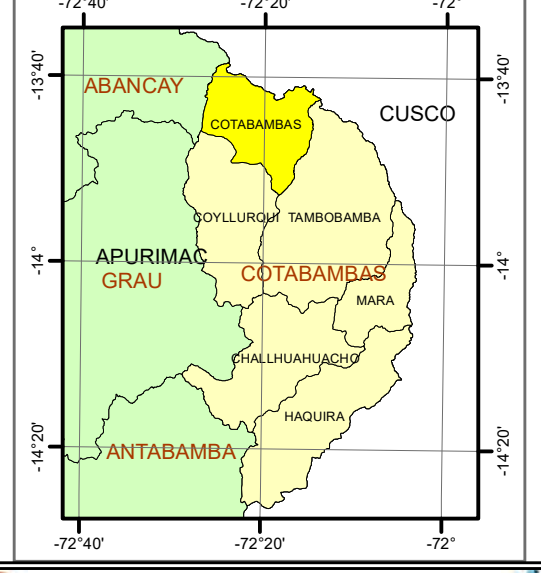
FECHA: DICIEMBRE - 2020 ESCALA: 1: 5,000,000



PROSPECTO SKARNLET

- Simbología**
- Fallas Neotectónicas**
- Falla Normal Historica
 - Falla Normal Holocena
 - Falla Normal Cuaternaria
 - Falla Inversa Historica
 - Falla Transcurrente Historica
 - Falla Transcurrente Holocena
- Yacimientos minerales**
- PROSPECTO SKARNLET
 - Vetas
 - Skarn
 - Pórfidos de Cu-Mo

- Leyenda**
- Yacimientos mineros**
- III Depósitos de Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos del Triásico
 - III-a Depósitos U-W-Sn-Mo, Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos skarn Cu-Ag del Pérmico Triásico.
 - XV Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno- Oligoceno
 - XVII Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depositos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO		
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
"DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y PROCESOS DE MINERALIZACIÓN DEL PROSPECTO SKARNLET, DISTRITO DE COTABAMBA - APURÍMAC"		
PLANO: METALOGENETICO - YACIEMENTOS		
DISTRITO: COTABAMBA	PROVINCIA: COTABAMBA	DEPARTAMENTO: APURIMAC
MODIFICADO DE: INGEMMET	DATUM: WGS 1984-UTM-ZONA 18L	
REVISADO POR: ING. MAURO ZEGARRA C.	CODIGO: P-16	
FECHA: DICIEMBRE - 2020	ESCALA: 1: 500,000	

CONCLUSIONES

Primero. - El Prospecto Skarlent es un yacimiento del tipo Skarn de Cu, que se presenta por el contacto del intrusivo cuarzo monzonita de hornblenda y calizas Arcurquina.

Segundo. - La zona de estudio se encuentra entre la ladera de montañas con pendientes que oscilan entre 15-25%, al este del prospecto encontramos una superficie de puna y morrenas con altitudes de 4200- 4400 msnm. Por otra parte, existe un valle fluvial que se encuentra en la zona este del prospecto con una dirección NE-SW.

Tercero. - Las fallas locales de dirección NW - SE y NE-SW han jugado un papel importante, puesto que generaron zonas de debilidad las cuales fueron aprovechadas para emplazamiento del pórfido de cuarzo monzonita.

Cuarto. - En la interpolación de datos geoquímicos realizadas para los siguientes elementos: Cu, Au, Ag y Mo, indican zonas anómalas con mayor potencial de leyes, además se logran identificar correlaciones que nos indican la afinidad con la que cuentan estos elementos en el yacimiento tipo skarn ubicado en el prospecto.

Quinto. - El Prospecto Skarlent cuenta con diferentes unidades litológicas dentro de las cuales se tiene: areniscas cuarzosas de la Fm. Huallhuani, areniscas de la Fm. Murco, Calizas de la Fm. Acurquina, por otra parte, gracias a la intrusión de rocas ígneas provenientes del Batolito Andahuaylas - Yauri, entre las cuales tenemos cuarzo monzonita de hornblenda, cuarzo diorita de hornblenda, diorita de hornblenda, cuarzo monzodiorita de hornblenda que metamorfizaron las calizas de la Formación Arcurquina generando los skarn de granate y magnetita, como también mármol. El ascenso de los diques también metamorfizaron las areniscas de la Formación Huallhuani dando origen a las cuarcitas.

Sexto. - Los procesos de mineralización se dieron durante el metasomatismo del skarn, donde parámetros de transporte y precipitación de mineral más importantes en la formación del skarn en el prospecto Skarnlet fueron los ligandos clorurados y bisulfurados, explicando el aumento de las leyes de Au y Ag, formándose así finalmente un yacimiento de tipo skarn rico en Cu, Ag, Au.

Séptimo. - El área de estudio tiene dos controles importantes para la formación del yacimiento, dentro de los cuales tenemos:

- En el control estructural se ha identificado e interpretado 2 sistemas principales de fallas de dirección NW -SE y NE - SW, los cuales permitieron el emplazamiento de rocas intrusivas a través de las fallas.
- El control litológico donde la mineralización de la zona se desarrolla en los skarn, producto del emplazamiento de las rocas intrusivas en las calizas, las cuales presentan una fuerte alteración progradada.

Octavo. - Las alteraciones que se presentan en el prospecto Skarnlet son:

- Alteración progradada representada por granates, magnetita, piroxenos, calcita y cuarzo, acompañada de calcopitita y bornita.
- Alteración retrogradada representada por granates, calcita, especularita, epidota, actinolita, tremolita, cuarzo, acompañada de calcopitita, bornita.

RECOMENDACIONES

- **Primera.** - Realizar un muestreo a mayor detalle en la zona NE del prospecto Skarnlet, para su posterior análisis geoquímico y encontrar nuevas anomalías.
- **Segunda.** - Planificar campañas de exploración diamantina al sur de la localidad de Unoyoc, para obtener el modelo geológico y su respectiva estimación de reservas.
- **Tercera.** - Programas de sensibilización a las comunidades que se encuentran dentro de las áreas de influencia, sobre la importancia y el apoyo a un nuevo proyecto minero.
- **Cuarta.** - Hacer un estudio de impacto ambiental para avanzar en la viabilidad del prospecto Skarnlet.
- **Quinta.** - Desarrollar más campañas de muestreo geoquímico al SW y S (cerros Llinquini y Llavena) del prospecto, para encontrar nuevas anomalías en la zona de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta J., Rivera R., Valencia M., Chirif H., Huanacuni D., Rodríguez I., Villarreal E., Paico D. y Santisteban A. (2020). *Memoria mapa metalogenético del Perú*. Lima, Perú: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET.

Alvarez, R. (2021). *Estudio petrominegráfico, geoquímico y sus relaciones con la mineralización del yacimiento Ferrobamba-Las Bambas-Apurímac*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco - UNSAAC.

Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Díaz, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S., Cueva, E., (2009). *Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú*. Lima, Perú: Sociedad Geológica del Perú – SGP.

Cueva, C. (2014). *Estimación de la gravedad específica en el proyecto Coroccohuayco - Tintaya – Cusco*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería – UNI.

Davila, J. (2011). *Diccionario geológico*. Callao, Peru: Arth Grouting – INGEMMET.

FAO, (2014). *Cordillera de Los Andes, una oportunidad para la integración y desarrollo de América del Sur*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Franchini, M., Barrio, E., Pons, M., Schalamuk, Rios, F., Meinert, L. (2007). *Fe Skarn, Iron Oxide Cu-Au, and Manto Cu-(Ag) Deposits in the Andes Cordillera of South-west Mendoza Province (34°–36°S), Argentina*. Canadá: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.

Galdos, J., Carrasco, S., (2002). *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Tambobamba (28-r)*. Lima, Perú: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

Gutierrez, M. (2008). *Geomorfología*. Madrid, España: Pearson Educación.

La Torre, E. (2013). *Estudio metalogenetico y geoquímico del Batolito De Andahuaylas Yauri y sus implicancias en el clúster de Tintaya - Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco - UNSAAC.

Marocco, R. (1975). *Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Cotabambas*. Lima, Perú: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET.

Marocco, R. (1977). *Corte estructural de la cordillera de los andes peruanos al nivel de la deflexión de Anbancay. Ensayo de interpretación de esta deflexión*. Lima, Perú: Sociedad Geológica del Perú – SGP.

Meinert, L. (1992). *Skarns and skarn deposits*. Canadá: Geoscience Canada.

Meinert, L., Dipple, G., Nicolescu, S. (2005). *World Skarn Deposits*. Littleton, Colorado, USA. Society of Economic Geologists.

Peña, E. (2017). *Estudio geológico, mineralógico y de ocurrencia del yacimiento Imanniyoc, distrito de Ccapacmarca - Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco - UNSAAC.

Pérez, E., González, E. (2010). *Mineralogía de skarn y fluidos asociados a los yacimientos de Cu–Zn–Ni–Co de La Esperanza, Sonora, México*. México DF, México: Revista mexicana de ciencias geológicas. Recuperado de:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1026-87742010000100001

[Consulta: 12 de diciembre de 2020].

Porras, A. (2017). *Método kriging de inferencia espacial*. México DF, México: Centro de Investigación en Geografía y Geomática "Ing. Jorge L. Tamayo", A.C.

Ramos, A. (2016). *Geología petrominerografía y metalogenia del yacimiento Huini Huini-Omachá- Cusco*. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio abad del Cusco - UNSAAC.

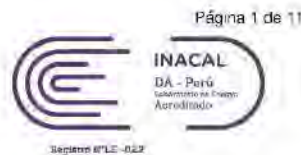
Vergara, L. (2017). *Caracterización de las unidades geomorfológicas en el distrito de Jesús, Cajamarca*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca – UNC.

ANEXOS

Anexo 1 Informe de ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Página 1 de 11

**INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19**

Solicitante : PROSPECTO SKARNLET
Dirección : Av. Industrial Fovipol Huancaro Dpto 104
Santiago de Surco, Lima
Solicitado por : I. MEDINA - J. ALLER
Referencia : SK19-001
Proyecto / Prospecto : Skarnlet
Tipo(s) de Muestra(s) : Exploración Geoquímica
Estado de la Muestra : 08 Sacos conteniendo muestras tipo Roca.
Número de muestras : 32
Fecha de Recepción : Lunes, 11 de Marzo de 2019
Lugar de Recepción : S.J. de Miraflores, Lima
Fecha de Ejecución de Ensayo : 2019-03-11 al 2019-03-20
Fecha de reporte : Miércoles, 20 de Marzo de 2019

Los resultados corresponden al ensayo solicitado en la(s) muestra(s) recibida(s).

Los ensayos han sido realizados en:

CERTIMIN S.A.
Av. Las Vegas 845.
San Juan de Miraflores - Lima.
Perú.
Teléfonos: (51-1) 205-5656.
Fax: (51-1) 205-5656.
Correo Electronico: certimin@certimin.pe

SANTOS OROYA ROJAS
Gerente de Laboratorios
Lima, 20 de Marzo de 2019

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

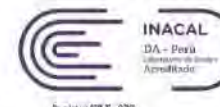
*Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.
“Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce”

Anexo 2 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



RESULTADOS

Muestras		Elementos													
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0207 Weight* kg	G0109 Au ppm 0.005 10	G0800 Li* ppm 0.1 10000	G0146 Ag ppm 0.2 100	G0146 Al* % 0.01 15	G0146 As* ppm 3 10000	G0146 Ba* ppm 1 10000	G0146 Be* ppm 0.5 10000	G0146 Bi* ppm 5 10000	G0146 Ca* % 0.01 15	G0146 Cd* ppm 1 10000	G0146 Co* ppm 1 10000	G0146 Cr* ppm 1 10000	G0146 Cu ppm 0.5 10000
1	ME-0001	3.97	1.735	--	82.8	0.10	30	5	<0.5	66	2.72	<1	23	74	>10000
2	ME-0002	4.02	0.332	--	14.7	0.08	147	289	<0.5	<5	4.33	<1	250	67	>10000
3	ME-0003	5.10	0.654	--	51.1	0.05	199	13	<0.5	50	2.24	3	231	189	>10000
4	ME-0004	3.35	0.008	--	3.9	0.21	48	71	<0.5	5	0.24	<1	34	13	1668
5	ME-0005	4.88	0.007	--	1.4	0.57	11	27	3.0	<5	1.73	<1	25	81	>10000
6	P-1	3.99	0.396	--	59.4	0.23	30	127	1.1	34	1.02	3	220	28	>10000
7	P-2	5.76	0.588	--	36.2	0.17	113	5	<0.5	154	6.67	<1	76	70	>10000
8	P-3	4.81	0.016	--	0.3	0.46	<3	3	<0.5	6	>15	<1	52	51	9914
9	P-4	4.58	0.271	--	10.3	0.13	6	4	<0.5	<5	>15	<1	36	88	>10000
10	P-5	4.94	0.459	--	19.4	0.01	174	221	<0.5	<5	0.58	<1	81	85	>10000
11	P-6	5.25	1.368	--	68.7	0.65	7	61	1.2	85	1.08	2	239	21	>10000
12	P-7	5.62	0.237	--	3.2	0.04	496	91	<0.5	14	0.13	2	72	215	857
13	P-8	5.21	0.253	--	1.6	0.26	<3	42	0.5	<5	0.19	<1	5	166	>10000
14	P-9	3.78	0.472	--	7.0	0.50	179	347	1.0	<5	2.29	33	13	15	8857
15	P-10	4.41	0.389	--	40.6	0.21	32	107	0.8	<5	5.44	<1	89	45	>10000
16	P-11	5.85	1.273	--	22.6	0.43	13	17	<0.5	54	1.91	<1	12	42	>10000
17	P-12	5.10	0.810	--	76.4	0.35	5	827	<0.5	102	4.50	<1	3	66	>10000
18	P-13	3.99	0.473	--	8.6	1.29	50	86	<0.5	<5	0.76	3	573	18	>10000
19	P-14	4.88	0.265	--	42.6	1.11	11	421	0.7	5	2.64	<1	22	38	>10000
20	P-15	5.72	<0.005	--	2.4	2.23	321	144	0.8	<5	4.76	<1	42	18	>10000
21	P-16	4.90	0.183	--	27.5	1.85	48	630	0.7	54	0.73	<1	38	10	>10000
22	P-17	4.15	<0.005	--	0.8	0.12	13	83	<0.5	<5	0.28	<1	11	15	2399
23	P-18	5.01	<0.005	--	0.3	0.14	14	85	<0.5	<5	0.24	<1	3	9	1635
24	P-19	4.93	0.139	--	5.4	0.26	16	37	<0.5	<5	5.94	1	188	34	>10000
25	P-20	3.61	0.322	--	12.6	0.26	110	46	0.9	<5	3.21	<1	162	37	>10000
26	P-21	4.73	0.542	--	37.9	0.21	65	63	0.5	<5	2.48	<1	52	60	>10000

TEL: 051 071 423 10000 WWW.CERTIMIN.COM PERUO SANCIONADO CON LA LEY 10701 A AUTORIDAD COMPETENTE

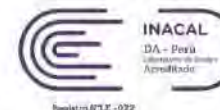
CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores. Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

Anexo 3 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Muestras		Elementos													
N°	Código de Servicio	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
	Elemento	Fe*	Ga*	S*	La*	Mg*	Mn*	Mo*	Na*	Nb*	Ni*	P*	Pb	S*	Sb*
	Unidad	%	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm
	Límite Inferior	0.01	10	0.01	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5
	Límite Superior	15	10000	15	10000	15	10000	10000	15	10000	15	15	10000	10	10000
1	ME-0001	>15	<10	<0.01	<0.5	0.08	373	4	<0.01	<1	6	0.13	4	1.86	<5
2	ME-0002	8.09	<10	<0.01	<0.5	0.09	1306	2	<0.01	<1	86	<0.01	26	1.49	<5
3	ME-0003	>15	<10	<0.01	<0.5	0.04	275	26	<0.01	<1	36	0.07	160	>10	<5
4	ME-0004	>15	<10	0.01	1.0	0.13	61	12	<0.01	<1	2	0.16	4	0.10	<5
5	ME-0005	>15	<10	0.04	2.0	0.18	1221	2	0.02	<1	6	0.02	3	0.06	<5
6	P-1	13.91	<10	<0.01	1.2	0.57	330	<1	<0.01	<1	22	<0.01	3	0.42	<5
7	P-2	>15	<10	<0.01	0.7	0.40	534	6	<0.01	<1	8	0.15	16	>10	<5
8	P-3	13.78	<10	<0.01	2.1	0.29	896	<1	<0.01	<1	26	0.05	<2	5.42	<5
9	P-4	8.20	<10	<0.01	<0.5	0.35	666	<1	<0.01	<1	43	0.10	<2	8.03	<5
10	P-5	14.19	<10	<0.01	<0.5	0.04	126	2	<0.01	<1	69	0.04	5	5.32	<5
11	P-6	>15	<10	<0.01	2.3	0.28	847	7	<0.01	<1	27	0.21	5	8.88	<5
12	P-7	10.63	<10	0.04	<0.5	0.02	174	679	<0.01	<1	16	<0.01	356	>10	14
13	P-8	1.89	<10	0.09	19.7	0.05	64	3	0.06	<1	8	<0.01	277	0.13	<5
14	P-9	>15	11	<0.01	7.0	0.33	5672	8	<0.01	<1	5	0.10	48	0.06	<5
15	P-10	>15	<10	<0.01	<0.5	0.23	1206	3	<0.01	<1	75	0.06	3	3.50	<5
16	P-11	1.77	<10	0.01	11.1	0.35	213	<1	<0.01	<1	5	0.18	22	0.05	<5
17	P-12	1.58	<10	0.01	0.5	0.16	276	<1	<0.01	<1	5	<0.01	5	0.11	<5
18	P-13	>15	<10	0.01	10.5	5.55	4333	4	<0.01	<1	11	<0.01	8	0.07	<5
19	P-14	6.63	<10	0.02	2.2	0.57	404	30	0.05	<1	10	0.06	4	1.37	<5
20	P-15	>15	<10	0.06	4.7	0.30	146	3	<0.01	<1	7	0.40	2	0.03	<5
21	P-16	>15	<10	0.03	12.9	0.65	212	2	<0.01	<1	7	0.07	<2	0.30	<5
22	P-17	>15	<10	<0.01	1.6	0.13	194	3	<0.01	<1	2	0.03	3	0.08	<5
23	P-18	>15	<10	0.06	0.7	0.06	114	1	<0.01	<1	<1	0.13	<2	0.21	<5
24	P-19	>15	<10	<0.01	4.0	0.67	2722	<1	<0.01	<1	24	0.11	14	0.56	<5
25	P-20	11.56	<10	<0.01	1.4	0.14	1009	3	<0.01	<1	81	0.18	12	1.11	<5
26	P-21	>15	<10	0.02	<0.5	0.16	341	5	<0.01	<1	32	0.05	3	2.36	<5

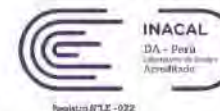
TEL: 050 4280000 DEL ESTABLECIMIENTO DE ENSAYO CONSTITUYE PARTE INTEGRANTE DEL SISTEMA DE CALIDAD Y SE ENCUENTRA AUTORIZADO COMO TAL EN:

Anexo 4 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Muestras		Elementos									
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
		Sc*	Sn*	Sr*	Ta*	Tl*	V*	W*	Y*	Zn	Zr*
		ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		0.5	10	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
		10000	10000	5000	15	10000	10000	10000	10000	10000	10000
1	ME-0001	<0.5	<10	4.7	<0.01	<2	8	131	<0.5	180	1.1
2	ME-0002	<0.5	<10	31.5	<0.01	<2	68	<10	0.7	182	1.1
3	ME-0003	<0.5	<10	3.9	<0.01	<2	11	14	<0.5	737	1.0
4	ME-0004	<0.5	<10	12.8	0.02	<2	20	<10	1.3	30.0	5.3
5	ME-0005	0.5	<10	10.6	0.01	<2	9	64	3.5	38.4	0.7
6	P-1	<0.5	<10	7.7	<0.01	<2	8	11	1.4	390	3.0
7	P-2	<0.5	<10	37.9	<0.01	<2	5	276	0.8	201	0.9
8	P-3	<0.5	<10	75.3	0.01	<2	8	37	1.6	31.2	1.2
9	P-4	<0.5	<10	115	<0.01	<2	7	<10	<0.5	19.1	0.8
10	P-5	<0.5	<10	22.7	<0.01	<2	40	<10	<0.5	54.2	<0.5
11	P-6	<0.5	<10	18.1	<0.01	<2	32	38	1.9	472	2.2
12	P-7	<0.5	<10	53.7	<0.01	<2	3	<10	1.4	110	<0.5
13	P-8	0.7	<10	6.8	<0.01	<2	24	<10	8.0	79.8	1.3
14	P-9	1.0	<10	7.4	0.01	<2	59	<10	3.6	9423	0.9
15	P-10	<0.5	<10	8.5	<0.01	<2	8	25	0.5	175	1.1
16	P-11	<0.5	<10	9.2	<0.01	<2	8	<10	0.9	52.9	3.9
17	P-12	<0.5	<10	26.0	<0.01	<2	13	<10	0.8	38.3	3.6
18	P-13	2.1	<10	12.8	0.05	12	19	<10	7.2	493	8.0
19	P-14	0.5	<10	28.4	0.03	<2	11	36	0.8	60.8	3.0
20	P-15	0.7	<10	575	<0.01	<2	104	<10	3.3	79.9	2.4
21	P-16	2.9	<10	31.9	0.03	<2	17	<10	4.0	152	5.8
22	P-17	<0.5	<10	10.0	0.03	<2	16	<10	1.5	28.9	10.5
23	P-18	<0.5	<10	15.2	0.03	<2	22	<10	0.7	11.4	5.0
24	P-19	<0.5	<10	11.5	0.01	<2	11	46	<0.5	1485	1.9
25	P-20	0.8	<10	17.7	0.01	<2	64	12	2.7	122	5.5
26	P-21	<0.5	<10	22.6	<0.01	<2	29	<10	1.2	114	1.5

CERTIMIN S.A. Av. Las Vegas 845 - San Juan de Miraflores. Telf.: (51-1) 205-5656, e-mail : certimin@certimin.pe

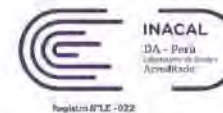
TEL: (51) 01 205 5656 FAX: (51) 01 205 5656 WWW: WWW.CERTIMIN.PE

Anexo 5 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Página 5 de 11

Muestras		Elementos														
N°	Código de Servicio	G0207	G0108	G0800	G0116	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
	Elemento	Weight*	Au	Li*	Ag	Al*	As*	Ba*	Be*	Bi*	Ca*	Cd*	Co*	Cr*	Cu	
	Unidad	kg	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	
	Límite Inferior		0.005	0.1	0.2	0.01	3	1	0.5	5	0.01	1	1	1	0.5	
	Límite Superior		10	10000	100	15	10000	10000	10000	10000	15	10000	10000	10000	10000	
27	P-22	4.36	0.757	--	26.8	0.15	174	48	0.9	<5	0.42	<1	122	16	>10000	
28	P-23	4.24	0.011	--	0.6	3.88	<3	134	0.9	<5	1.51	<1	33	92	2251	
29	P-24	4.39	0.008	--	1.4	1.01	64	28	0.9	<5	2.88	<1	136	51	>10000	
30	UD-01	3.43	--	13.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
31	UD-02	2.75	--	12.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
32	UD-03	2.81	--	55.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

[IC-VH-33] Los elementos Al, Ba, Be, Ca, Cr, Ga, K, La, Mg, Na, S, Se, Sn, Sr, Ti, W, Zr la digestión podría ser incompleta
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL DA

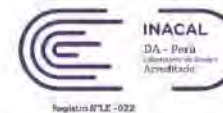
TEL: 050 4286100 | WWW.CERTIMIN.COM | INACAL DA CON REGISTRO N° LE 022

Anexo 6 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Página 6 de 11

Muestras		Elementos													
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite Inferior Limite Superior	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
		Fe*	Ce*	R*	La*	Mg*	Mn*	Mo*	Na*	Nb*	Ni*	P*	Pb	S*	Sb*
		%	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm
		0.01	10	0.01	0.5	0.01	2	1	0.01	1	1	0.01	2	0.01	5
		15	10000	15	10000	15	10000	10000	15	10000	10000	15	10000	10	10000
27	P-22	14.77	<10	<0.01	10.6	0.48	611	5	<0.01	<1	30	<0.01	5	0.19	<5
28	P-23	5.03	17	1.32	10.0	1.50	495	<1	0.14	<1	40	0.07	<2	1.60	<5
29	P-24	11.02	<10	<0.01	3.6	0.56	1181	3	<0.01	<1	14	0.07	4	0.02	<5
30	UD-01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	UD-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	UD-03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

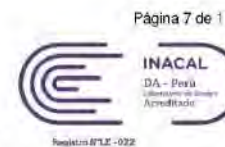
TEL: 050 4280000 DEL SERVICIO AL CLIENTE DEL ENSAYO CONSULTIVO (TEL: 050 4280000) Y EN LA OFICINA AUTORIZADA CORRESPONDIENTE.

Anexo 7 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE Acreditación INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Muestras		Elementos									
N°	Código de Servicio	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
	Elemento	Sc*	Sr*	Sr*	Ti*	Ti*	V*	Cr*	Zn	Zr*	
	Unidad	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	
	Límite Inferior	0.5	10	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
	Límite Superior	10000	10000	5000	1.5	10000	10000	10000	10000	10000	10000
27	P-22	0.6	<10	7.7	<0.01	<2	22	<10	8.3	123	3.6
28	P-23	13.7	<10	63.3	0.32	<2	122	10	8.3	36.1	1.1
29	P-24	0.8	<10	35.2	0.06	<2	10	18	1.6	101	9.0
30	UD-01	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
31	UD-02	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
32	UD-03	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

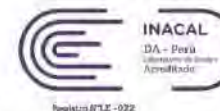
TEL: JIRO ANGELO DE LAS ESPERANZAS DEL ENSAYO CONSTITUYE PARTE SANCIONADO CONFORME A LA LEY Nº 10711 AUTORIZADO CON N° 118118

Anexo 8 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Página 8 de 11

CONTROL DE CALIDAD

N°	Muestras QC	Elementos													
		G0108 Au ppm Límite Inferior 10	G0800 Id# ppm 0.1 10000	G0146 Ag ppm 0.2 100	G0146 Al# % 0.01 15	G0146 As# ppm 3 10000	G0146 Ba# ppm 1 10000	G0146 Be# ppm 0.5 10000	G0146 Bi# ppm 5 10000	G0146 Ca# % 0.01 15	G0146 Cd# ppm 1 10000	G0146 Co# ppm 1 10000	G0146 Cr# ppm 1 10000	G0146 Cu ppm 0.5 10000	G0146 Fe# % 0.01 15
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	--	--	4.2	1.74	304	36	--	70	0.44	2	11	37	222	4.73
2	STD41R-AR-ICP Rango	--	--	4.1-4.9	1.48-2.20	275-315	31-43	--	60-76	0.40-0.52	2-6	4-12	33-41	211-240	4.44-4.76
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	--	34.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2981	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	--	32.3-36.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2820-3020	--
5	STD 213 (Obtenido)	0.093	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 213 Rango	0.073-0.093	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	STD 214 (Obtenido)	0.185	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	STD 214 Rango	0.169-0.209	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	OREAS 149 (Obtenido)	--	9833	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	OREAS 149 Rango	--	9660-10200	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	ME-0002 (Original)	0.332	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	ME-0002 (Dup)	0.326	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	P-3 (Original)	--	--	0.3	0.46	<3	3	<0.5	6	>15	<1	52	51	9914	13.76
14	P-3 (Dup)	--	--	0.3	0.47	<3	3	<0.5	6	>15	<1	50	52	9642	13.85
15	P-20 (Original)	0.322	--	12.6	0.26	110	46	0.9	<5	3.21	<1	162	37	>10000	11.58
16	P-20 (Dup-Rect)	0.321	--	12.2	0.27	110	46	0.9	<5	3.30	<1	169	37	>10000	11.63
17	UD-02 (Original)	--	12.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	UD-02 (Dup)	--	12.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	Blanco	<0.005	<0.1	<0.2	<0.01	<3	<1	<0.5	<5	<0.01	<1	<1	<1	<0.5	<0.01

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

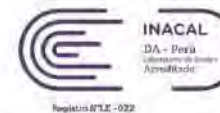
TEL: 050 4861000 (15 líneas) FAX: 050 4861001 (15 líneas) WWW: www.certimin.pe

Anexo 9 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Página 9 de 11

Muestras QC		Elementos													
N°	Código de Servicio Elemento Unidad Límite Inferior Límite Superior	G0146 Ga* ppm 10 10000	G0146 K* % 0.01 15	G0146 La* ppm 0.3 10000	G0146 Mg* % 0.01 15	G0146 Mn* ppm 2 10000	G0146 Mo* ppm 1 10000	G0146 Na* % 0.01 15	G0146 Nb* ppm 1 10000	G0146 Ni* ppm 1 10000	G0146 P* % 0.01 15	G0146 Pb ppm 2 10000	G0146 S* % 0.01 10	G0146 Sb* ppm 5 10000	G0146 Sc* ppm 0.5 10000
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	--	0.26	12.3	0.43	1005	3	0.04	--	6	0.07	214	0.28	39	4.0
2	STD41R-AR-ICP Rango	--	0.24-0.32	11.5-13.9	0.41-0.45	835-1063	3-7	0.02-0.06	--	3-7	0.05-0.09	197-233	0.25-0.29	39-51	3.6-4.0
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3801	--	--	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	3670-4090	--	--	--
5	STD 213 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 213 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	STD 214 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	STD 214 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	OREAS 149 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	OREAS 149 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	ME-0002 (Original)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	ME-0002 (Dup)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	P-3 (Original)	<10	<0.01	2.1	0.29	896	<1	<0.01	<1	26	0.05	<2	5.42	<5	<0.5
14	P-3 (Dup)	<10	<0.01	2.2	0.29	888	<1	<0.01	<1	25	0.05	2	5.36	<5	<0.5
15	P-20 (Original)	<10	<0.01	1.4	0.14	1009	3	<0.01	<1	81	0.18	12	1.11	<5	0.8
16	P-20 (Dup-Rect)	<10	<0.01	1.4	0.15	1021	3	<0.01	<1	82	0.19	12	1.10	<5	0.8
17	UD-02 (Original)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	UD-02 (Dup)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	Blanco	<10	<0.01	<0.5	<0.01	<2	<1	<0.01	<1	<1	<0.01	<2	<0.01	<5	<0.5

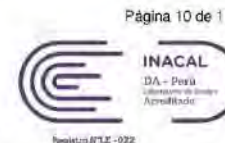
TEL: JEHO ANBERHO DEL ISEI EMPRESA DE ENSAYO CONSTITUTIVO DEL ISEI SANCIONADO CON FINES A LA LEY 10701 A AUTORIDAD COMPETENTE.

Anexo 10 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



Página 10 de 11

Muestras QC		Elementos								
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite Inferior Limite Superior	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146	G0146
		Sn*	Sr*	Ti*	Tl*	Y*	Zn*	Y*	Zn*	Sr*
		ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		10	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
		10000	5000	15	10000	10000	10000	10000	10000	10000
1	STD41R-AR-ICP (Obtenido)	26	29.8	0.13	--	46	59	7.1	362	11.1
2	STD41R-AR-ICP Rango	8-52	26.5-34.1	0.11-0.15	--	43-47	56-64	6.3-7.5	343-378	9.1-13.9
3	CDN-ME-1501 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	2512	--
4	CDN-ME-1501 Rango	--	--	--	--	--	--	--	2430-2630	--
5	STD 213 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6	STD 213 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	STD 214 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	STD 214 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	OREAS 149 (Obtenido)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10	OREAS 149 Rango	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	ME-0002 (Original)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	ME-0002 (Dup)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13	P-3 (Original)	<10	75.3	0.01	<2	8	37	1.6	31.2	1.2
14	P-3 (Dup)	<10	74.5	0.01	<2	8	34	1.5	30.4	1.2
15	P-20 (Original)	<10	17.7	0.01	<2	64	12	2.7	122	5.5
16	P-20 (Dup-Rect)	<10	17.8	0.01	<2	65	13	2.7	124	5.4
17	UD-02 (Original)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
18	UD-02 (Dup)	--	--	--	--	--	--	--	--	--
19	Blanco	<10	<0.5	<0.01	<2	<2	<10	<0.5	<0.5	<0.5

TEL: 050 4280000 FAX: 050 4280001 WWW: WWW.CERTIMIN.COM.PE

Anexo 11 Métodos de ensayo y códigos de servicio.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022

INFORME DE ENSAYO
N° MAR0097.R19
20-Mar.-2019



MÉTODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Analito	Cod. servicio	Método	Descripción
1	Au	G0108	IC-EF-01	Muestras de Exploración Geoquímica: Análisis de Oro por Ensayos al Fuego - AAS. (Validado), Rev.30/2018
2	Li *	G0800	IC-VH-59	Análisis multielementos-Digestión Multiácida-ICPOESMS
3	Varios *	G0146	IC-VH-33	Muestras de Exploración Geoquímica: Análisis Multielemental por ICP-OES - Digestión Agua Regia (HNO ₃ , HCl),(Validado en Ag,Cu,Pb,Zn), Rev.10/2017

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

EL USO INDEBIDO DE ESTE ARCHIVO DE BÚSQUEDA EN LA WEB DEL INSTITUTO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE 022

Anexo 12 Informe de ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 022



Página 1 de 3

**INFORME DE ENSAYO
N° ABR0026.R19**

Solicitante :	PROSPECTO SKARNLET
Dirección :	Av. Industrial Fovipol Huancaro Dpto 104 Santiago de Surco, Lima
Solicitado por :	I. MEDINA - J. ALLER
Referencia :	Ampliación MAR0097.R19
Proyecto / Prospecto :	Skarnlet
Tipo(s) de Muestra(s) :	Exploración Geoquímica
Estado de la Muestra :	Las muestras tipo Pulpas se recibieron en sobres de papel.
Número de muestras :	22
Fecha de Recepción :	Miércoles, 27 de Marzo de 2019
Lugar de Recepción :	S.J. de Miraflores, Lima
Fecha de Ejecución de Ensayo :	2019-03-27 al 2019-04-01
Fecha de reporte :	Lunes, 01 de Abril de 2019

Los resultados corresponden al ensayo solicitado en la(s) muestra(s) recibida(s)

Los ensayos han sido realizados en:

CERTIMIN S.A.
Av. Las Vegas 845.
San Juan de Miraflores - Lima.
Perú.
Teléfonos: (51-1) 205-5656.
Fax: (51-1) 205-5656.
Correo Electrónico: certimin@certimin.pe

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

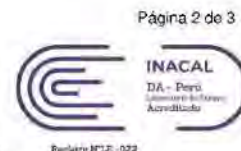
SANTOS OROYA ROJAS
Gerente de Laboratorios
Lima, 01 de Abril de 2019

“Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin autorización escrita de CERTIMIN S.A.”
“Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce”

Anexo 13 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



INFORME DE ENSAYO
N° ABR0026.R19
01-Abr.-2019

RESULTADOS

N°	Muestras		Elementos
	Código de Servicio	Elemento	Cu
		Unidad	%
	Límite Inferior		0.01
	Límite Superior		30
1	ME-0001		2.70
2	ME-0002		9.10
3	ME-0003		7.28
4	ME-0005		1.69
5	P-1		18.00
6	P-2		4.82
7	P-4		4.57
8	P-5		8.86
9	P-6		15.08
10	P-8		1.39
11	P-10		8.49
12	P-11		1.54
13	P-12		4.64
14	P-13		13.87
15	P-14		7.50
16	P-15		17.35
17	P-16		13.48
18	P-19		7.04
19	P-20		14.74
20	P-21		16.46
21	P-22		12.76
22	P-24		3.39

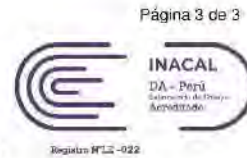
(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

Anexo 14 Resultados del ensayo de exploración geoquímica.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 022



Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO
N° ABR0026.R19
01-Abr.-2019

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Elementos
N°	Código de Servicio	G0038
	Elemento	Cu
	Unidad	%
	Límite Inferior	0.01
	Límite Superior	30
1	STD 176R AR-M (Obtenido)	1.85
2	STD 176R AR-M Rango	1.77-1.85
3	ME-0001 (Original)	2.70
4	ME-0001 (Dup)	2.73
5	Blanco	<0.01

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

MÉTODOS DE ENSAYO Y CODIGOS DE SERVICIO

N°	Descripción		
	Análisis	Cod. Serv	Método
1	Cu	G0038	IC-VH-15

Muestra Tipo Menas: Análisis Multielemental por AAS - Digestión Agua Regia (HNO3 y HCl) (Validado) Rev.09/2017

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

TEL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE*