

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

**GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO
SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN
TACNA)**

TESIS

Presentado Por:

Bach. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO – GEOTÉCNICO

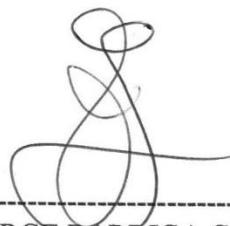
TACNA – PERÚ

2013

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
E. A. P. DE INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA
**GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO
SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN
TACNA)**

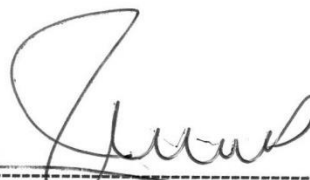
Tesis sustentada y aprobada el 13 de diciembre del 2013, integrada por el siguiente jurado:

PRESIDENTE



ING. JORGE BARRIGA GAMARRA

MIEMBRO-SECRETARIO



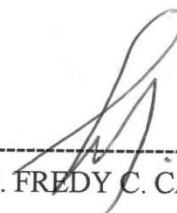
ING. VIANNEY TORRES ALFEREZ

MIEMBRO



ING. HISMAEL RODRÍGUEZ ILLACHURA

ASESOR DE TESIS



ING. FREDY C. CABRERA OLIVERA

Este trabajo va dedicado a:

A mis padres Mario y Domitila, por haber dedicado sus vidas a apoyarme.

A ellos todo mi amor y gratitud, por siempre.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme vida y salud, y permitirme que siga el camino de la investigación y aportar mis conocimientos y experiencia en la geología de exploraciones.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONSIDERACIONES GENERALES	2
1.1. INTRODUCCIÓN.	2
1.2. ANTECEDENTES.....	3
1.3. OBJETIVOS.	5
a). Objetivo General:	5
b). Objetivos Específicos:.....	5
1.4. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	6
1.4.1. Evaluación de la Información Existente.....	6
1.4.2. Trabajos de Campo.....	6
1.5. HISTORIAL MINERO DEL DISTRITO DE SUSAPAYA.	7
CAPITULO II	10
GEOGRAFÍA.....	10
2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.	10
2.2. ACCESIBILIDAD.	10
2.3. CLIMA.....	13
2.4. RECURSOS NATURALES.	13
2.5. FLORA Y FAUNA.	14
2.6. HIDROGRAFÍA.	14
CAPITULO III.....	17
GEOMORFOLOGÍA	17
3.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.	17
3.1.1. Flanco Occidental de los Andes.	17
3.1.2. La Cadena Volcánica.....	20

3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	21
3.2.1. Valles.....	22
3.2.2. Laderas.	22
3.2.3. Escarpas.....	23
3.2.4. Domos.....	23
CAPITULO IV.....	25
GEOLOGÍA REGIONAL.....	25
4.1. ESTRATIGRAFÍA.	25
4.1.1. Grupo Yura.....	25
4.1.1.1. Formación Labra (Js-la).....	25
4.1.1.2 Formación Hualhuani (Ki-hu).	26
4.1.1.3. Formación Matalaque (Ki-ma).	27
4.1.2 Grupo Toquepala.....	28
4.1.2.1. Formación Quellaveco (KsP).....	28
4.1.3 Grupo Tacaza.....	30
4.1.3.1. Formación Tarata Inferior (P-ta_i).	30
4.1.3.2 Formación Tarata Superior (P-ta_s).	31
4.1.3.3. Formación Huilacollo (Nm-hl).	32
4.1.4. Formación Huaylillas (Nm-hu).	33
4.1.5. Grupo Barroso.	34
4.1.6. Cuaternario.	35
4.1.6.1. Depósito Aluvial (Q-al).	36
4.1.6.3. Bofedales (Q-bo).....	36
4.2. ROCAS INTRUSIVAS.....	37
4.2.1. Unidad Intrusiva No Asignada.	37
4.2.2. Unidad Intrusiva Challaviento.....	37
4.2.2.1. Diorita (Pe-cha/di).	38

4.2.2.2. Granodioritas (Pe-cha/gd).....	38
4.2.2.3. Sienogranito (Pe-cha/sg).....	39
CAPÍTULO V	40
GEOLOGÍA LOCAL.....	40
5.1. FORMACIÓN TARATA INFERIOR (P-ta_i).....	40
5.2. FORMACIÓN HUILACOLLO (Nm-hl).....	41
5.3. FORMACIÓN HUAYLILLAS (Nm-hu).	42
5.4. CUERPOS SUBVOLCÁNICOS E INTRUSIVOS.	43
5.4.1. Dacita Porfirítica.	43
5.4.2. Pórfido Feldespático.....	44
5.4.3. Andesita Porfirítica.....	45
5.5. BRECHA HIDROTERMAL.	46
5.6. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al).....	49
CAPÍTULO VI.....	52
CONTEXTO TECTÓNICO, METALOGENÉTICO Y MARCO	52
6.1. CONTEXTO TECTÓNICO.....	52
6.2. CONTEXTO METALOGENÉTICO.....	54
6.3. MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO.....	61
6.4. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL ÁREA PROSPECTIVA. 63	
5.4.1. Fallas.....	63
5.4.2. Estructuras.	66
CAPITULO VII	69
ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN.....	69
7.1. ALTERACIÓN.	69
7.1.1. Alteraciones Hidrotermales Hipógenas.	69
7.1.2. Alteración supérgena.	76
7.2. MINERALIZACIÓN.	78

CAPITULO VIII.....	80
TIPO DE DEPÓSITO	80
8.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE PÓRFIDO (Cu-Mo-Au) CUBIERTO.....	81
8.1.1. Consideraciones de Alteración y Mineralización.....	81
8.1.2. Consideración Geológica - Estructural.....	83
8.2. CORRELACIÓN GENÉTICA CON OTROS DEPÓSITOS.	85
8.2.1. Yacimiento de Cuajone.	86
8.2.2. Yacimiento de Toquepala.....	86
CONCLUSIONES.	88
RECOMENDACIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	91
ANEXOS.....	93

Anexo de Planos.

Mapa N° 01: Mapa Geológico Regional.

Mapa N° 02: Mapa Litológico.

Mapa N° 03: Mapa Estructural.

Mapa N° 04: Mapa de Alteraciones.

Mapa N° 05: Mapa Geológico Local.

RESUMEN

El reconocimiento geológico-litogeoquímico del prospecto minero Susapaya nos permite reconocer una zona con actividad hidrotermal que serían causadas por la presencia de intrusiones alojados en la secuencia volcánica de la formación Tarata y cubiertas por la formación Huaylillas del Oligoceno Superior y Mioceno respectivamente.

En tal sentido, la mineralización y la alteración nos indicaría la presencia de un sistema de tipo pórfido de Cobre - Molibdeno profundo, que se encontraría controlado por un sistema de estructuras NE-SW, NW-SE; además sistemas de vetillas tipo stockwork y algunas brechas hidrotermales que corresponden a diferentes pulsos de mineralización.

Por lo tanto, el presente trabajo de tesis pretende mostrar el mapeo a detalle y determinar su relación con los rasgos estructurales encontrados, basada en los patrones geológicos encontrados y sugerir la presencia de posibles pórfidos ocultos bajo la cobertura de secuencias volcánicas, en base al análisis de algunas herramientas geológicas favorables, materia de esta tesis.

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES

1.1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad existe interés en la exploración y el desarrollo de los recursos minerales, contribuyendo de esta manera con el desarrollo del país, ya que el Perú tiene un gran potencial en recursos naturales y es uno de los países más ricos en metales preciosos (oro, plata) y básicos (cobre, plomo, zinc, etc.).

En tal sentido la exploración de nuevos yacimientos involucra conocimiento, experiencia y técnicas en la adquisición de datos de campo y el procesamiento del mismo con el fin de lograr una interpretación geológica, y consecuentemente el resultado positivo se plasma en un modelo que permita aplicarse a nuevos “blancos” de exploración.

El prospecto Susapaya forma parte de la franja metalogenética del sur del Perú reconocida por hospedar depósitos de tipo pórfido de Cu-Mo-Au. La edad de la mineralización se encuentra en discusión debido a que el proyecto se ubica entre los límites de la franja oriental del Paleoceno y del arco del Barroso del mioceno superior.

El mapeo en la zona de interés nos muestra la dacita porfirítica roca caja principal, se encuentran atravesadas por apófisis y diques de pórfido de feldespatos y diques de andesita, al sur y en el oeste se ha identificado los flujos volcánicos de la Formación Huaylillas.

La alteración se manifiesta en los crestos de sílice con presencia de vuggy sílica, cuarzo-alunita y una alteración sobreimpuesta de cuarzo-sericita, hacia los extremos laterales va gradando a cuarzo-caolín y finalmente franjas de alteración argílica.

1.2. ANTECEDENTES.

El área comprendida entre las pampas de Molleraco y las cumbres del volcán López Extraña y el borde occidental de la caldera Vilacota en estos últimos 15 años ha experimentado una intensa exploración de compañías dedicadas a la prospección de metales preciosos Au-Ag y pórfidos de Cu-Mo.

➤ Southern Perú hizo trabajos de perforación diamantina en el cráter erosionado del volcán López Extraña, obtuvo valores bajos de oro.

- Rio Tinto trabajo la zona central de Susapaya hizo 4 sondajes RC (aire reverso) y su objetivo fue localizar un “Blanco” de Cu -Mo-Au (2002).

- Newmont trabajo al Noreste de Cumayle-Vilacota hizo sondajes diamantinos y ubicó un deposito epitermal de oro con un estimado de 200 000 Onzas Au (2004).

- Aruntani SAC, adquirió las propiedades y continuó con la exploración del proyecto y estimo reservas del orden de 300 000 Onzas Au (2005).

- Sumitomo Metal Mining inicio las exploraciones con interpretaciones de imágenes Aster, programas de geoquímica en trincheras ubico zonas con valores anómalos de Au, levantamientos geofísicos (IP-Magnetometría) ubicando un cuerpo cargable de 2.5 x 2.5 km (2008).

1.3. OBJETIVOS.

a). Objetivo General:

- Evaluar la existencia de un sistema de mineralización tipo pórfido (Cu-Mo-Au), basados en las alteraciones hidrotermales y su relación estructural.

b). Objetivos Específicos:

- Definir las diferentes unidades litológicas: fases intrusivas, unidades de brechamiento importante y rocas volcánicas expuestas en la zona.
- Definir las alteraciones hidrotermales dentro de las diferentes unidades litológicas, que puedan estar asociados a mineralización económica, específicamente a posibles pórfidos.
- Identificar la tendencia de los principales controles estructurales: fallas, fracturas, venillas y su relación estructural.

1.4. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS EMPLEADAS.

1.4.1. Evaluación de la Información Existente.

Consistió en la recopilación bibliográfica y cartográfica disponible (INGEMMET) e información de trabajos de exploración minera realizados anteriormente en la zona.

Se revisó bibliografía sobre génesis de yacimientos tipo pórfido, alteraciones presentes, petrología ígnea, mineralogía y fundamentalmente origen, respuesta y comportamiento de la geología estructural en función a sus diversos modelos formados en rocas ígneas.

1.4.2. Trabajos de Campo.

Levantamiento geológico a escala 1/15 000 consistiendo: El reconocimiento de las diferentes unidades geológicas que conforman el prospecto, cartografiado geológico de alteraciones y mineralización.

Para lograr una interpretación geológico-estructural se han realizado mapeos de detalle donde se describen los minerales de mena, textura,

descripción de alteraciones, asociaciones mineralógicas, adquisición de datos de fallas de primer y segundo orden, relleno de fallas y las alteraciones circundantes a éstas.

1.5. HISTORIAL MINERO DEL DISTRITO DE SUSAPAYA.

En el distrito de Susapaya existen depósitos metálicos de pequeñas dimensiones y no-metálicos. Estos yacimientos han sido explotados esporádicamente por pequeños mineros en razón de sus leyes. En la actualidad se encuentran abandonados debido a la irregularidad de los mismos y su escaso volumen.

- **Mina Santa María:** Se halla situada en la quebrada Molleraco, la explotación se efectuaba rudimentariamente con labores seguidas a pulso y con escaso personal, produciéndose aproximadamente unos 500 Kg mensuales de mineral escogido con leyes promedio de 60% de plomo y 50 onzas de Ag por tonelada. [7]

En el área de la mina se han reconocido un sistema de vetas paralelas de diferentes potencias y longitudes; el rumbo general de los filones es E-W y sus buzamientos varían de 75° a 80° al Sur. La veta principal

ostenta un rumbo 80° a 75° de inclinación al Sur, la longitud de su afloramiento llega a los 1000 m variando su potencia de 80 a 100 cm.

[7]

El relleno de la veta consiste de roca brechada de las cajas con venillas y pequeños lentes de galena asociada con esfalerita. La roca encajonante es una andesita porfirítica, que se encuentra intruída por un pequeño dique dacítico que se encuentra en la entrada de la mina.

[7]

- **Mina Cano:** En la zona de estudio existe una labor antigua de azufre, que se encuentra en el flanco sur del volcán Chajina Chico. Este depósito es superficial: genéticamente está relacionado con actividad volcánica y probablemente han resultado de la oxidación del hidrogeno sulfurado (H_2S) de las fumarolas. [7]

El azufre se encuentra en forma compacta o terrosa relleno de grietas y pequeñas cavidades de las rocas, también se presenta a manera de pequeños mantos superficiales. Generalmente el azufre se halla cubierto por material detrítico de laderas o por arenas y cenizas volcánicas. [7]

La azufrera cano ha sido explotada en forma intensiva hasta 1953, fecha en que paralizó sus actividades debido principalmente a la disminución de la ley del mineral, su baja de precio en el mercado y competencia del producto importado. Dos muestras obtenidas en diferentes sitios del yacimiento cano han dado leyes de 25% y 34% de azufre. [7]

CAPITULO II

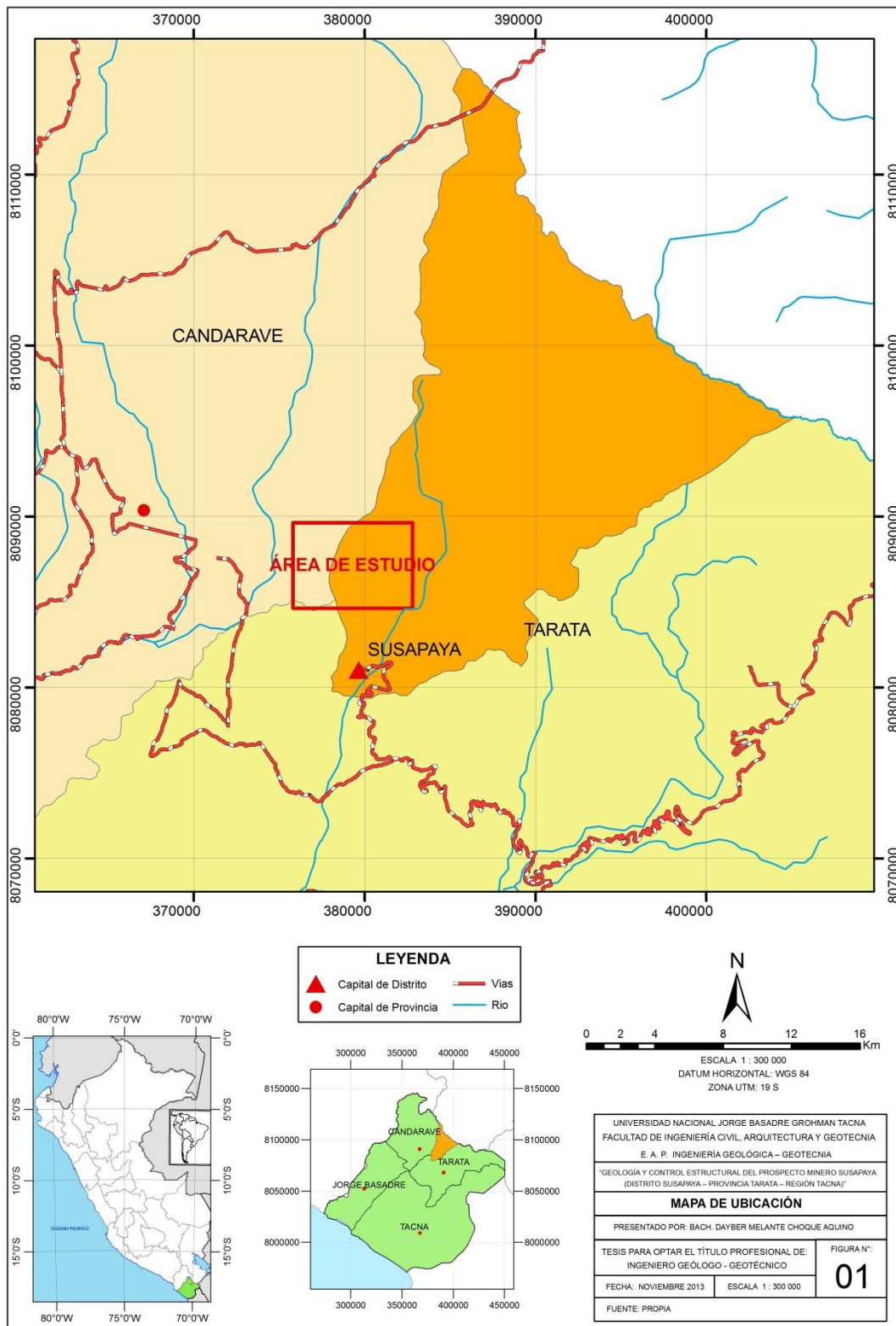
GEOGRAFÍA

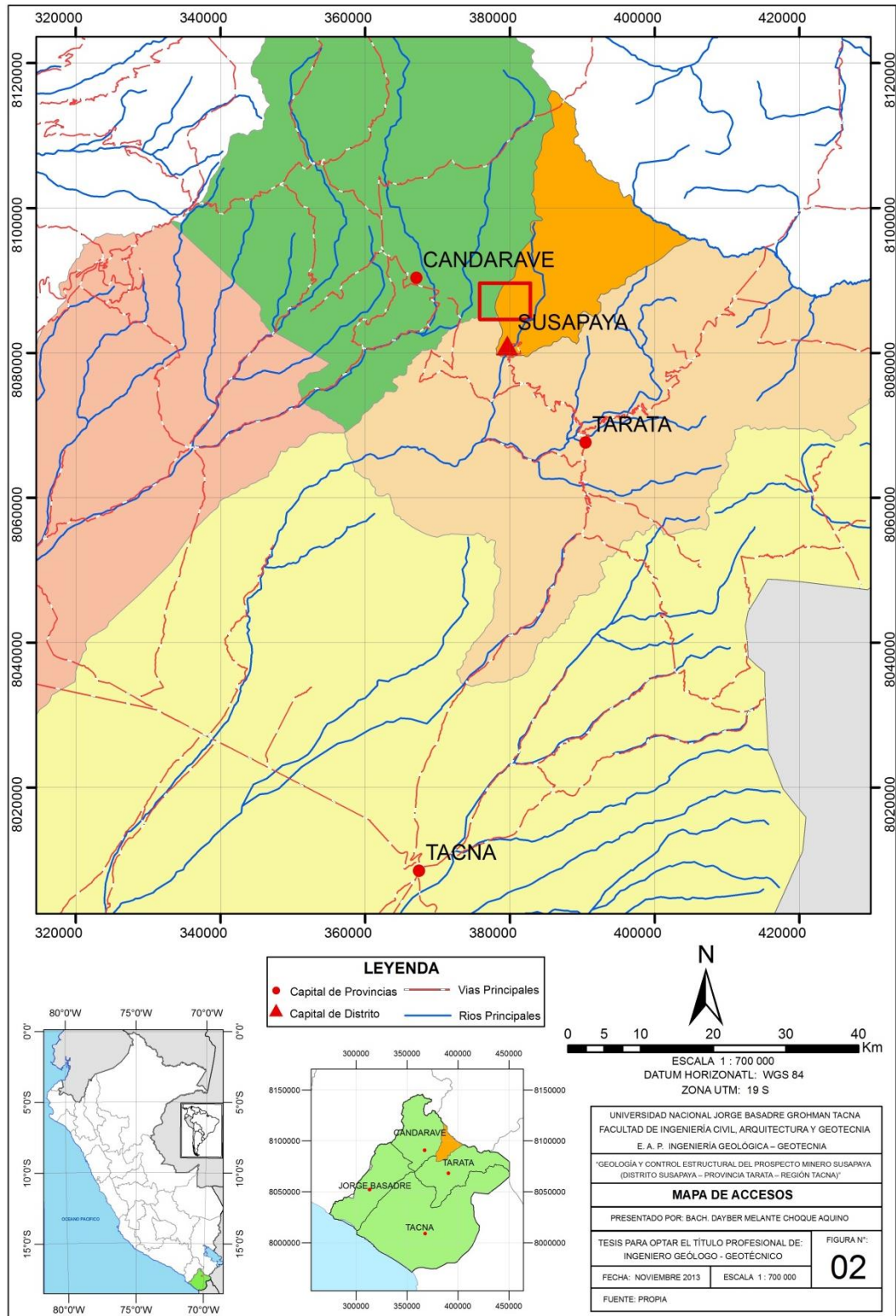
2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.

El área de estudio se ubica en la cadena Occidental de los Andes del Sur del Perú, en el distrito de Susapaya, provincia de Tarata, región Tacna, a 130 km al Noreste de la ciudad de Tacna (ver figura N° 01), a una altitud entre 3 600 a 4 000 msnm y su coordenada central es 378085 E y 8087022 N (WGS 84, Zona 19 S).

2.2. ACCESIBILIDAD.

El acceso al área de estudio es por la carretera pavimentada Tacna – Tarata - Ticaco, carretera afirmada Ticaco - quebrada Sitajara, para luego continuar por la trocha carrozable a través de los pueblos de Sitajara – Yabroco – Susapaya, finalmente continuar 8 km hasta el área de estudio, el total de recorrido es de 155 km (ver figura N°02). La movilización de todo el trayecto toma un tiempo promedio estimado de 3:15 h, desde la ciudad de Tacna.





2.3. CLIMA.

El clima en la región es típica de las partes altas de la estribación de la cordillera occidental frío y seco durante los meses de Abril – Diciembre y lluvioso en los meses de Enero – Marzo (intensidad 700 mm), la temperatura varía entre -5° a 26°, en las zonas altas sobre 4200 msnm es frío y lluvioso con precipitaciones de nieve con variaciones de temperatura entre -15° a 20°.

2.4. RECURSOS NATURALES.

La principal actividad económica del área, es la agricultura y la ganadería, desde hace dos décadas la comunidad ha iniciado una producción sostenida de orégano con una producción que les permite comercializar en el mercado interno y externo, por otra parte, en los meses de Marzo a Junio mantienen una producción de tunas, cuyo destino principal es la ciudad de Tacna. Actualmente en los alrededores están implementando programas de sembríos de alfalfares con la finalidad de desarrollar la crianza de ganado vacuno. En las partes altas los comuneros mantienen grupos pequeños de auquénidos llamas y alpacas.

2.5. FLORA Y FAUNA.

La flora de la zona está constituida por los pastos como el ichu, arbustos como la tola, y pequeños bosques de queñuales, además se ha observado varias especies de cactáceas. En las partes bajas e intermedias entre los pueblos la vegetación está caracterizada por productos agrícolas de consumo orégano, maíz, papa, zonas con tunales y forrajes como la alfalfa, aprovechando terrenos moderadamente inclinados, usando las técnicas de andenerías.

La fauna silvestre está conformada principalmente por aves, como: gorriones, cernícalos, etc. y mamíferos como: zorros, vizcachas, liebres etc. y en cuanto a la fauna doméstica se han registrado rebaños de auquénidos, ovejas y reses.

2.6. HIDROGRAFÍA.

Los principales ríos en nuestra área de estudio son: el río Quenasaní y Jaruma. El río Jaruma es el afluente del río Salado que desemboca en la laguna de Aricota. Por otro lado el río Quenasaní es afluente del río de Tarata - Sama que desemboca en el Océano Pacífico en el Centro Poblado Boca del Río. El río Jaruma es el más extenso que nace en las partes altas del complejo

volcánico occidental del Barroso, las aguas provenientes de los diversos bofedales y del deshielo de los nevados constituyen de manera importante al aumento del caudal. Siendo el tipo de drenaje que predomina el dendrítico – subparalelo (ver figura N° 03).

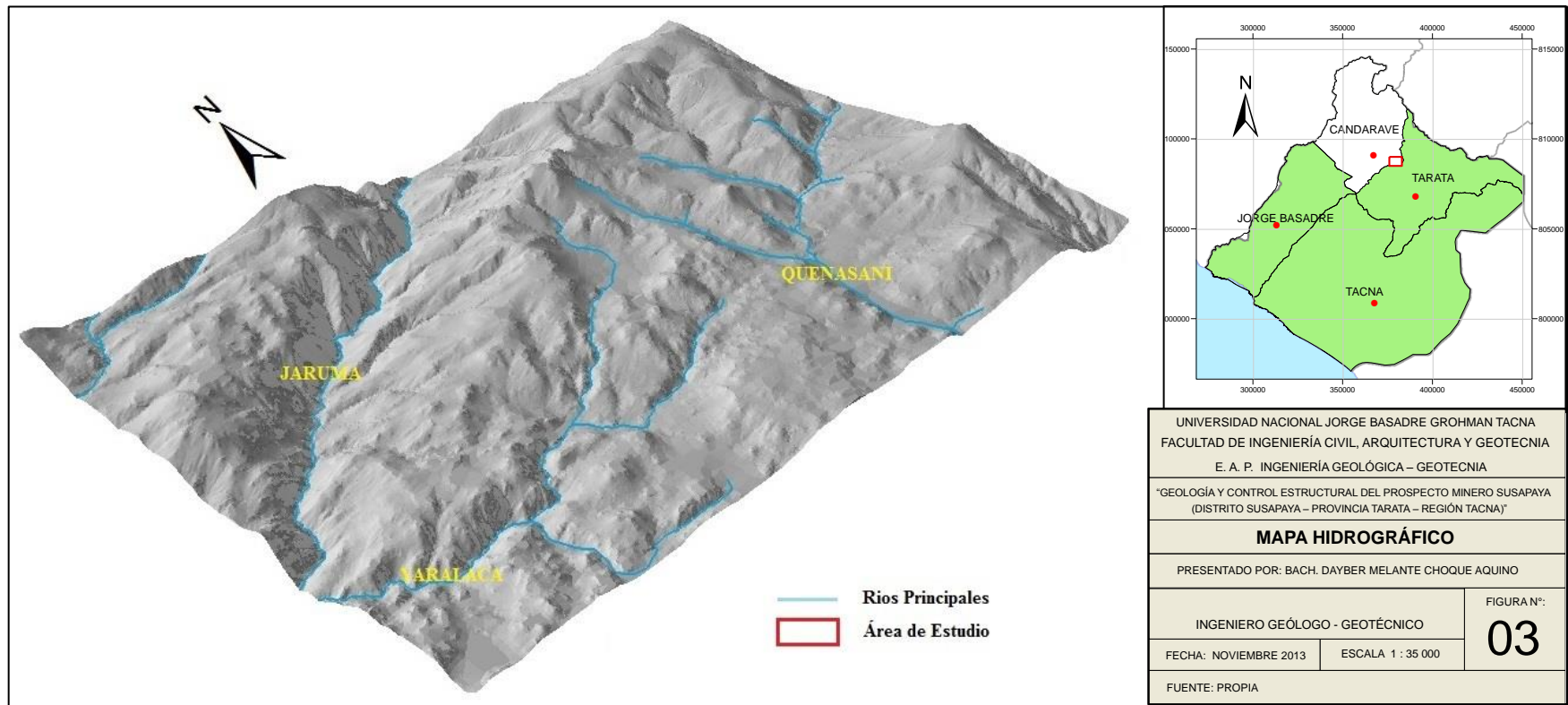


Figura N° 03: Plano Hidrográfico del Prospecto Minero Susapaya.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGÍA

3.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.

Se diferencia dos unidades geomorfológicas cuyas características están señaladas por su relieve topográfico, litología de las rocas subyacentes, situación altimétrica, clima y hábitat biológico.

3.1.1. Flanco Occidental de los Andes.

Corresponde a la vertiente del pacifico, desarrollándose entre 1600 y 3600 msnm. En esta unidad se distinguen dos secciones bien marcadas: una de topografía muy quebrada en las partes bajas a la que se denomina Zona Disectada y otra suavemente ondulada situada hacia las partes altas a la que se denomina Zona de Planicies. [7]

- **Zona Disectada:** Se caracteriza por la intensa acción erosiva ejercida por los ríos Callazas, Salado y Tarata-Sama, y por sus numerosos tributarios, los cuales han labrado valles hasta de 1000

y 1200 m de profundidad originando una topografía fuertemente quebrada y difícil. [7]

Los valles principales muestran en general en perfil transversal en V, con pisos estrechos casi íntegramente ocupados por el cauce del río y gradientes que varían de 3 a 8%, solo localmente presentan pequeños desarrollos que son aprovechados en la agricultura: sus flancos son de fuerte pendiente alcanzando en algunos casos 35° - 40° de inclinación. [7]



Foto N° 01: En la foto se observa como el río Callazas muestra un perfil transversal en V, sus flancos son de fuerte pendiente.

- **Zona de Planicies:** Se caracteriza por la presencia de una superficie suavemente ondulada que se levanta desde los 3600 a 4000 msnm de altitud. La inclinación general de esta superficie es hacia el sur con pendientes que varían desde 17% en el pie de los conos volcánicos hasta 4% en la parte superior de la zona disectada. [7]

El clima característico de esta zona es frío con precipitaciones sólidas. La acción del viento es de moderadamente a fuerte en diferentes épocas del año. Debido a las condiciones climáticas, la vegetación es rala y está constituida principalmente por hierbas y arbustos bajos, además de ichu y yaretas. [7]



Foto N° 02: Se observa planicies con pendientes que varían hasta 4%. Al fondo se observa la cadena volcánica.

3.1.2. La Cadena Volcánica.

Esta unidad constituye la parte más elevada del área, es un cordón montañoso de rumbo NW-SE. Este rasgo orográfico está caracterizado por una sucesión de conos volcánicos formado durante el Paleógeno y cuaternario, dentro de los cuales destacan los volcanes Tutupaca (5815), Calientes (5358), Yucamani (5508), López Extraña (5199), Chuquiananta (5200), Iscailarjanco (5415), Cancave (5358), Ticaco y Cumayle (5017). [7]

La mayoría de estos conos volcánicos han sido fuertemente erosionados por glaciación Pleistocénica, algunos de ellos, se presentan cubiertos de nieve durante cierta época del año. Solamente el volcán Yucamani conserva casi intacta su forma cónica característica, claramente distinguible desde distancias considerables. [7]



Foto N° 03: se observa el volcán Yucamani y Calientes, como parte de la cadena volcánica.

3.2. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.

El área de estudio muestra una topografía escalonada en mesetas locales labradas sobre la superficie de erosión de las rocas piroclásticas de la formación Huaylillas, el área esta disectada por las quebradas de Quenasaní y Jaruma, coronando la línea de cumbres tenemos la presencia del volcán López Extraña y las cumbres occidentales de la caldera Vilacota.

En la zona de estudio se diferencian cuatro unidades geomorfológicas:

3.2.1. Valles.

Se desarrollan por la acción erosiva de los cursos de agua que nacen en las partes altas de la cordillera. Se ha desarrollado una densa red hidrográfica, que debido al poder erosivo favorecido por el levantamiento de los andes, ha profundizado originando los grandes valles por donde discurren los principales ríos.

Los valles principales muestran en general en perfil transversal en V, con pisos estrechos casi íntegramente ocupadas por el cauce del río y gradientes que varían de 3 a 8%, solo localmente presentan pequeños desarrollos que son aprovechados en la agricultura; sus flancos son de fuerte pendiente alcanzando en algunos casos 35° - 40° de inclinación.

3.2.2. Laderas.

Está representada por una gran superficie de erosión, es la más importante y de mayor extensión, constituida por una zona de topografía suave con colinas. Esta unidad está constituida por rocas tobáceas de composición riolíticas y riodacíticas de la formación Huaylillas.

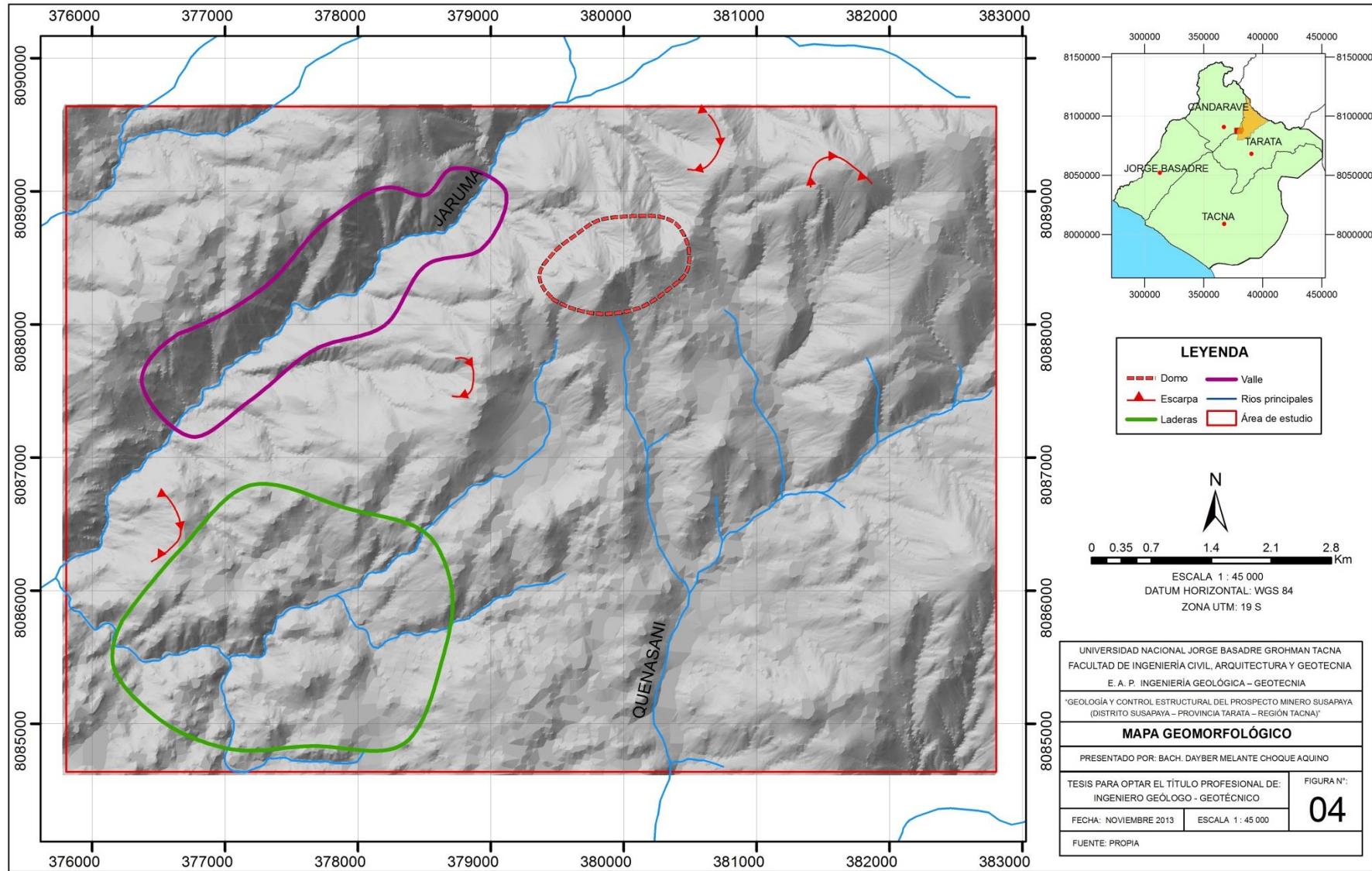
3.2.3. Escarpas.

En el área de estudio las escarpas se encuentran ubicadas al Noroeste del área de estudio con escarpas de hasta 500m de diferencia de altitud y con pendientes casi verticales generados por fallas locales y depresiones volcánicas.

3.2.4. Domos.

Son flujos de lava de ascenso vertical, constituyendo geoformas aisladas, a las que se puede apreciar en la imagen satelital. Geomorfológicamente, se caracteriza por su forma ondulada redonda y de pendiente suave. Los domos son circulares y redondeados.

Litológicamente está constituido por un solo tipo de roca, en la zona de estudio la litología esta contrala por una dacitas porfíricas.



CAPITULO IV

GEOLOGÍA REGIONAL

4.1. ESTRATIGRAFÍA.

El cambio litológico está marcado entre el Jurásico Superior y Cretáceo desde secuencias sedimentarias detríticas calcáreas a ígneas, y volcánicas que se manifiestan hasta la actualidad con una actividad fumarólica en los volcanes, y fuentes termales. [5]

4.1.1. Grupo Yura.

Los afloramientos expuestos dentro del cuadrángulo se encuentran bien aislados pero con mayor concentración hacia el Sur.

4.1.1.1. Formación Labra (Js-la).

Esta formación fue descrita por H. Jaén (1965) como Formación Ataspaca. Se encuentra bien dispersa en afloramientos aislados conformada por litología de areniscas cuarzosa, cuarcitas, lutitas y limolitas. El grosor que alcanza es de 350m.

La edad Jurásico Superior determinada por H. Jaén (1965) ha sido en base al espécimen *Posidonia escuttiona* DOUGLAS, y otros especímenes *Macrocephalites*, *Reineckia* y *Perisphinctes* reportado por Wilson y García(1962) en el cuadrángulo de Pachía y Palca. Aunque no se han encontrado fósiles indicativos se considera también Jurásico Superior en base a la similitud litológica con los afloramientos de la Formación Labra del área de Arequipa. [5]

4.1.1.2 Formación Hualhuani (Ki-hu).

Serie sedimentaria consta de cuarcitas con intercalación de calizas, areniscas de escasa extensión sobreyaciendo a calcarenitas y calizas respectivamente, mientras que gran parte se encuentra cubierto por volcánicos del Grupo Toquepala, Formación Matalaque, y volcánicos del Paleógeno-Neógenos, el grosor aproximado es de 300 m.

H. Jaén (1965) la describió como Formación Chachacumane, nombre asignado por Wilson en el cerro Chachacumane (cuadrángulos de Pachía y Palca 1962). Por su posición

estratigráfica y correlación con el área de Arequipa se le asigna al Cretáceo Inferior. [5]

4.1.1.3. Formación Matalaque (Ki-ma).

Serie volcánica consiste de derrames andesíticos y traquíticos con intercalaciones de brecha de flujo y escasos sedimentos arenosos abigarrados. Marocco y Del Pino (1966). En el área, de estudio la base de la secuencia no se observa y el techo subyace discordantemente al Grupo Toquepala. En área de Putina sobreyace a la Formación Hualhuani y su grosor se considera en 600m en el cerro Alto Chintari.

La edad Cretáceo Inferior ha sido establecida en función de sus relaciones estratigráficas con el techo de la formación que infrayace a rocas volcánicas del Grupo Toquepala del Cretáceo Superior. [5]

4.1.2 Grupo Toquepala.

Secuencia volcánica tobácea constituida por la formación Quellaveco, esta última compuesto por unidades gruesas de tobas andesíticas y tobas litícas.

4.1.2.1. Formación Quellaveco (KsP).

Conocido como volcánico Quellaveco en el cuadrángulo de Moquegua, formalizado como formación por W. Martínez (Com. Pers), está constituida por varias unidades y las que afloran en el área son las unidades de tobas y andesitas Samanape.

- **Unidad Inferior:** Secuencia volcánica de tobas andesíticas litoclásticas, toba de pómez lítico de afloramiento local, depósito conglomerádico subredondeado en estratos medianos de 1 a 5 m de grosor y bancos masivos de lavas litícas porfíricas de color violáceo.

El grosor de esta Unidad se calcula en 600m en el Valle de Curibaya Por sus relaciones estratigráficas que sobreyacen a rocas del Cretáceo Superior e infrayace a rocas del Cretáceo-Paleógeno su edad se considera también Cretáceo Superior-Paleógeno, aunque determinaciones radiométricas realizadas para esta Unidad en el cuadrángulo de Moquegua, en la mina Quellaveco Zimmermann y Kihien 1983 reportan edades de 53.6 +3.0; 55 +1.10 y 56.2+ 2.10 Ma y en la mina Cuajone Clark, 1990 reportan 52.3 +1.6; 52.43+ 1.7 Ma los sugieren una edad Paleógena para esta Unidad. [5]

- **Unidad Superior:** Secuencia de tobas de clastos y bloques en estratos más delgados que la unidad inferior. Los piroclastos soportan fragmentos lávicos parcialmente devitrificados y argilizados con inclusiones de calcedonia, minerales oscuro verdosos.

Su relación con la base es discordante asentándose sobre la Unidad Inferior de andesitas e infrayace a la Formación Tarata (miembro Inferior) alcanzando un grosor de 350 m. al Norte de Borogña. La edad en base a su posición

estratigráfica permite asignarla al Cretáceo Superior-Paleógeno. [5]

4.1.3 Grupo Tacaza.

Secuencia alternada de rocas volcánicas y volcánico-sedimentarios, están conformados por las formaciones Huilacollo, Tarata Inferior y Superior.

4.1.3.1. Formación Tarata Inferior (P-ta_i).

Secuencia volcánica de piroclastos arenosos flujo de tobas y lavas. También se encuentran flujo de toba de pómez y ceniza, sobre ello se expone secuencia litoclástica ampliamente expuesta, de aspecto masivo y composición básica.

El grosor en el cerro Sevacirca se estima en más de 350m. La base de los flujos lávicos y piroclásticos sobreyacen discordantemente a rocas del Cretáceo Inferior (Hualhuani, Volcánico Matalaque, etc.). Y el techo al sur del pueblo de Tarata infrayace a sedimentos volcánico sedimentarios

Por su posición estratigráfica sobreyaciendo a rocas del Cretáceo-Paleógeno, por el momento se le atribuye la edad que podía ser Paleógena. Aunque en el cerro Sevacirca Norte. Vatin; Perignon y otros (1996) mediante el método K-Ar obtienen una edad de 20. 36 +0.8 Ma. [5]

4.1.3.2 Formación Tarata Superior (P-ta_s).

Secuencia volcánica sedimentaria de amplia extensión. Compuesta de sedimentos laminares (sineritas), seguido por piroclastos. Hacia la parte superior aumenta los clastos subredondeadas a redondeadas de rocas volcánicas, flujo lítico, volcánicos en estratos gruesos con intemperismo esferoidal, intercalación de limolitas y piroclásticos, pasan gradualmente a intercalaciones de limolitas con calizas y hacia el techo abundan niveles de chert.

La base de la secuencia sobreyace a depósitos litoclásticos de la Formación Tarata Inferior y a la Unidad superior de la Formación Quellaveco, al sur de Tarata el grosor aproximado es de 400 m.

La edad de esta formación se ha determinado en función de su posición estratigráfica, H. Jaén (1965) reporta ostrácodos pero de rango amplio. Se le asigna al Paleógeno. [5]

4.1.3.3. Formación Huilacollo (Nm-hl).

Son secuencias de lavas, tobas de cristales y aglomerados todas de composición andesítica, que contienen litoclastos dispersos subredondeados a subangulosos fuertemente soldados y en bancos masivos. Los bloques y clastos son menos compactos, también son masivos, en la matriz de arenas con líticos menores a 2cm. En las tobas litocristalinas los fragmentos de roca están constituidos por andesitas afaníticas y porfiríticas débilmente alterados a sericita y limonitas.

La formación Huilacollo sobreyace a la formación Tarata Superior e infrayace a la formación Huaylillas y se le estima un grosor aproximado de 600 m.

La edad de esta formación se le atribuye Neógeno debido a la superposición estratigráfica que sobreyace a ocas del Paleógeno

e infrayace a volcánicos del Neógeno que tienen determinaciones radiométricas que fluctúan entre 18 y 22 Ma.

[5]

4.1.4. Formación Huaylillas (Nm-hu).

Flujo de tobas líticas, piroclastos de arena y ceniza moderadamente soldadas, afloramiento bien expuesto formando superficie semiplana y acantilados en el corte de los ríos. La base de las tobas rosáceas localmente presentan estructuras de fíame de los pómez, las tobas fuertemente soldadas son nodulosas, cavernosas y con huellas de acumulación de gases hacia arriba tobas de ceniza medianamente sueltas con abundante biotita.

En esta extensión algunas muestras analizadas por H. Jaén (1965) muestran un quimismo más riolítico que andesítico (H. Jaén 1962).

La edad de la formación debido a que es volcánica tobácea, se le atribuye al Mioceno Inferior mediante determinaciones radiométricas hechas utilizando el método K-Ar la edad determinada es 18.43 ± 0.41 Ma en; Pallata. Al norte de Pallata usando en método K-Ar, K-B

Tosdal, Farrar Clark en 1981 e INGEMMET & Electroperu en 1994 reportan 21.5 ± 0.7 Ma y 21.5 ± 0.7 Ma respectivamente Al este de Susapaya Ingemmet & Electroperu en 1994 mediante el método K-B reporta la edad de 22.03 ± 0.51 Ma. [5]

4.1.5. Grupo Barroso.

Afloramiento extenso conformado por rocas volcánicas que constituyen la prolongación noroeste de la Cordillera del Barroso Wilson (1962) y que entra por el lado Este-Sureste del cuadrángulo de Tarata agrupándoseles en dos, series la primera conformada por centros de efusión de poca energía expuestos en los cerros Chinchillane, Chulluncayane, Yanache. Y la segunda con una alineación de cerros orientados transversalmente de Norte – Sur virgando ligeramente al Noreste y que está comprendida entre Ancocollo y el cerro San Francisco, incluyendo el alineamiento del volcán Yucamani-cerro Izcailarjanco. Otro centro de emisión volcánica mixta de alta y baja energía que como Tutupaca y Chuquiananta forman centros volcánicos independientes.

Los centros de emisión volcánica de baja energía han formado aparatos volcánicos por efusiones sucesivas de flujos de clastos y bloques intercalados con flujos lávicos y mientras que los volcanes Tutupaca y Chuquiananta han tenido dos facies bien definidos, una primera fase eminentemente explosiva productos volcánicos constituidos por piroclastos de arena interestratificados con estratos de ceniza pómez y líticos han sido expelidos por más de una decena de kilómetros, la otra fase litoclástica de bloques y clastos muy dominantes y depósitos de lahar se superponen modelando los aparatos volcánicos actuales. Después de mucha emisión de flujos volcánicos de baja energía queda evidencias de una fase explosiva de origen freatomagmático afectando el Noreste del volcán Tutupaca cuyos productos volcánicos en forma de costras de pan se encuentran expuestos a más de 4 Km de distancia de la fuente origen. [5]

4.1.6. Cuaternario.

Están constituidos por depósitos de origen glacial, transporte acuoso, degradación de rocas in situ (paleosuelos), pantanos.

4.1.6.1. Depósito Aluvial (Q-al).

Están constituidas por dos tipos de depósitos la primera de ellas son todas aquellas acumulaciones detríticas que se encuentran cubriendo en capas delgadas no cartografiables, conformado por rocas volcánicas compuesto por el mismo material de las rocas subyacentes conformando suelos residuales en algunos casos, El otro grupo está dado por los depósitos expuestos en el fondo de los valles formando terrazas, o el mismo fondo de valle, acumuladas por acción de las aguas o formando abanicos aluviales en la desembocadura de las quebradas. [5]

4.1.6.3. Bofedales (Q-bo).

Constituyen suelos sobresaturados por agua estancada, estos pueden ser estacionales o permanentes. Los estacionales son de muy corta duración el agua se consume por evaporación o por filtración lenta y deja una cubierta de gramíneas.

Los bofedales permanentes mayormente se ubican en el fondo de los valles. Los principales son las que se encuentran al Norte de la laguna de Vilacota o en el paraje de Cano, Colpapampa, Ancocollo y la quebrada de Caracara. Ambas áreas son empleadas para el pastoreo. [5]

4.2. ROCAS INTRUSIVAS.

4.2.1. Unidad Intrusiva No Asignada.

Comprenden afloramientos de pequeña extensión, uno de ellos es una diorita que se encuentra al noreste del área de estudio. Está fuertemente intemperizada, la alteración ha ocasionado la argilización de las plagioclasas y la cloritización de los máficos. La edad se considera Cretácea-Paleógena. [5]

4.2.2. Unidad Intrusiva Challaviento.

Unidad intrusiva de distribución amplia y de variada composición, se le encuentra expuesta desde las inmediaciones de la localidad de Ticaco y

se prolonga al Sureste en los cuadrángulos de Pachía-Palca, está compuesto por los siguientes cuerpos intrusivos.

4.2.2.1. Diorita (Pe-cha/di).

Cuerpo pequeño de textura granular, se emplaza entre la secuencia de la Formación Labra en el cerro Chujovilque, Mineralógicamente se constituye de minerales de plagioclasa débilmente argilizados y sensitizados con máficos cloritizados, fracturas rellenas de cuarzo y epidota. [5]

4.2.2.2. Granodioritas (Pe-cha/gd).

El afloramiento de intrusivo más extenso del área son las granodioritas las que en el área de Ticaco están bien intemperizados y a su vez argilizados, cerca al contacto con el sienogranito las rocas muestran cierta gradación de diorítica a granodiorítica. La edad de este conjunto de rocas se considera Paleógeno en base a las determinaciones radiométricas efectuadas en dos muestras tomadas al Noroeste de Ticaco y que fluctúan entre 40.8+1.5 Ma y 44.83+ 4.30 Ma. [5]

4.2.2.3. Sienogranito (Pe-cha/sg).

Un afloramiento longitudinal de sienogranito se extiende orientado de Noroeste-Sureste siendo de grano medio a fino de color gris compuesto por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y biotitas, las biotitas débilmente cloritizadas y los feldespatos potásicos débilmente argilizados. [5]

CAPÍTULO V

GEOLOGÍA LOCAL

Las diferentes unidades litológicas del área de estudio, se han ubicado siguiendo un orden geocronológico. Para ello se ha tomado en cuenta las evidencias locales y regionales de campo y la bibliografía existente.

5.1. FORMACIÓN TARATA INFERIOR (P-ta_i).

Son tobas de cristales, líticos y cenizas de composición dacítica, los fenocristales corresponden a plagioclasas y feldespatos alcalinos, cristales de formas pseudo-cúbicos y sub-redondeados, ojos de cuarzo con inclusiones de feldespatos, “book” de biotitas hexagonales y hornablenda, los fragmentos líticos corresponden (areniscas, cuarcitas, lutitas, limolitas y vulcanitas) son angulosos, sub-angulosos y sub-redondeado (ver foto N° 04).



Foto N° 04: Tobas de cristales, líticos y cenizas de composición dacítica, los líticos corresponden (lutitas, limolitas y vulcanitas).

5.2. FORMACIÓN HUILACOLLO (Nm-hl).

Sobreyace a la formación Tarata inferior y afloran al lado noreste del área de estudio, son secuencias de lavas, tobas de cristales y aglomerados todas de composición andesítica, con alto contenido de magnetita, los mapeos detallados nos ha permitido reconocerlos (ver foto N° 05).



Foto N° 05: Tobas de cristales y cenizas de composición andesítica, matriz fina violácea, presenta magnetita.

5.3. FORMACIÓN HUAYLILLAS (Nm-hu).

En el prospecto Susapaya, la formación Huaylillas presenta el miembro inferior. Es fácilmente distinguible en el campo ya que forman sabanas extensas. En la secuencia inferior las tobas están soldadas y siempre son más densos, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y biotita, localmente contienen vitrófiros. Mientras que las tobas superiores son menos soldados, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y biotita (ver foto N° 06).



Foto N° 06: Toba de cristales riodacítica, matriz violácea, fresca bien soldada.

5.4. CUERPOS SUBVOLCÁNICOS E INTRUSIVOS.

5.4.1. Dacita Porfirítica.

Se trata de un aparente domo de composición dacítica de una textura porfirítica de grano medio a grueso, cuarzo primario 15% de grano medio (englobando fantasmas de feldespatos), feldespatos 15-25%, se halla en la parte central y norte de la zona de estudio, siendo esta la roca que presenta mayor alteración (ver foto N° 07).



Foto N° 07: Dacita porfirítica alterada con presencia de goethita-hematita-jarosita.

5.4.2. Pórfido Feldespático.

Ha sido identificado en los mapeos detallados, hay afloramientos discretos de unos 150 x 50 m, atravesando a la dacita, es un intrusivo de ambiente sub-volcánico, presenta fenocristales de feldespatos potásico de 0.5 a 1.5 cm de largo (50-60%), cristales de cuarzo hialinos sub-redondeados (5%), cristales tabulares de hornblenda hasta de 1 cm de largo (5-10%), biotita (5%), matriz fina de feldespatos con sílice (30-40%), (ver foto N° 08).

La roca se encuentra con alteración propilitica, argílica, fílica y potásica (manchas de magnetita hidrotermal reemplazando hornablendas y biotitas).



Foto N° 08: Pórfido feldespático con fenocristales euhedrales y subhedrales de feldespatos, matriz fina.

5.4.3. Andesita Porfirítica.

Se trata de diques que solo aflora apófisis poco extensos siendo esta alguna ramificación de un posible cuerpo más grande a profundidad, son las últimas manifestaciones del magmatismo y atraviesan a todas las unidades litológicas. Son rocas de composición andesítica de

textura porfirítica, con matriz afanítica englobando cristales de hornblenda y magnetita fina, presenta una débil alteración propilitica con trazas de pirita (ver foto N° 09).



Foto N° 09: Andesita porfirítica con fenocristales de plagioclasa dentro de una matriz fina.

5.5. BRECHA HIDROTHERMAL.

Hemos localizado cuerpos de brecha del tipo hidrotermal, de matriz soportada de sílice, donde sus clastos son de diversos tamaños, y están compuestos mayoritariamente de dacita porfirítica, tobas dacíticas, riolitas, sílice

granular, sílice opalina y sílice vuggy. Cuyas potencias varían y alcanzan hasta los 50 m (ver foto N° 10).

En la zona Norte y Noreste se tiene la presencia de brechas de unos 300 metros lineales, se observa zonas craqueladas como vestigios. La alteración es argílica avanzada, con dominio de sílice-alunita. La lixiviación es hematita-jarosita (pirita), venillas de sílice y stockwork con limonita y hematina.



Foto N° 10: Brecha hidrotermal, fragmentos angulosos de dacita porfirítica alterada, con un material cementante de alunita-pirofilita y sílice.

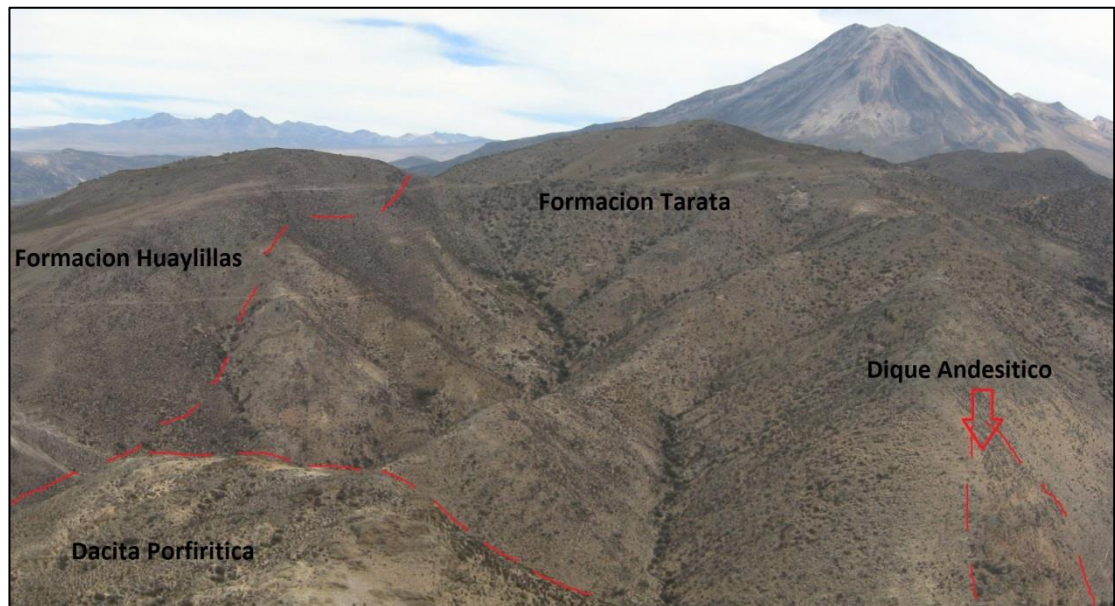


Foto N° 11: Contacto entre la formación Huaylillas y la Dacita porfirítica alteradas, a la derecha afloramiento del dique Andesitico (Tomada desde: 379 840 E; 8 088 785 N, mirando al Noroeste).



Foto N° 12: Vista desde la parte central del prospecto (mirando al Oeste), mostrando el Domo dacitico con alteración argílica.

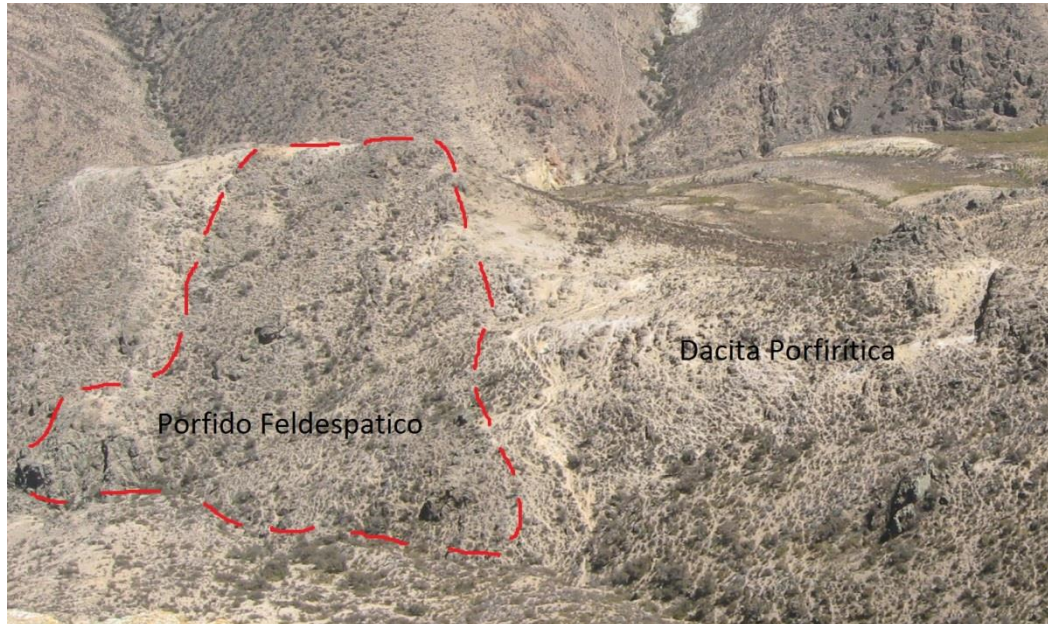


Foto N° 13: Véase afloramiento del pórfido feldespático con una alteración cuarzo-caolín. (Tomada desde: 379 735 E; 8 088 527 N, mirando al Noreste).

5.6. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al).

Están constituidas por depositación de materiales originados por una erupción volcánica, expuestos en el fondo de los valles formando terrazas o el mismo fondo de valle. Los materiales piroclásticos (tobas y ignimbritas) son de composición dacítica, con una matriz que se presentan en forma de arenillas (ver foto N° 14). Con potencias que van hasta los 10 m.



Foto N° 14: Dacita moderadamente lixiviada (Ignimbrita). Abundante plagioclasa, cuarzo y biotita.



Foto N° 15: se observa material piroclástico formando terrazas en los valles, probablemente provengan del volcán López Extraña.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA




ERA	SIS.	SERIE	PISO	EDAD (Ma)	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA	NEOGENO	HOLOCENO	ACTUAL	0.0115	Cuaternario		Materiales piroclásticos (tobas y ignimbritas) son de composición dacítica, se presentan en forma de arenillas.	Domos y flujos de domos dacíticos, pórfido feldespático y diques andesíticos.
		PLEISTOCENO		1.806				
		MIOCENO	LANGHIANO	15.97	Formacion Huaylillas		En la secuencia inferior los tufos están soldados y siempre son más densos, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y biotita, localmente contienen vitrófiros. Mientras que los tufos superiores son menos soldados, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo y biotita.	
			BURDIGALIANO	20.43				
	AQUITANIANO		23.03					
	PALEOGENO	OLIGOCENO	CHATTIANO	28.4 +/- 0.1	Grupo Tacaza		Son secuencias de lavas, tobas de cristales y aglomerados todas de composición andesítica, con alto contenido de magnetita.	
			RUPELIANO	33.9 +/- 0.1				
		EOCENO	PRIABONIANO	37.2 +/- 0.1			Formacion Huilacollo	
			BARTONIANO	40.4 +/- 0.2				
			LUTETIANO	48.6 +/- 0.2				
		PALEOCENO	YPRESIANO	55.8 +/- 0.2			Formacion Tarata Inferior	
			THANETIANO	58.7 +/- 0.2				
			SELANDIANO	61.7 +/- 0.2				
DANIANO			65.5 +/- 0.3					

Figura N° 05: Columna Estratigráfica Local, donde se ubica los diferentes niveles litológicos (Fuente Propia).

CAPÍTULO VI
CONTEXTO TECTÓNICO, METALOGENÉTICO Y MARCO
ESTRUCTURAL ASOCIADO

6.1. CONTEXTO TECTÓNICO.

Los Procesos magmáticos y tectónicos están íntimamente relacionados en el tiempo y en el espacio. La tectónica busca comprender los procesos de deformación a gran escala que conducen a la construcción de Orógenos, la tectónica aborda la arquitectura y cinemática de las grandes fallas y las causas impuestas por la tectónica global. El análisis cinemático es el estudio de los movimientos de las partículas de un cuerpo finalmente deformado. [1]

La Cordillera de los Andes se ha formado como consecuencia de tres ciclos geodinámicos mayores:

- a).** Ciclo geodinámico del Precámbrico: se caracteriza por presentar procesos de colisión, subducción y acreción de terrenos continentales y oceánicos.

- b).** Ciclo geodinámico del Paleozoico: se caracteriza por episodios de subducción, fusión cortical y extensión.

C). Ciclo geodinámico del Triásico a la fecha, también conocido como Ciclo Andino (U. Petersen, 1990). Este ciclo consta de 2 fases:

- Fase Extensional (Triásico superior a Cretácico): acá se deposita la secuencia sedimentaria clástica carbonatada en la depresión Peruana Oeste, en un régimen de subducción tipo Mariana (Mégard, 1984)

- Fase Compresional (Cretáceo superior a Holoceno): En el Cenomaniano temprano la subducción tipo Andina ocasiona la emergencia de la Cordillera de los Andes, caracterizado por episodios repetitivos de compresión, consecuente plegamiento - cabalgamientos en las rocas sedimentarias, intenso magmatismo, engrosamiento de la corteza (Megard, Petersen, Benavides, Vidal, 1999) (ver figura N° 06). [6]

El inicio de la mineralización fue provocado por un aumento en las tasas de convergencia de la placa, que dio lugar a la generación de magma hidratado, que se derrite por la descomposición de un manto superior rico en anfíboles. Altamente oxidado con minerales máficos ricos H₂O se derrite con una solubilidad, con alto contenido de azufre y son eficaces portadores de elementos calcófilos (Burnham, 1979). [1]

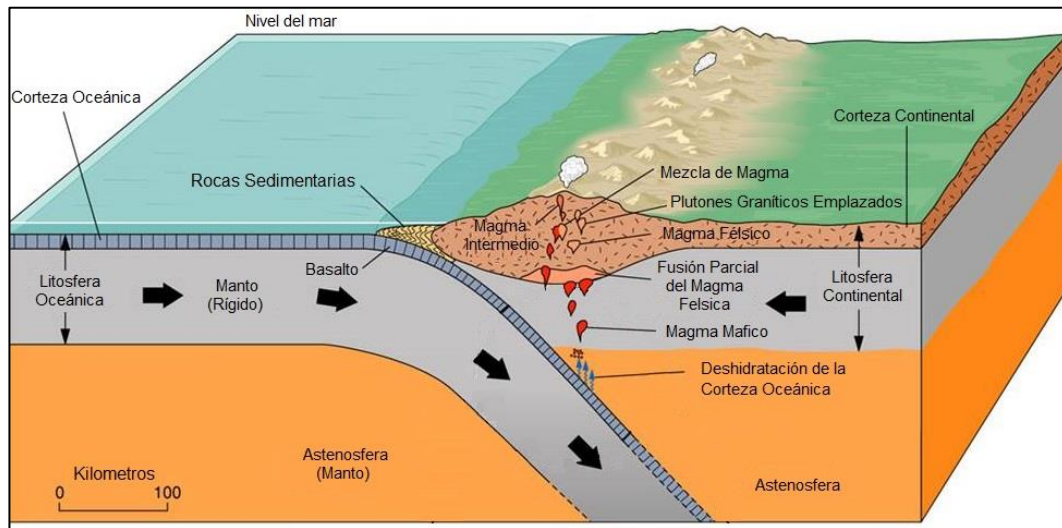


Figura N° 06: Se observa la Fase Compresional: Diferencias de densidad la placa oceánica más densa tira hacia abajo. El incremento de la presión y la temperatura con la profundidad desestabilizan los minerales hidratados liberando fluidos hacia la corteza continental (>1200 °C). Los fluidos liberados provocan una fuerte variación de temperatura originando la fusión parcial del manto.

6.2. CONTEXTO METALOGENÉTICO.

Cada franja metalogenética describe la evolución geológica y se relaciona el entorno geológico bajo los cuales se formaron los diversos tipos de yacimientos minerales; así como los límites tectónicos, sus características estratigráficas, estructurales y magmáticas. Desde el punto de vista geológico-económico, se describen los principales yacimientos minerales y sub-tipos asociados que constituyen cada franja, según su génesis, contenido metálico y edad de mineralización. [4]

- **Franja de Cu-Fe-Au (IOCG) del Jurásico medio-superior (V):** El control estructural es el sistema de fallas Islay-Ilo. Este dominio termina en la falla Iquipi, para luego aparecer más al norte en el dominio Puquio-Caylloma, donde se tienen los depósitos de Marcona, Mina Justa con edades de mineralización entre 165 y 160 Ma. [4]

- **Franja de Pórfidos Cu-Mo del Jurásico medio (VI):** Está limitado por el sistema de fallas NO-SE Islay-Ilo y fallas menores NE-SW y N-S. Los depósitos más relevantes son Tía María y La Llave, con edades de mineralización entre 166 y 155 Ma. [4]

- **Franja de Cu-Fe-Au (IOCG) del Cretácico inferior (VIII):** se encuentra dividido en dos segmentos: Paracas-Acari y Locumba-Sama, que corresponden a los bloques Puquio-Caylloma y Atico-Mollendo-Tacna, respectivamente. Los depósitos se relacionan a los controles de mineralización son fallas NW-SE y NE-SW. En el segmento norte destacan Tanguche, Raúl-Condestable, Monterrosas, Eliana y Acarí. Entre Locumba y Sama, los depósitos más importantes Licona y Hierro Morrito. En general, para los dos dominios, los eventos de mineralización se dan entre 115 y 100 Ma. [4]

- **Franja de Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior (X):** La mineralización está relacionada con intrusivos del Cretácico superior del batolito de la Costa y controlada por fallas NW-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra, Cincha-Lluta e Incapuquio. Los principales depósitos, en el norte, son Marcahui, Durazno, Puquio, Cuco, Lara, Tibillos, y en el sur, Zafranal y Angostura. Las edades varían entre 80 y 68 Ma. [4]

- **Franja de Au-Pb-Zn-Cu relacionados con intrusivos de Cretácico superior (XII):** se encuentra restringida hasta la falla Iquipi y alrededores donde están los intrusivos. En el dominio Puquio-Caylloma, las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del batolito de la Costa. Los principales depósitos son Orión, Caravelí, Ishihuinca, Calpa y San Juan de Chorunga. [4]

- **Franja de Epitermales de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno (XXII):** Esta franja se superpone al dominio Andahuaylas-Yauri. Agrupa a depósitos epitermales de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración. Se les puede dividir en dos épocas de 18 a 13 Ma y 12 a 8 Ma. Resaltan los depósitos Au-Ag de

alta sulfuración de Chipmo-Orcopampa (18 Ma), Poracota y posiblemente Arasi. Asimismo, destacan los epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración de Calera, Caylloma y Selene (13 Ma). [4]

➤ **Franja de Epitermales de Au-Ag del Mioceno – Plioceno (XXIV):**

limita al W con el sistema de fallas Incapuquio y al E en parte está controlada por el sistema de fallas Condoroma-Caylloma-Mollebamba, en el dominio volcánico de la cordillera. La mineralización está relacionada con actividad magmática Mioceno-Plioceno. La mineralización Au-Ag es epitermal de alta sulfuración (entre 7 y 1 Ma), con excepción de Arcata que es Ag-Au de baja sulfuración (5.4 Ma). Los epitermales Au-Ag de alta sulfuración son Tucari, Santa Rosa, Pucamarca, Pico Machay, Corihuarmi, Huamanraza, Ccarhuaraso, Palla Palla y Baños del Indio. [4]

➤ **Franja de Pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos del Paleoceno-Eoceno (XV):**

Los mayores yacimientos de la franja de sistemas porfiríticos del Paleoceno-Eoceno inferior son Cuajone, Toquepala y Quellaveco (Figura N° 08). Constituyen una agrupación o clúster de yacimientos de Cu que se localizan en el flanco oeste de la Cordillera Occidental del sur del Perú, prolongándose hasta el norte de Chile. Los tres sistemas son del tipo pórfido de Cu-Mo, de tamaño

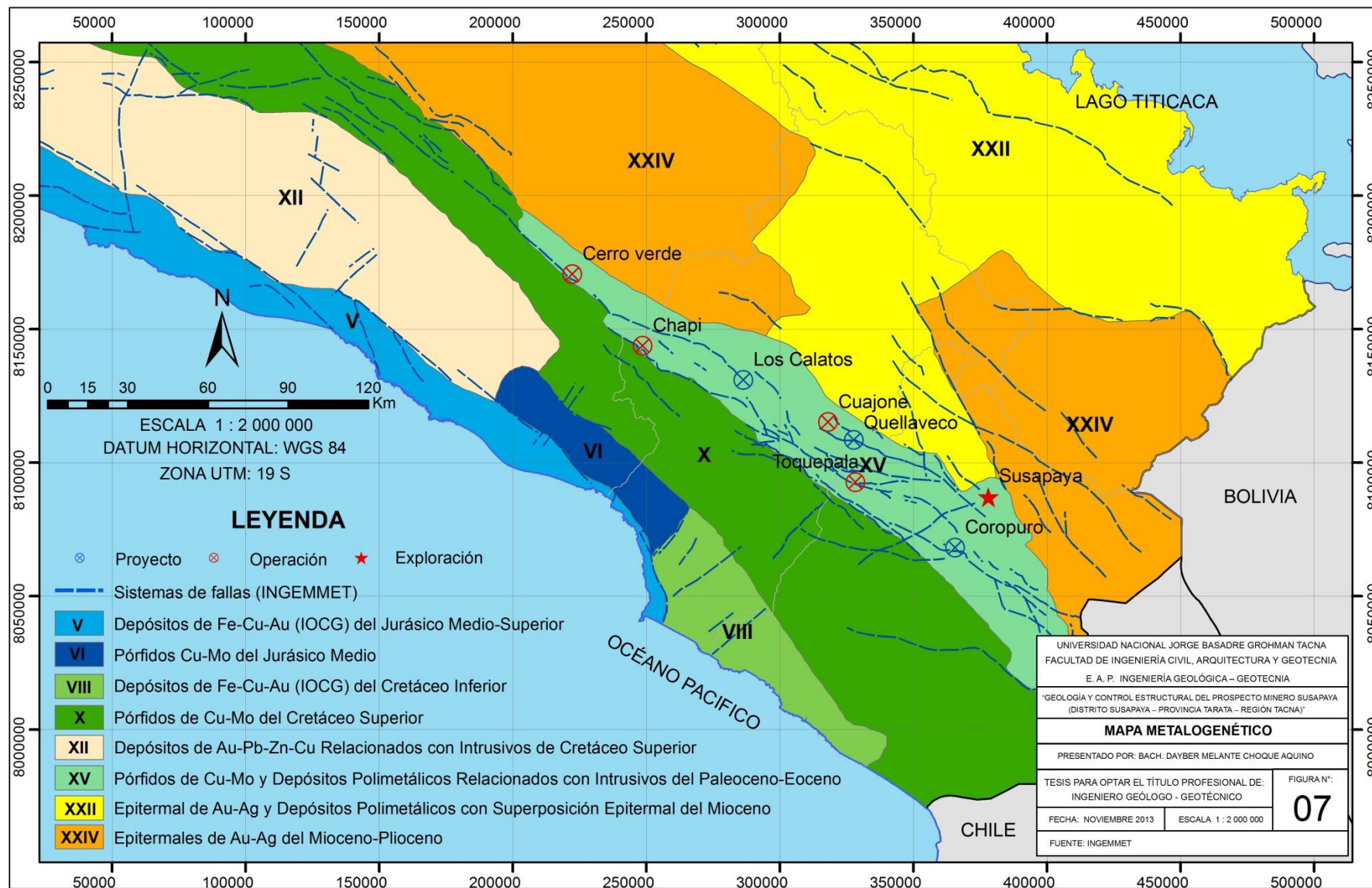
intermedio con excepción de Cuajone, que corresponde a la categoría de los yacimientos gigantes. Estos depósitos incluyendo Cerro Verde, forman una agrupación que contienen el 76 % del total del cobre fino existente en toda esta franja, contando los de Chile, con una cifra global de 4636 millones de toneladas con 0.64% Cu (Camus, 2003).

Cuajone, Toquepala y Quellaveco se encuentran emplazados en el complejo volcánico Toquepala que forma parte del arco volcánico continental, desarrollado entre el Campaniano superior y el Paleoceno (75-59 Ma; Benavides, 1999).

El Grupo Toquepala está intruido por un complejo plutónico compuesto por diorita, granodiorita, granito, monzonita cuarcífera y dacita, datado del Cretácico superior-Paleógeno (Satchwell, 1983). Este complejo tiene una orientación NW-SE y aparece parcialmente cubierto, en Cuajone y Quellaveco, por los depósitos volcánicos de las formaciones Chuntacala y Huaylillas. En Quellaveco, el complejo intrusivo es granodiorita a tonalita y cubre una superficie de 4 km², aflora en la quebrada del río Asana y constituye la principal roca encajante del yacimiento (Estrada, 1975; Candiotti, 1995).

El control estructural de la franja está dado por el sistema de fallas Incapuquio-Micalaco y Cincha-Lluta (Figura N° 08), los que parecen controlar la ubicación de los complejos intrusivos, así como la distribución de la alteración y mineralización de los yacimientos de Cuajone, Toquepala, Quellaveco y Cerro Verde.

En la figura N° 07 se observa el Mapa Metalogénico (INGEMMET), mostrando la ubicación del Prospecto Minero Susapaya dentro de la franja XV, de Pórfidos Cu-Mo de clase mundial alineados en rumbo NW-SE, y lineamientos regionales. [4]

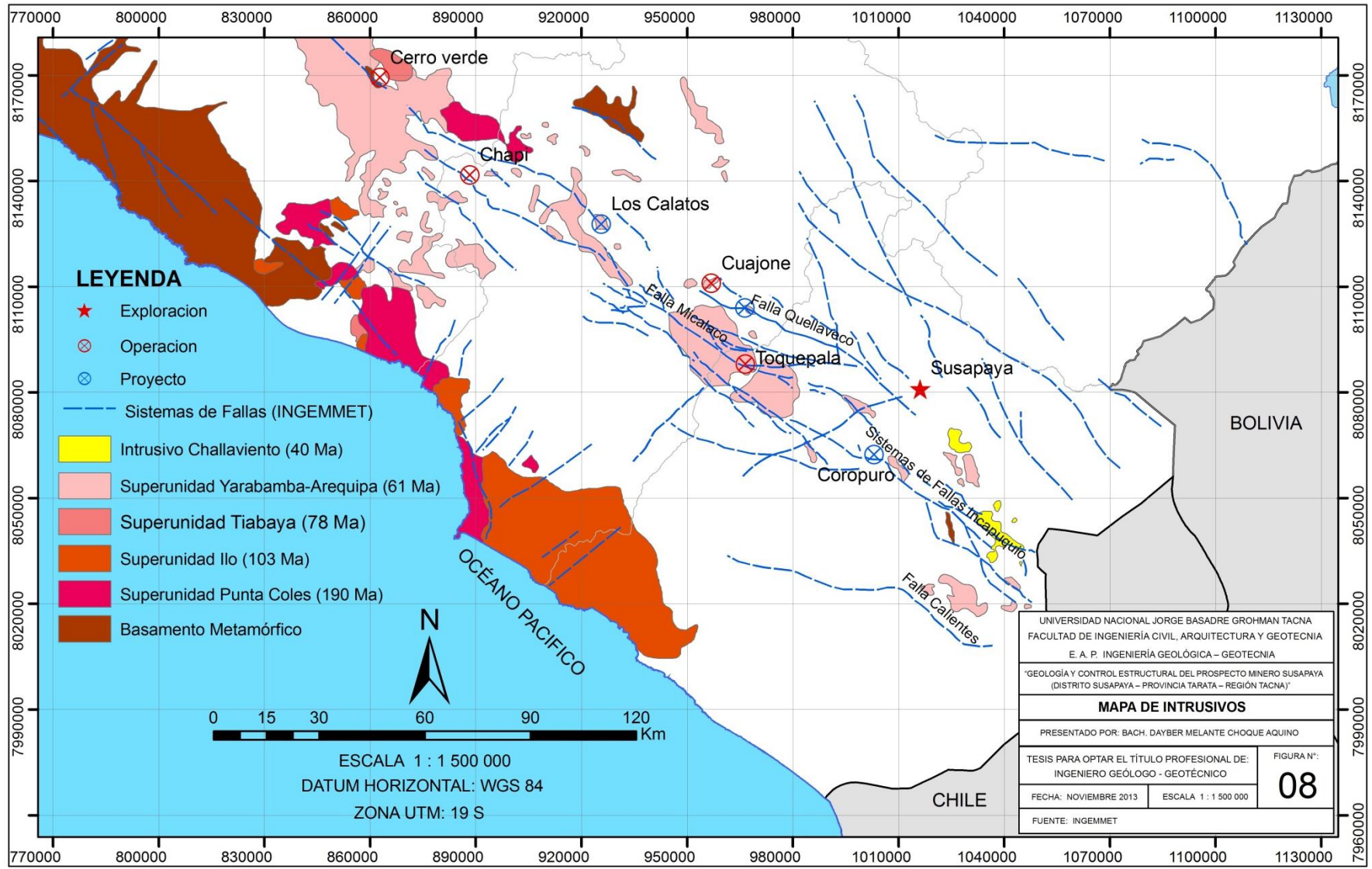


6.3. MARCO ESTRUCTURAL ASOCIADO.

La estructura dominante de la zona, es el sistema de fallas Incapuquio (SFI), y más al Este hacia los límites de la cuenca se desarrollan sistemas de fallas menores que controlan los emplazamientos de batolitos pequeños como la unidad intrusiva Challaviento en área de Ticaco. Que posiblemente se extienda hacia el Norte y se encuentra cubierta por la secuencia de los volcánicos tardíos (Mioceno). [5]

Estas estructuras han estado sometidas a movimientos constantes de re-aberturas durante las fases del tectonismo Peruano y Quechua. Las fallas se encuentran mayormente sobre suelos volcánicos predominantemente del Neógeno, son fallamientos sencillos traducidos en simples alineamientos de cuerpos volcánicos. [6]

El plano estructural que observamos (Figura N° 08) nos muestra el arco de los volcánicos Toquepala, rocas que alojaron a los cuerpos intrusivos con varios pulsos de intrusión y generaron uno de los cinturones más productivos de pórfidos de Cu-Mo de los Andes Peruanos. Susapaya se emplaza en un lugar expectante estructuralmente entre los límites del arco de Toquepala y el arco volcánico del Barroso. [4]



6.4. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL ÁREA PROSPECTIVA.

El análisis estructural del área de estudio, se realizó mediante trabajos de campo, en función con el análisis de rasgos morfológicos – tectónicos y datos de estrías de falla, permitieron inferir el esquema estructural.

5.4.1. Fallas.

Fallamientos más importantes dentro del área de estudio se encuentran asociados a dos dominios o periodos estructurales: Al Este la falla Tancani que forma parte del complejo de fallas del sistema Tutupaca con orientación NW-SE. Al Norte tenemos la falla trasandina con rumbo NE-SW conocida como falla Jaruma, al Sur la falla Cano NE-SW.

El mapeo geológico realizado, identificó los siguientes sistemas de fallas:

- **Sistema NW-SE (Falla Tancani, Calleraco):** Se tiene fallas con un aparente movimiento normal en bloque a rocas explosivas tipo toba

de lapilli soldada de dirección NW-SE paralelas al sistema de fallas Incapuquio, el rasgo estructural más resaltante es la falla Tancani de dirección NW-SE.

- **Sistema NE-SW (Falla Jaruma, Cano):** El rasgo estructural más resaltante es la falla Jaruma de dirección NE-SW con un aparente movimiento dextral y se podría manifestar que el bloque norte ha subido, no reconociéndose el buzamiento de la falla (sistema distensivo), esta estructura está afectando las dacitas alteradas y las rocas más recientes de la Formación Huaylillas

De la interpretación de imágenes satelitales y características geológicas levantadas en campo, se han reconocido características estructurales específicas como lineamientos en diferentes direcciones, donde predominan los lineamientos en dirección NW-SE donde parece estar alineados a pulsos de domos dacíticos.

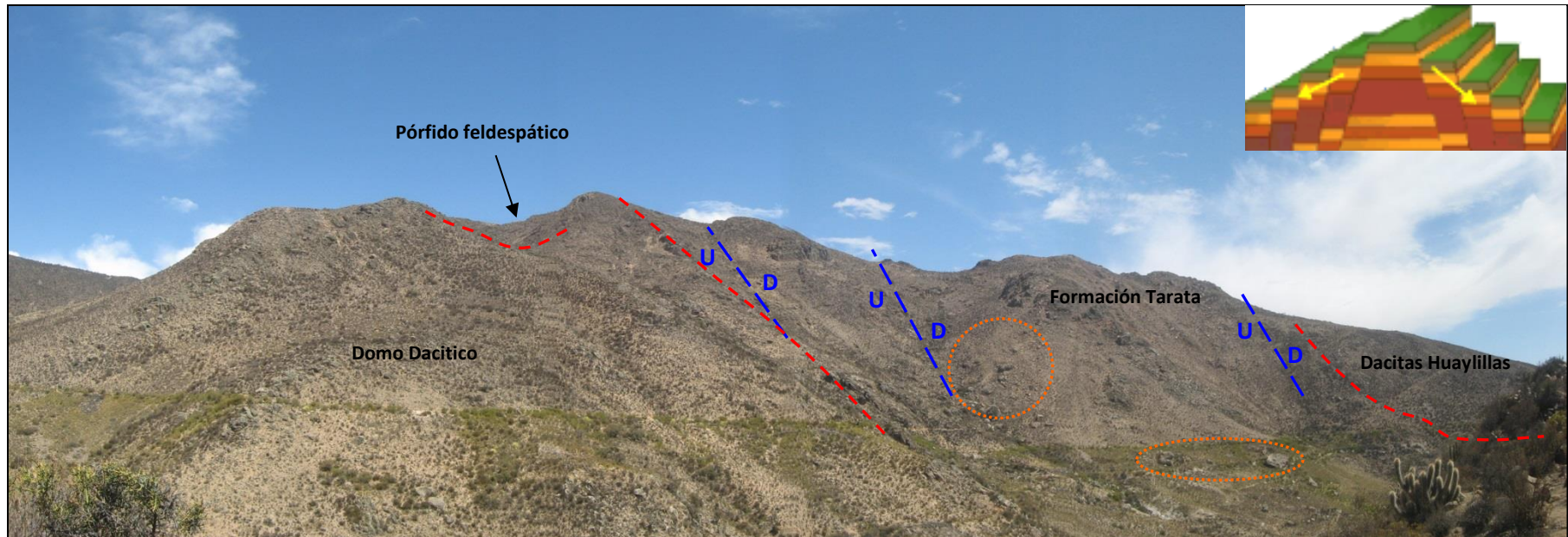


Foto N° 16: Foto tomada desde 379252 E; 8089572 N, mirando al Sur, se puede ver fallas con un aparente movimiento normal (un aparente Horst). Además se ve el contacto entre el domo dacítico alterado y las formaciones Tarata y Huaylillas. Nótese los bloques señalados con líneas punteadas naranja, lo cual nos indicaría que parte del sistema ha sufrido una fuerte erosión, algunos bloques presentan un brechamiento posterior a la mineralización ya que se tiene fragmentos alterados (ver foto N°17).



Foto N° 17: De manejar la idea de estar en un sistema de diatrema, el área de estudio estaría ubicada al borde del sistema, considerando que se tiene grandes bloques en la parte baja cerca del río Jaruma algunos de ellos son de brecha, lo cual indicaría que el sistema ha sido fuertemente erosionando.

5.4.2. Estructuras.

En el área de estudio se han mapeado corredores estructurales principalmente de sílice masiva con pirita en estado de oxidación, producto de las aguas meteóricas (ver foto N° 18). Y del tipo vuggy (ver foto N° 19).

La interpretación de estos datos se han graficado de acuerdo a un software denominado DIPS, que nos ha ayudado en la representación gráfica de todos los datos obtenidos en campo.



Foto N° 18: Afloramiento de cuerpos de sílice masiva granular, en dirección NW-SE.

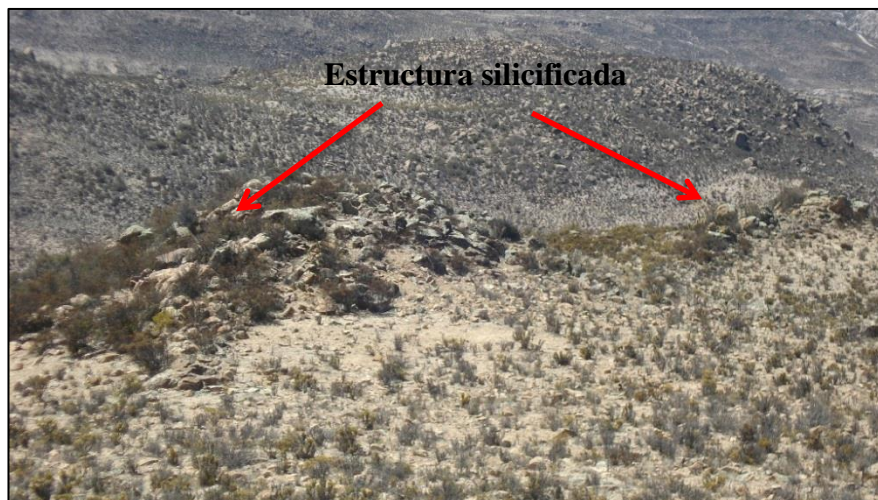
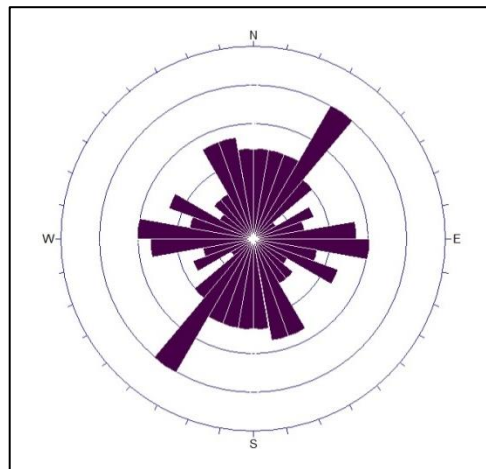
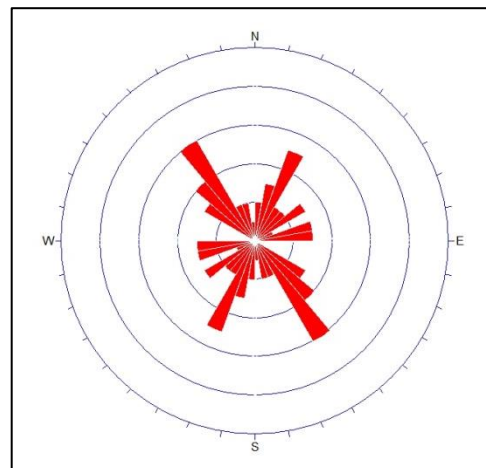


Foto N° 19: Vista mirando al Suroeste de la dacita porfirítica alterada, con crestones de vuggy a lo largo de un corredor estructural.

- **Fractura:** En el diagrama de rosas realizado se puede apreciar que el sistema predominante es NE-SW, además sistemas secundarios también tiene una tendencia E-W, el de menos importancia tiene una tendencia NW-SE.



- **Estructuras de Sílice - Pirita:** En el diagrama de rosas realizado se puede apreciar que el sistema predominante es NW-SE, además sistemas secundarios también tiene una tendencia NE-SW.



CAPITULO VII

ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

7.1. ALTERACIÓN.

El prospecto Susapaya presenta una profusa zona alterada, donde podemos encontrar diferentes ensambles y tipos de alteración. Los grados de alteración varían de pervasiva a débil.

Las alteraciones afectan a todas las rocas existentes en el área de estudio, estando algunas de ellas más alteradas que otras. La mayor parte de la alteración se encuentra en las zonas de la dacita porfirítica, Brechas y en los diques andesíticos es débil.

Dentro de las alteraciones que se mencionan tenemos alteraciones hidrotermales hipógenas y alteraciones supérgenas.

7.1.1. Alteraciones Hidrotermales Hipógenas.

La alteración hidrotermal es un proceso complejo que involucra cambios mineralógicos, químicos y texturales, todo esto como resultado

de la interacción de los fluidos de soluciones acuosas calientes con las rocas circundantes que les permiten el paso, bajo ciertas condiciones físicos-químicas. [2]

La alteración puede desarrollarse en condiciones magmáticas subsólicas debido a la acción e infiltración de fluidos supercríticos al interior de la roca. Las alteraciones hidrotermales principalmente reconocidas y diferenciadas en el prospecto Susapaya son la alteración argílica, argílica avanzada, fílica, propilitica, potásica y silicificación.

➤ **Silicificación:** Caracterizado por presentar un pH (1) muy ácido que genera silicificación en la roca preexistente hasta la obliteración y en algunos casos texturas tipo vuggy sílica (Sílice porosa) que es donde se aloja generalmente el Au en óxidos (hematita, goethita y jarosita) o en sulfuros como la pirita. [2]

En la zona central del área de estudio se tiene cuerpos silíceos, con una sílice que varía entre moderada a fuerte, sílice masiva, vuggy sílica, con una dirección preferente NE-SW, gradando a una alteración cuarzo-alunita y cuarzo-sericita, esta última es una sobreimposición relacionada a las estructuras E-W.



Foto N° 20: La dacita porfirítica presenta alteración moderadamente a fuertemente silicificada.

- **Alteración Argílica Avanzada:** Caracterizado por presentar un PH (2) ácido que genera minerales de argilización por hidrotermalismo como Alunita (acicular o planar), dickita, pirofilita, caolinita, smectita y illita. [2]

En la zona de estudio hay afloramientos discontinuos con una alteración de argílica avanzada (cuarzo-alunita), a lo largo de los alimentadores (feeders) a ambos lados hay un desarrollo de vetillas tipo stockworks siguiendo una dirección preferente NE-NW, E-W.



Foto N° 21: Se observa la alteración argílica avanzada (cuarzo-alunita).

- **Alteración Argílica:** Caracterizado por presentar un PH (3-4) en donde se generan minerales como caolinita, illita, smectita. [2]

La alteración argílica intermedia con ensambles de (cuarzo caolinita), es la predominante en la zona afectando a la dacita porfirítica y pórfido feldespático, ubicándose en la parte central y este de la zona de estudio, ocupando un área aproximada de 2 km × 0.8 km.



Foto N° 22: La dacita porfirítica presenta alteración argílica (sílice-Caolín).

- **Alteración Fílica:** Resulta del proceso retrógrado en el que las soluciones hidrotermales comienzan a enfriarse entre los 500° y 100° C. Viene a ser la lixiviación de los elementos de sodio, calcio y magnesio; el metasomatismo potásico. El potasio es introducido o derivado del feldespato que contiene la roca de composición ácida a intermedia reemplazando feldespatos, especialmente plagioclasas y biotitas, dando lugar a la formación de sericita. [2]

En la zona de estudio se han registrado zonas relativamente extendidas, y algunas estructuras con ensamble cuarzo-sericita, afectando a la dacita y al pórfido feldespático.

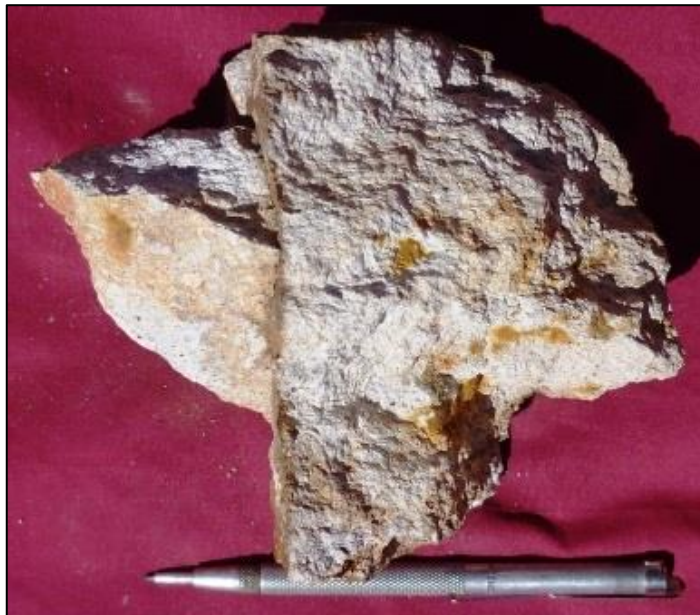


Foto N° 23: La dacita porfirítica presenta alteración fílica (sílice-Sericita).

- **Alteración Potásica:** Alteración producida bajo condiciones de temperatura superior a 400 °C y PH neutro a alcalino, a partir de fluidos altamente salinos, >35-40% en peso de NaCl equivalente (Camus et al., 2003). Feldespato potásico en venillas finas y/o matriz entrecrecida con cuarzo granular. Biotita alterando minerales

ferromagnesianos previos minerales accesorios: cuarzo, magnetita, sericita, clorita. [2]

En la zona de estudio la alteración potásica débil, con los ensambles (feldespato potásico, biotita secundaria fina y magnetita), ocurren esporádicamente en la zona de estudio.



Foto N° 24: Venillas de (cuarzo-feldespato potásico) cortando a las tobas dacíticas.

- **Alteración Propilitica:** Formada contemporáneamente con la alteración potásica, aunque es una fase de menor temperatura. Se encuentra en los límites externos del sistema porfirítico.

El dique andesítico por lo general presenta esta alteración con los ensambles (clorita-epidota-calcita, clorita-calcita y epidota-calcita).

[2]



Foto N° 25: dacita porfirítica, con un ensamble de alteración de (cuarzo-Magnetita-Calcita-clorita).

7.1.2. Alteración supérgena.

La alteración supergena es un proceso de reequilibrio de la mineralogía hipógena a las condiciones oxidantes cerca de la superficie terrestre. La mayoría de las asociaciones de minerales sulfurados son inestables en estas condiciones y se descomponen para originar una nueva mineralogía estable en condiciones de meteorización. Este proceso involucra la liberación de

cationes metálicos y aniones sulfato mediante la oxidación de sulfuros hipógenos.

En el área de estudio, se presentan los dos tipos de intemperismo generando extensas aéreas de alteración supérgena de óxidos de hierro (jarosita, goethita y hematita) generados por la oxidación de la pirita, relacionada al dique andesítico y dacita porfirítica.



Foto N° 26: Las rocas ricas en feldespatos tienen un intemperismo circular, llamado intemperismo esferoidal

7.2. MINERALIZACIÓN.

La mineralización se ha caracteriza por presentar óxidos de fierro tapizando fracturas, en algunos casos rellenando cavidades (jarosita, goethita) en alguno sectores ocurrencia de stockwork de óxidos de fierro y hematita puntualmente en fracturas y diseminada (ver foto N° 27).

La mineralización de sulfuros principalmente la pirita (1 a 3%), relacionada al dique andesítico y dacita porfirítica, además trazas de pirita en algunas estructuras silíceas. Se presenta diseminada, en manchas, rellenando cavidades, en vetillas y “stringers”, en forma fina, semi-masiva, piritoedros y cúbicos. En algunos casos están oxidadas y parcialmente lixiviadas, en los vuggy (ver foto N° 28).



Foto N° 27: Se observa óxidos de fierro tapizando fracturas tipo stockwork.



Foto N° 28: Pirita oxidada y parcialmente lixiviadas en los vuggy.

CAPITULO VIII

TIPO DE DEPÓSITO

El área de estudio se ubica en el flanco oeste de la Cordillera Occidental de los Andes del Sur del Perú, en el corredor estructural y metalogénico de Cu - Mo - Au, de rumbo andino y formado por las fallas Incapuquio, Micalaco y Quellaveco. Donde se encuentran depósitos rentables de Pórfidos de cobre de gran tonelaje: Toquepala, Quellaveco, Cuajone, Calatos y Cerro Verde. Todos los yacimientos mineralizados presentan aureolas de alteración mineral, sean estos en pórfidos, epitermales, skarn, mesotermiales, etc., lo que implica una relación directa con la alteración hidrotermal.

En el área de estudio las alteraciones hidrotermales y mineralización encontrada en superficie se presentan relacionadas a dos sistemas:

- La primera en la zona Noroeste corresponde a un sistema epitermal de alta sulfuración parcialmente erosionado y expone en superficie parte de la raíz de la alteración argílica avanzada, en estructuras locales con cuerpos y/o lentes silíceos de sílice masiva y granular (moderado a fuerte), vuggy Sílica gradando a cuarzo-alunita, y cuarzo-pirofilita-sericita y cuarzo-caolinita.

- Mientras que en la parte central nos muestra una zona transicional de un sistema porfirítico, con una mineralización-alteración temprana con frentes de avance de alteración potásica (venillas de feldespato potásico, biotita secundaria fina y magnetita), lo cual indicaría que estamos en la cúpula de un sistema porfirítico Cu-Mo -Au.

8.1. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL SISTEMA DE PÓRFIDO (Cu-Mo-Au) CUBIERTO.

Consideramos esta zona como la parte transicional de la cúpula de un sistema porfirítico (Cu-Mo-Au), por las siguientes consideraciones:

8.1.1. Consideraciones de Alteración y Mineralización.

- En la parte central ocurren afloramientos de dacita porfirítica cortados por pórfido feldespático con alteración hidrotermal temprana, predominando la alteración argílica, alteración potásica débil y un inmenso halo de alteración propilitica al Este.
- La zona propilitica (clorita-epidota-magnetita-calcita), ocurre en las dacitas y en mayor intensidad en las tobas de cristales andesitas.

- Zona sobreimpuesta de cuarzo-magnetita-pirita-sericita. Esta asociación se superpone a la alteración propilitica, se caracteriza por la presencia de magnetita hidrotermal en agregados reemplazando biotita-hornblenda, y en vetillas hidrotermales tipo stockwork.

- Alteración potásica débil (venillas de feldespatos potásico, biotita secundaria fina y magnetita), ocurren esporádicamente en la zona de estudio (ver foto N° 24).

- Se ha reconocido varios pulsos de mineralización entre los sulfuros, la pirita es la predominante se presenta diseminada, parches y en venillas, cristalizados mayormente y de grano fino.

- En la zona con sistemas de vetillas tipo “stockworks” se ha identificado las vetillas, tipo “A” (sinuosas con cuarzo hialino) y también se tiene vetillas de Cuarzo-Pirita.

- La ocurrencia de venillas de Cuarzo-Pirita con halo de sericita tipo “D” en la zona transicional constituye un dato importante en las cúpulas del sistema.

8.1.2. Consideración Geológica - Estructural.

- Es relevante destacar a la Formación Tarata, por que presenta facies del ambiente de diatrema. La presencia de tobas de cristales/líticas, son aspectos claves en el ambiente de la diatrema (porque contiene fragmentos de las rocas primarias) En ese sentido, las estructuras favorecen la permeabilidad y descenso del nivel freático que interactúa con el ámbito magmático, lo cual genera la descompresión (ver foto N° 04).

- La orientación de los fallamientos más importantes dentro del área de estudio se encuentran asociado al sistema de fallas Incapuquio con orientación NW.

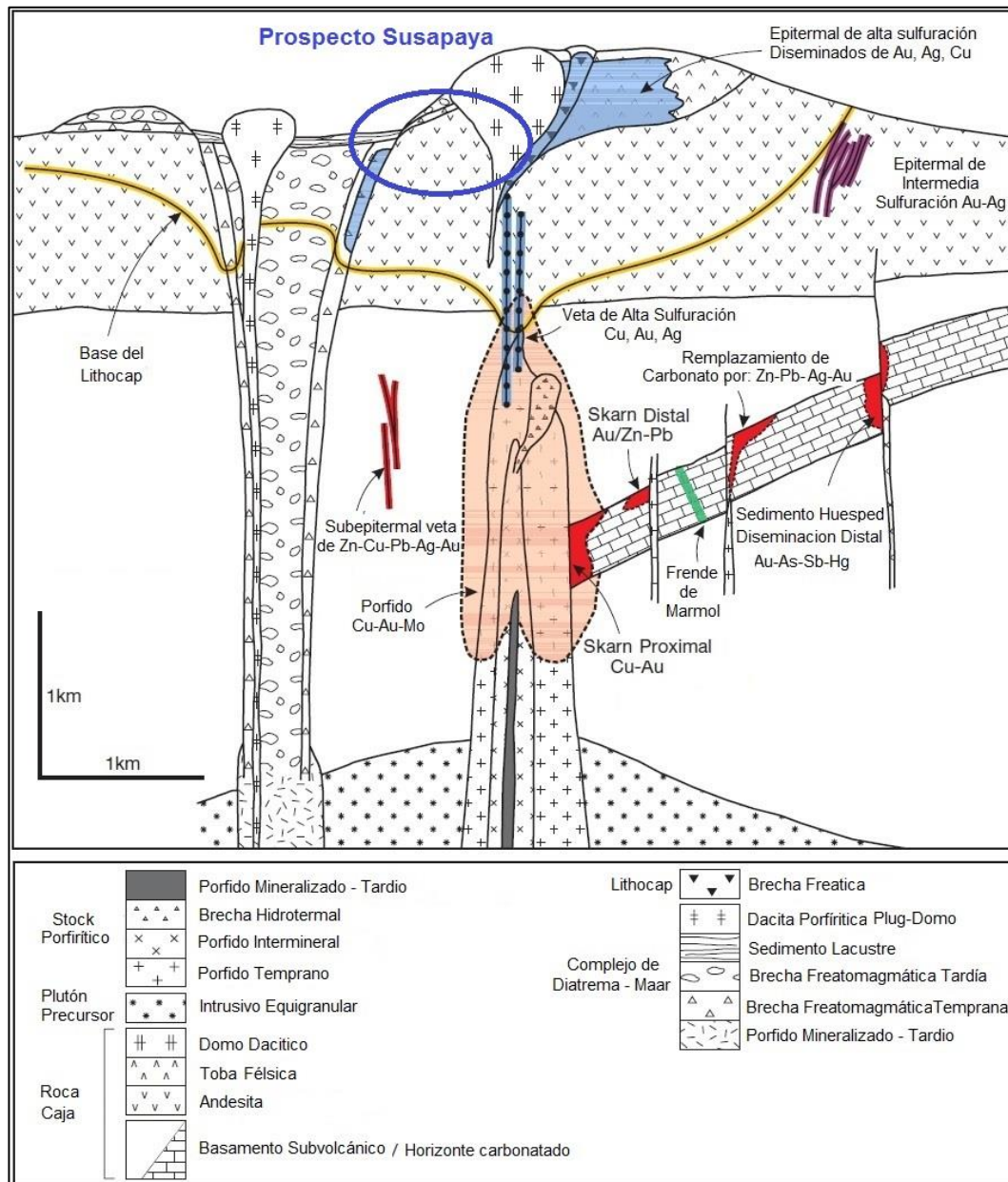


Figura N° 09: Modelo Geológico conceptual del Prospecto Minero Susapaya, Anatomía y fases de un Pórfido de Cu telescopedo (Richard H. Sillitoe, 2010).

8.2. CORRELACIÓN GENÉTICA CON OTROS DEPÓSITOS.

Los intrusivos que se emplazaron entre 50 y 60 MA de antigüedad son los que mayormente han traído la mineralización, tal como se puede comprobar en los yacimientos de cobre de Toquepala, Quellaveco, Cuajone y Cerro Verde, mayormente asociados a cuerpos intrusivos ácidos a intermedios de dacitas, monzonitas y latitas que vienen a conformar una faja mineralizada dentro de la Sub Provincia Cuprífera del Pacífico en el flanco occidental de los Andes del Sur del Perú y que se correlacionan con los depósitos de cobre del Norte de Chile. [4]

Los procesos de alteración están representados por feldespatos potásicos, anhidrita, biotita y vetillas de cuarzo tipo "A". Esta fase grada hacia la periferia, a propilitización con epidota, clorita y pirita. En forma sobrepuesta a la alteración potásica, en Toquepala, Cuajone y Quellaveco, se observa una fase de alteración hidrotermal principal, la alteración fílica muy desarrollada compuesta por vetillas de cuarzo-pirita tipo "D" con halos de sericita pervasiva. Sobre impuesta a ella, en las partes superiores de estos depósitos, se observan evidencias de alteración argílica avanzada, caracterizadas por alunita-pirofilita-andalucita y vetillas de enargita. [4]

8.2.1. Yacimiento de Cuajone.

- La evolución litológica del yacimiento Cuajone inicia desde las rocas preminerales del Grupo Toquepala de las cuales la andesita basáltica fue una gran receptora de la mineralización de cobre originada por la intrusión de un primer pulso de latita porfirítica. Finalmente el yacimiento fue cubierto por rocas postminerales correspondientes a las formaciones clásticas y volcánicas Huaylillas y Chuntacala. Esta secuencia de eventos se desarrolla desde fines del Cretáceo hasta el Cuaternario. [3]
- La orientación de las estructuras tiene una tendencia generalizada hacia el NW. Las fallas Botiflaca y Viña Blanca forman un corredor donde se ha emplazado el yacimiento que tiene una forma elongada en la misma dirección. El predominio de estructuras dentro del tajo tiene también una dirección NW. [3]

8.2.2. Yacimiento de Toquepala.

- La evolución litológica del yacimiento de Toquepala está genéticamente relacionada a dos tipos de eventos magmáticos, el

primero de naturaleza volcánica con la deposición de derrames intercalados de andesitas y riolitas que pertenecen al grupo Toquepala, el segundo de tipo intrusivo con emplazamientos sucesivos de cuerpos mayores de diorita-granodiorita, seguida de pequeños stocks de dacitas, monzonitas cuarcíferas y latitas, ocurridos en el Paleoceno y ubicados a pocos kilómetros de la superficie, responsables de la alteración hidrotermal y la mineralización hipógena del yacimiento. [8]

- Algunas de las características de estos yacimientos son el desarrollo de chimeneas de brecha angulares y redondeadas y presencia de diques tabulares de pórfido de latita y brecha de guijarros. [8]

- Las estructuras regionalmente están enmarcadas dentro del alineamiento tectónico NW-SE formado durante el Cretáceo superior - Paleoceno y que tiene orientación paralela a la Cordillera Andina (Falla Micalaco y alineamiento Toquepala) Relacionadas con la formación de brechas y fracturamiento tipo stockwork en áreas amplias de debilitamiento constituyendo en conjunto chimenea de brecha. [8]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- Las litologías características de la zona son dacitas porfíricas, considerada como la roca que hospeda la mineralización, se encuentra atravesada por el pórfido de feldespatos considerado como el causante de la alteración y mineralización. La actividad ígnea concluye con los diques andesíticos.
- La alteración/mineralización en la parte central evidencia una zona transicional de un sistema porfírico, que en superficie muestra una alteración argílica (Cuarzo-Caolinita) temprana con frentes de avance de alteración potásica (biotita secundaria) y al Este aflora la alteración propilitica (Clorita-Epidota-Calcita), lo cual indicaría que estamos en la cúpula de un sistema porfírico Mo-Cu-Au.
- Al Noroeste corresponde a un típico sistema epitermal de alta sulfuración, con desarrollo de una alteración argílica avanzada, caracterizada por la presencia de (Cuarzo-Alunita-Caolinita) y estructuras silíceas controladas por corredores con dirección NE-SW dominante, conjugados por juegos estructurales secundarios de NW y E-W.

- La mineralización de sulfuros (solo se ha reconocido pirita) esta oxidada y parcialmente lixiviada, estas han generado goethita-hematita-jarosita y se encuentran relleno de cavidades y fracturas.

- La mineralización se encuentra controlada por un sistema de estructuras (corredores) con orientación dominante NW (325°) de 1 a 30 m de ancho. En menor grado con los sistemas NE (25°). Así mismo zonas con estructuras tipo “Stockwork”.

- Los datos estructurales nos han definido la tendencia de los esfuerzos básicamente las fracturas es NE-SW, mientras que en las estructuras tenemos una tendencia NW-SE, lo que explica claramente que estos esfuerzos son producto de un gran juego estructural, con un predominio esfuerzo principal dextral que se observa en el río Jaruma.

RECOMENDACIONES.

- El Prospecto Susapaya requiere mayores trabajos e intensificación de mapeo detallado tanto de trochas y accesos como un re-mapeo del plano base; para encontrar evidencias de la presencia de una diatrema.
- Sería necesario hacer un estudio geocronológico para conocer y definir los posibles pulsos magmáticos y la paragénesis.
- Se recomienda realizar el programa de exploraciones con la finalidad de interceptar y conocer en profundidad las zonas con alteración.
- Se recomienda hacer más estudios en zonas aledañas, ya que esta franja metalogenética es la más productiva de Cu-Mo. Para impulsar la minería e invitar a empresas de clase mundial que tengan interés en explorar pórfidos de emplazamiento profundo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cancino A., 2004, Marco Regional De los Pórfidos Cupríferos Andinos, p. 1-22.

- [2] Cerpa L., 2009, Procesos de alteración-mineralización en sistemas magmático-hidrotermales: Curso Teórico-Práctico de Alteraciones Hidrotermales, p. 1-22.

- [3] Concha O. y Valle J., 1999, Prospección, Exploración y Desarrollo del Yacimiento de Cuajone: Yacimientos de Pórfidos de cobre, cobre-Oro, cobre-molibdeno, en el Perú, p. 117-141.

- [4] Carlotto V., Quispe J., Acosta H., 2009, Dominios Geotectónicos y Metalogénesis Del Perú: Sociedad Geológica del Perú SGP, Boletín N° 103, p. 19-72.

- [5] De La Cruz N. y De La Cruz O., 2001, Memoria Explicativa de la revisión geológica del cuadrángulo de Tarata: INGEMMET, p. 01-18.

- [6] Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), 1995, Geología del Perú: Boletín N° 55, p. 36-43.
- [7] La Torre J., 1965, Geología del Cuadrángulo de Tarata: INGEMMET, Boletín N° 11, p. 9-81.
- [8] Mattos R. y Valle J., 1999, Prospección, Exploración y Desarrollo del Yacimiento de Toquepala: Yacimientos de Pórfidos de cobre, cobre-Oro, cobre-molibdeno, en el Perú, p. 101-116.

ANEXOS

Se adjunta los datos recopilados durante el mapeo geológico, tanto estructural como tablas prácticas utilizados para definir la litología y alteración.

CUADROS DE DATOS ESTRUCTURALES.

Cuadro N° 01: Fracturas						
N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimet	Buzamiento
1	378125	8089620	Fractura	Abierta	33°	88°
2	378136	8089586	Fractura	Abierta	71°	75°
3	378575	8089620	Fractura	Abierta	189°	84°
4	379111	8089622	Fractura	Abierta	193°	77°
5	379032	8089599	Fractura	Abierta	302°	80°
6	378765	8089533	Fractura	Abierta	192°	81°
7	378718	8089584	Fractura	Abierta	1°	70°
8	378631	8089382	Fractura	Abierta	249°	74°
9	378656	8089369	Fractura	Abierta	166°	78°
10	378246	8089334	Fractura	Abierta	214°	55°
11	378260	8089308	Fractura	Abierta	141°	85°
12	378219	8089110	Fractura	Abierta	40°	75°
13	379769	8089398	Fractura	Abierta	13°	90°
14	379966	8089326	Fractura	Abierta	261°	72°
15	379977	8089314	Fractura	Abierta	145°	62°
16	379883	8089306	Fractura	Abierta	147°	72°
17	379863	8089117	Fractura	Abierta	264°	86°
18	379880	8089112	Fractura	Abierta	354°	86°
19	379784	8089574	Fractura	Abierta	135°	60°
20	379926	8088788	Fractura	Abierta	16°	70°
21	379946	8088772	Fractura	Abierta	82°	58°
22	379944	8088736	Fractura	Abierta	169°	60°
23	379795	8088763	Fractura	Abierta	341°	24°

N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimet	Buzamiento
24	379642	8088603	Fractura	Abierta	39°	84°
25	379067	8088662	Fractura	Abierta	342°	65°
26	379050	8088655	Fractura	Abierta	33°	60°
27	379061	8088632	Fractura	Abierta	141°	74°
28	378474	8089624	Fractura	Abierta	208°	50°
29	379258	8089570	Fractura	Abierta	152°	19°
30	378226	8089088	Fractura	Abierta	95°	24°
31	379429	8089095	Fractura	Abierta	164°	65°
32	379568	8088858	Fractura	Abierta	260°	64°
33	379539	8088852	Fractura	Abierta	6°	75°
34	379560	8089485	Fractura	Abierta	49°	45°
35	379566	8089466	Fractura	Abierta	81°	43°
36	379579	8089631	Fractura	Abierta	196°	85°
37	379429	8089637	Fractura	Abierta	160°	84°
38	379590	8088738	Fractura	Abierta	146°	36°
39	379331	8088729	Fractura	Abierta	154°	75°
40	379297	8088745	Fractura	Abierta	24°	46°
41	379353	8088666	Fractura	Abierta	119°	78°
42	379565	8088630	Fractura	Abierta	90°	56°
43	378854	8088579	Fractura	Abierta	94°	25°
44	378737	8088446	Fractura	Abierta	349°	41°
45	379077	8088510	Fractura	Abierta	349°	70°
46	379093	8088501	Fractura	Abierta	154°	72°
47	378924	8088380	Fractura	Abierta	173°	52°
48	378973	8088391	Fractura	Abierta	102°	46°
49	378956	8088327	Fractura	Abierta	348°	72°
50	378981	8088281	Fractura	Abierta	93°	88°
51	378998	8088276	Fractura	Abierta	134°	70°
52	379134	8088252	Fractura	Abierta	150°	11°
53	379385	8088104	Fractura	Abierta	38°	76°
54	379368	8088086	Fractura	Abierta	286°	68°
55	378623	8088056	Fractura	Abierta	70°	35°
56	378855	8087941	Fractura	Abierta	66°	50°
57	378967	8087981	Fractura	Abierta	309°	85°
58	378562	8088013	Fractura	Abierta	52°	35°
59	378690	8087998	Fractura	Abierta	38°	89°

N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimut	Buzamiento
60	378607	8087880	Fractura	Abierta	90°	90°
61	378683	8087886	Fractura	Abierta	199°	84°
62	378877	8087590	Fractura	Abierta	124°	75°
63	378769	8087657	Fractura	Abierta	19°	10°
64	379758	8087894	Fractura	Abierta	114°	60°
65	379765	8087907	Fractura	Abierta	26°	80°
66	379692	8088006	Fractura	Abierta	236°	67°
67	379475	8088447	Fractura	Abierta	30°	34°
68	379493	8088414	Fractura	Abierta	183°	20°
69	379813	8088514	Fractura	Abierta	104°	50°
70	378451	8087793	Fractura	Abierta	72°	39°
71	378219	8087642	Fractura	Abierta	24°	73°
72	378250	8087646	Fractura	Abierta	132°	12°
73	378164	8087963	Fractura	Abierta	90°	84°
74	377994	8087747	Fractura	Abierta	351°	78°
75	377985	8087728	Fractura	Abierta	161°	16°
76	378321	8087991	Fractura	Abierta	99°	82°
77	377916	8088052	Fractura	Abierta	20°	66°
78	378064	8088026	Fractura	Abierta	136°	25°
79	378494	8088399	Fractura	Abierta	78°	78°
80	378394	8088354	Fractura	Abierta	16°	20°
81	378360	8088322	Fractura	Abierta	111°	70°
82	380229	8088820	Fractura	Abierta	298°	86°
83	380389	8088809	Fractura	Abierta	275°	77°
84	380236	8088791	Fractura	Abierta	4°	90°
85	380001	8088284	Fractura	Abierta	186°	56°
86	380827	8087290	Fractura	Abierta	212°	80°
87	381021	8087297	Fractura	Abierta	205°	80°
88	381184	8087274	Fractura	Abierta	22°	85°
89	381267	8087711	Fractura	Abierta	290°	80°
90	381217	8087742	Fractura	Abierta	35°	70°
91	381141	8087708	Fractura	Abierta	40°	66°
92	381191	8087757	Fractura	Abierta	179°	62°
93	380967	8087589	Fractura	Abierta	45°	81°
94	381024	8087450	Fractura	Abierta	351°	85°
95	380977	8087464	Fractura	Abierta	185°	65°

N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimut	Buzamiento
96	380470	8087996	Fractura	Abierta	283°	75°
97	380492	8087973	Fractura	Abierta	15°	60°
98	380213	8088276	Fractura	Abierta	185°	72°
99	380006	8088326	Fractura	Abierta	98°	81°
100	380385	8088684	Fractura	Abierta	260°	80°
101	380536	8088525	Fractura	Abierta	90°	76°
102	380573	8088574	Fractura	Abierta	130°	76°
103	380558	8088857	Fractura	Abierta	292°	62°
104	380559	8088897	Fractura	Abierta	109°	58°
105	380552	8088924	Fractura	Abierta	295°	34°
106	380555	8088954	Fractura	Abierta	88°	73°
107	380623	8088935	Fractura	Abierta	335°	74°
108	380616	8088907	Fractura	Abierta	85°	81°
109	380685	8089001	Fractura	Abierta	330°	75°
110	380796	8089019	Fractura	Abierta	70°	80°
111	380904	8088992	Fractura	Abierta	60°	80°
112	380963	8088986	Fractura	Abierta	40°	70°
113	380996	8088942	Fractura	Abierta	135°	60°
114	380793	8088179	Fractura	Abierta	34°	64°
115	380721	8088164	Fractura	Abierta	44°	75°
116	380635	8087907	Fractura	Abierta	30°	78°
117	380777	8087711	Fractura	Abierta	240°	80°
118	380787	8087703	Fractura	Abierta	62°	82°
119	380933	8087755	Fractura	Abierta	293°	83°
120	380960	8087805	Fractura	Abierta	210°	70°
121	380932	8087606	Fractura	Abierta	63°	68°
122	380595	8088836	Fractura	Abierta	165°	63°
123	380611	8088849	Fractura	Abierta	153°	47°
124	380408	8087765	Fractura	Abierta	35°	85°
125	380319	8087742	Fractura	Abierta	80°	60°
126	380474	8088862	Fractura	Abierta	210°	75°
127	380734	8088369	Fractura	Abierta	335°	58°
128	380130	8088670	Fractura	Abierta	350°	67°
129	381146	8088992	Fractura	Abierta	176°	74°
130	381181	8088984	Fractura	Abierta	97°	90°
131	381211	8088472	Fractura	Abierta	154°	75°

N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimut	Buzamiento
132	379472	8089099	Fractura	Limonitas	5°	40°
133	379340	8089599	Fractura	Limonitas	337°	86°

Cuadro N° 02: Estructuras Sílice - Pirita						
N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimut	Buzamiento
1	378039	8088039	Estructura	Sílice - Pirita	28°	90°
2	378823	8088445	Estructura	Sílice - Pirita	74°	90°
3	377888	8087895	Estructura	Sílice - Pirita	136°	90°
4	379594	8089607	Estructura	Sílice - Pirita	326°	90°
5	378422	8087782	Estructura	Sílice - Pirita	147°	90°
6	379195	8088201	Estructura	Sílice - Pirita	82°	90°
7	379020	8088021	Estructura	Sílice - Pirita	319°	90°
8	378663	8087900	Estructura	Sílice - Pirita	303°	90°
9	379777	8087754	Estructura	Sílice - Pirita	50°	90°
10	379862	8088331	Estructura	Sílice - Pirita	309°	90°
11	380086	8088774	Estructura	Sílice - Pirita	320°	49°
12	380096	8088761	Estructura	Sílice - Pirita	28°	68°
13	380374	8088752	Estructura	Sílice - Pirita	240°	88°
14	380335	8088634	Estructura	Sílice - Pirita	135°	75°
15	380045	8088716	Estructura	Sílice - Pirita	23°	76°
16	380825	8087399	Estructura	Sílice - Pirita	41°	90°
17	380797	8087757	Estructura	Sílice - Pirita	343°	80°
18	380738	8087819	Estructura	Sílice - Pirita	25°	68°
19	380660	8087812	Estructura	Sílice - Pirita	0°	82°
20	380593	8087911	Estructura	Sílice - Pirita	255°	68°
21	380463	8088166	Estructura	Sílice - Pirita	314°	80°
22	380495	8088154	Estructura	Sílice - Pirita	250°	78°
23	380373	8088184	Estructura	Sílice - Pirita	30°	83°
24	380337	8088239	Estructura	Sílice - Pirita	75°	35°
25	380171	8088272	Estructura	Sílice - Pirita	40°	85°
26	380480	8088600	Estructura	Sílice - Pirita	88°	84°
27	380584	8088549	Estructura	Sílice - Pirita	58°	88°
28	381033	8088969	Estructura	Sílice - Pirita	170°	66°
29	381117	8088933	Estructura	Sílice - Pirita	145°	55°

N°	Este	Norte	Tipo	Relleno	Azimut	Buzamiento
30	381090	8087380	Estructura	Sílice - Pirita	330°	80°
31	380536	8088666	Estructura	Sílice - Pirita	260°	75°
32	380269	8088852	Estructura	Sílice - Pirita	52°	90°
33	380964	8088184	Estructura	Sílice - Pirita	10°	72°
34	380882	8088234	Estructura	Sílice - Pirita	12°	72°
35	380518	8087530	Estructura	Sílice - Pirita	325°	87°
36	380516	8087491	Estructura	Sílice - Pirita	35°	72°
37	380472	8087395	Estructura	Sílice - Pirita	25°	82°
38	380448	8087372	Estructura	Sílice - Pirita	305°	83°
39	380734	8089020	Estructura	Sílice - Pirita	10°	66°
40	380651	8088422	Estructura	Sílice - Pirita	349°	72°
41	380334	8087753	Estructura	Sílice - Pirita	320°	90°
42	380292	8087718	Estructura	Sílice - Pirita	331°	90°
43	380290	8087723	Estructura	Sílice - Pirita	1°	90°

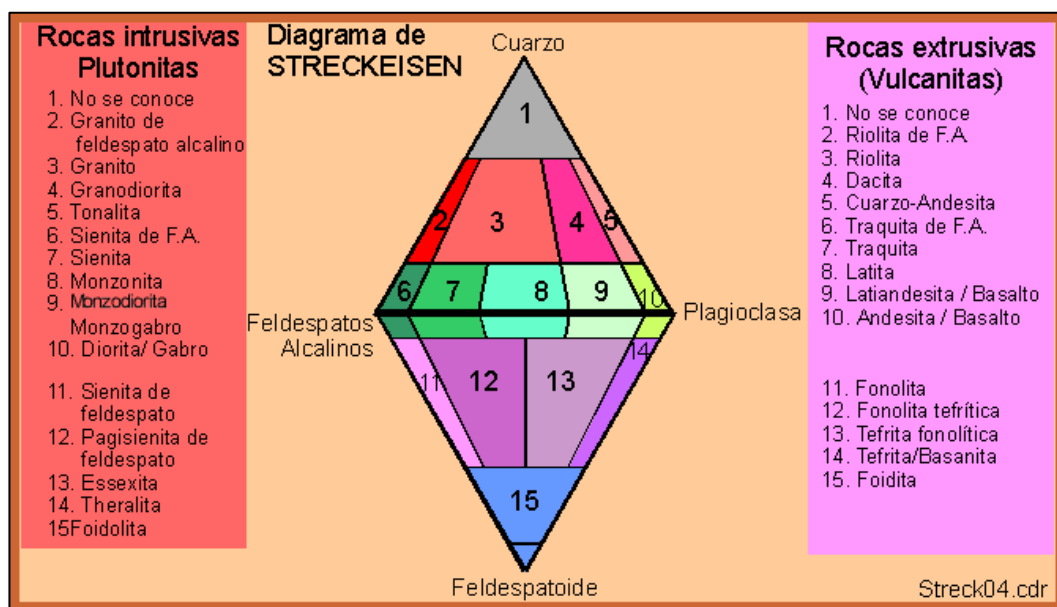


Figura N° 10: Diagrama de Streckeisen o QAPF. Los números de los sectores representan un sector de una composición determinada. Cada sector pertenece a un nombre intrusiva o extrusivas. Tomar en cuenta solamente el campo. Este diagrama permite identificar la roca mediante el uso de los componentes mineralógicos de la roca.

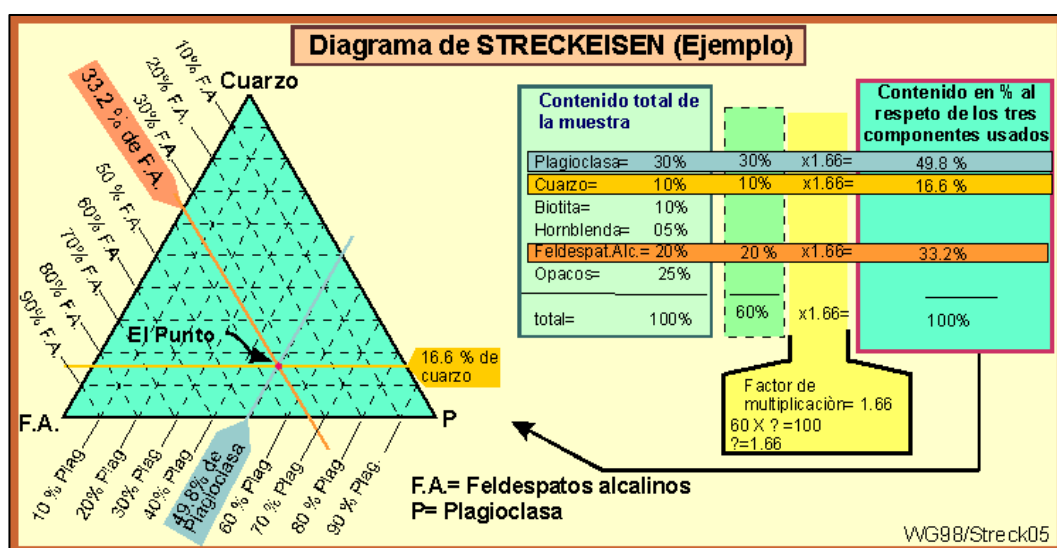


Figura N° 11: Diagrama de clasificación de rocas ígneas propuesto por (Streckeisen 1997), utilizado en el prospecto Susapaya. Ejemplo de cómo se califica una roca mediante el uso del microscopio.

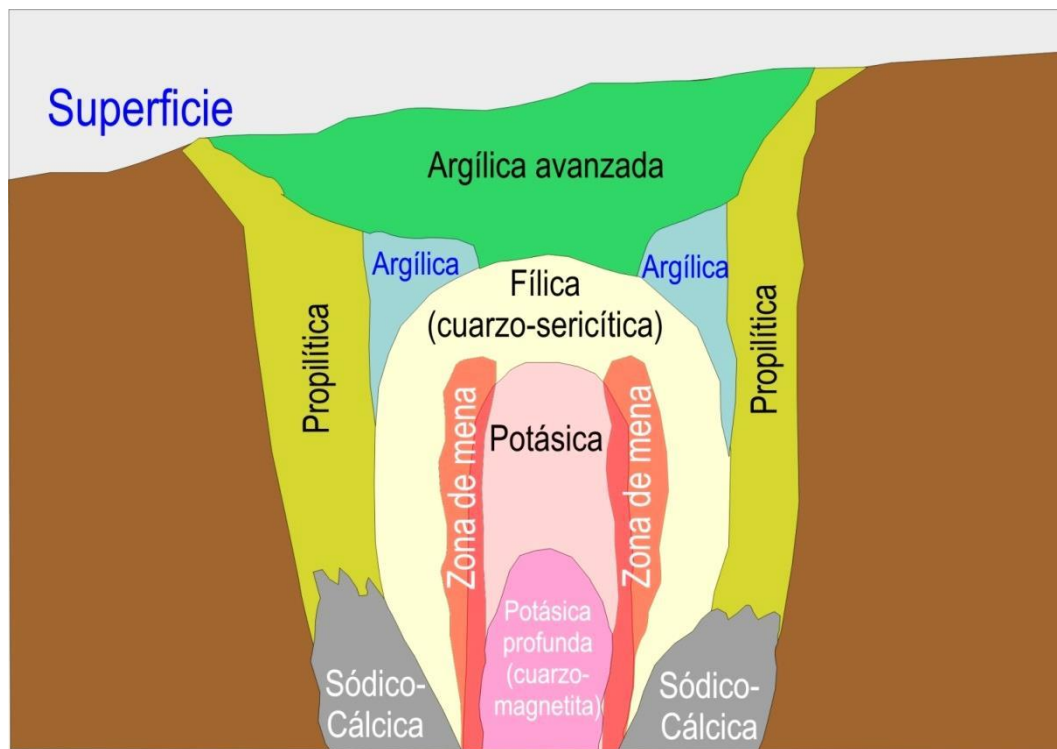


Figura N° 13: Modelo conceptual diseñado para diferentes zonas de alteración hidrotermal reconocidos en el pórfido de Cu-Mo (Gustafson & Hunt 1975)

Tipos de vetillas: definidas por Gustafson y Hunt (1975).

1. Tempranas.

- Vetillas A: Cuarzo, feldespato potásico, Anhidrita, Calcopirita, Bornita, sin halos.
- Vetillas M: magnetita, Actinolita.
- Vetillas EB: Biotita.

2. Transicionales.

- Vetillas de cuarzo tipo B: Cuarzo, Anhidrita, Molibdenita, Calcopirita, sin halos.
- Vetillas de cuarzo tipo C: Ser verde, Anhidrita, halos Ser verde.

3. Tardías.

- Vetillas tipo D: Piritita, Calcopirita, Anhidrita, Cuarzo, Calcita, halos Ser.

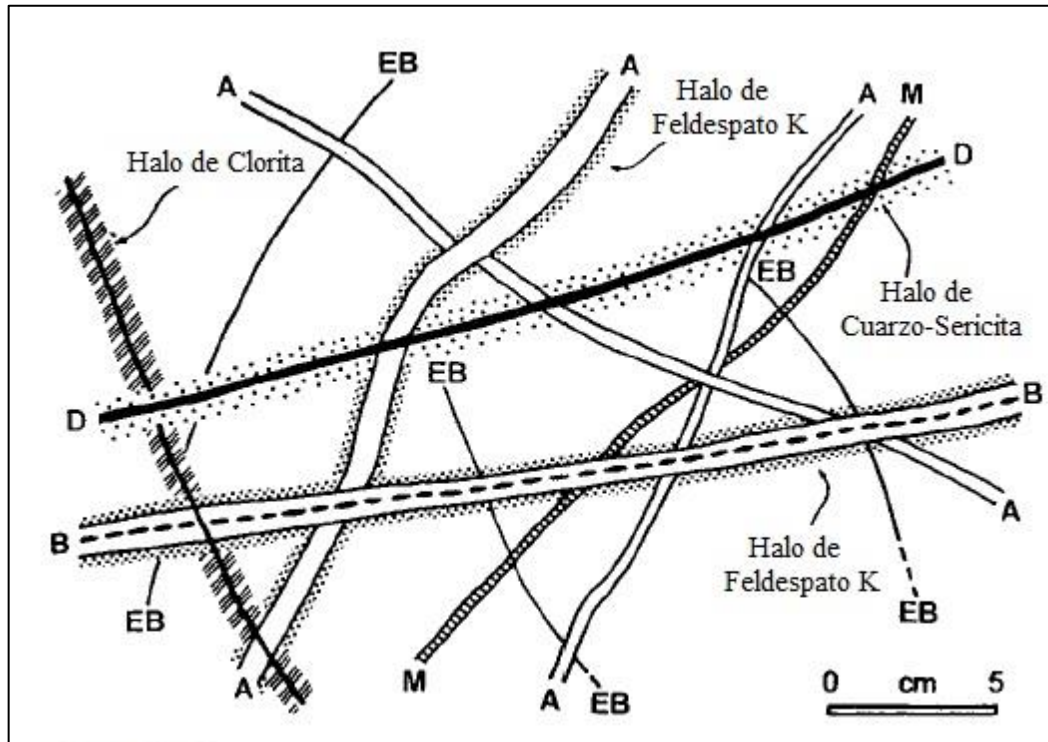
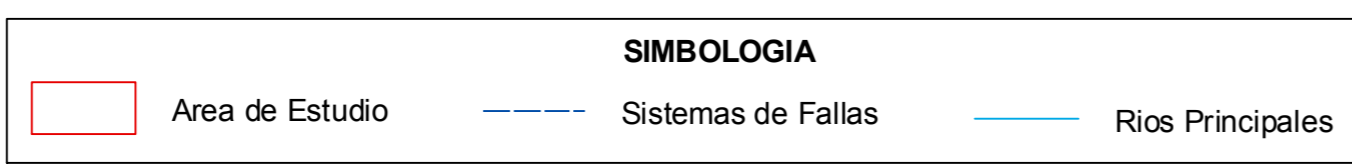
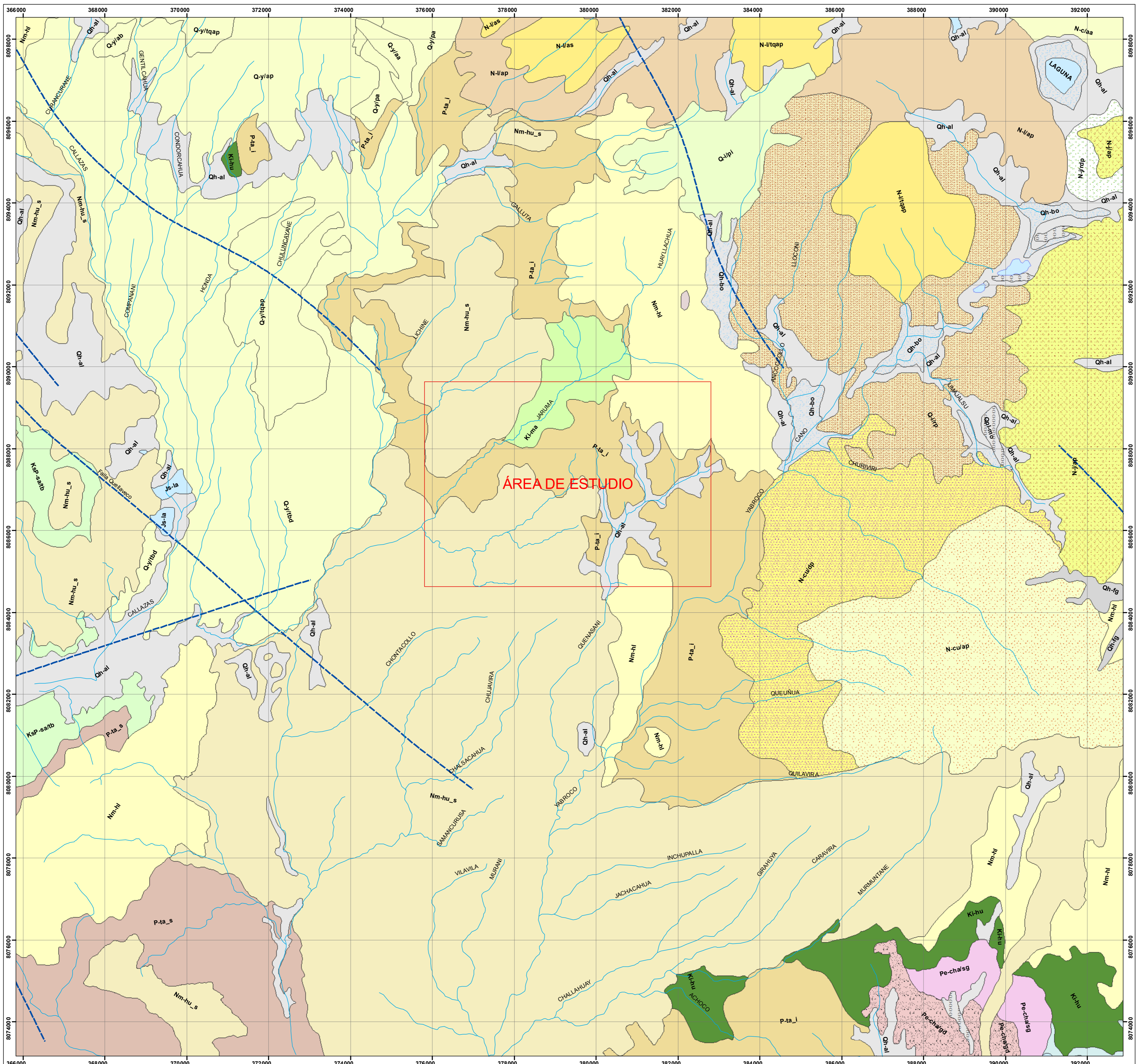
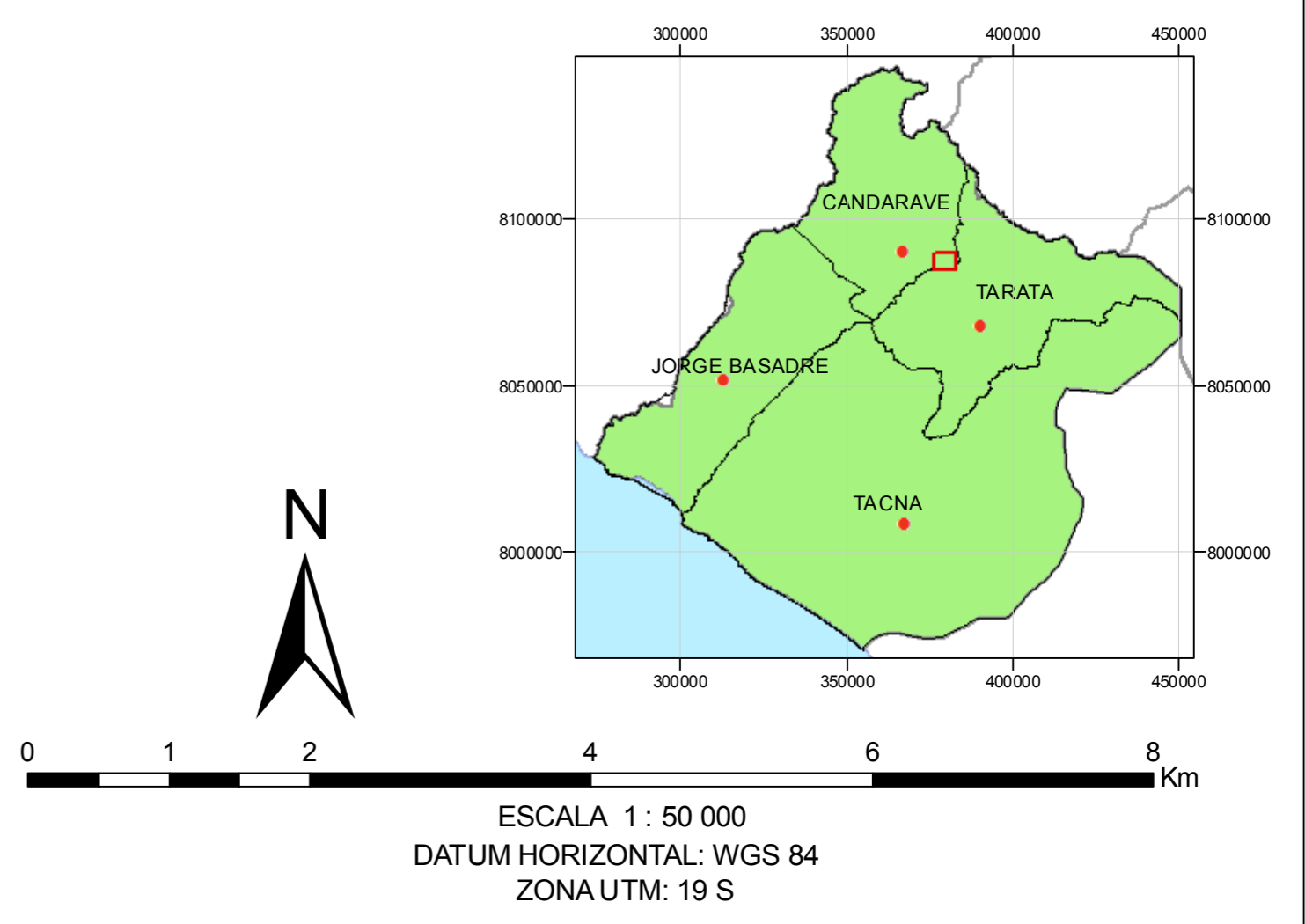


Figura N° 14: Clasificación de vetillas (Gufstason & Hunt, 1975)



LEYENDA

ERA	SISER	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Qh-bo Pantano (bofedal)
		Qh-al Depósito aluvial
		Q-y/ap Andesita Porfírica
		Q-y/pa Piroclastos de arena, pomez y líticos.
		Q-y/tqap Traquiandesita porfírica Yucamane
	NEOGENO MIOCENO PLIOCENO	Q-y/tbd Toba riocácitica Yucamane
		N-y/ap Andesita Porfírica
		Nm-hu Fm. Huayllillas: Tobs e ignimbritas riocácitas
		Nm-hl Fm. Huilacollo: Flujo de bloques y clastos andesíticos
		P-ta_s Fm. Tarata Sup. Piroclastos, limolitas, calizas oscuras.
PALEOGENO EOCENO Oligoceno	P-ta_i Fm. Tarata Inf: Flujo de bloques y clastos dacíticos	
	Ksp-sa/tb Fm. Toba samanapé cristalolítica, brechada, silicificada	
	Ksp-sa Andesita samanapé porfírica, microporfírica y tobas vitrolíticas	
	Ki-ma Fm. Matalaque: Andesitas y traquitas con intercalaciones de brecha de flujo	
	Ki-hu Fm. Hualhuani: Sedimentos de areniscas, calcarenitas y calizas	
MESOZOICA	SUPERIOR	Js-la Fm. Labra: Areniscas cuarzosa, cuarcitas, lúlitas y limolitas.
	INFERIOR	
		Centro Volcánico Cumaile - Yanacachi
		Centro Volcánico Inciensucocho
		Intrusivos
		Q-yp Piroclasto de andesita
		Q-irp Riolita porfírica
		N-cu/ap Andesita porfírica
		N-cu/dp Dacita porfírica
		Pe-chal/g Siengranito
		Pe-chal/d Granodiorita
		Unidad Intrusiva Challaviento
		Unidad Intrusiva no Asignada
		N-di Diorita



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN TACNA
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA
 E. A. P. INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA

"GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO SUSAPAYA
 (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN TACNA)"

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

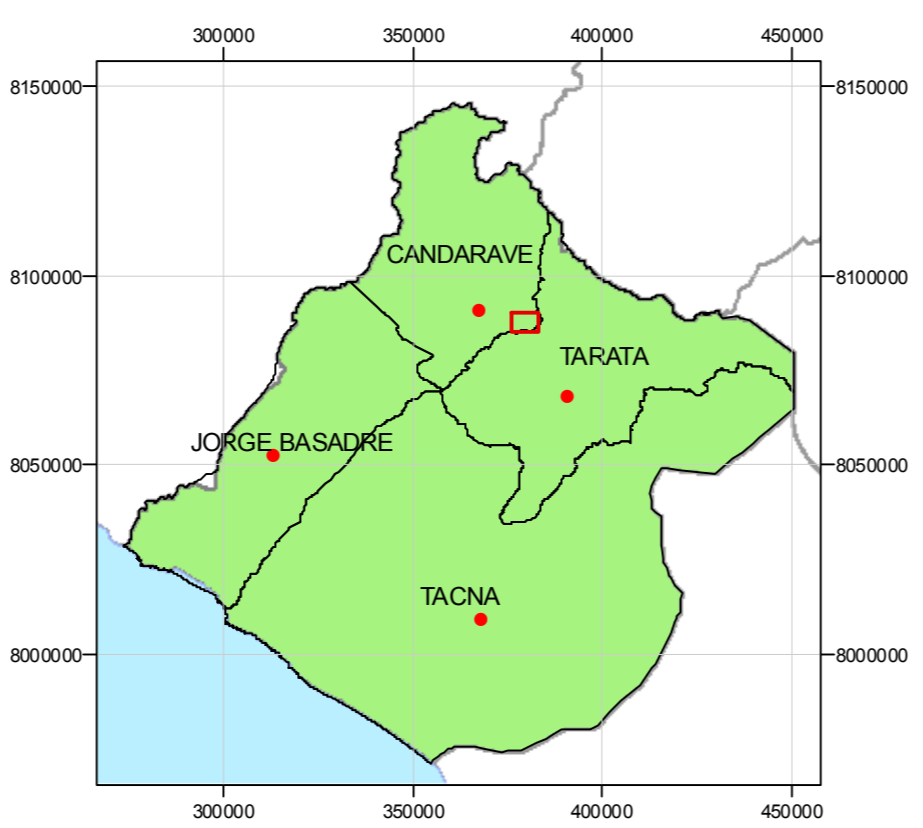
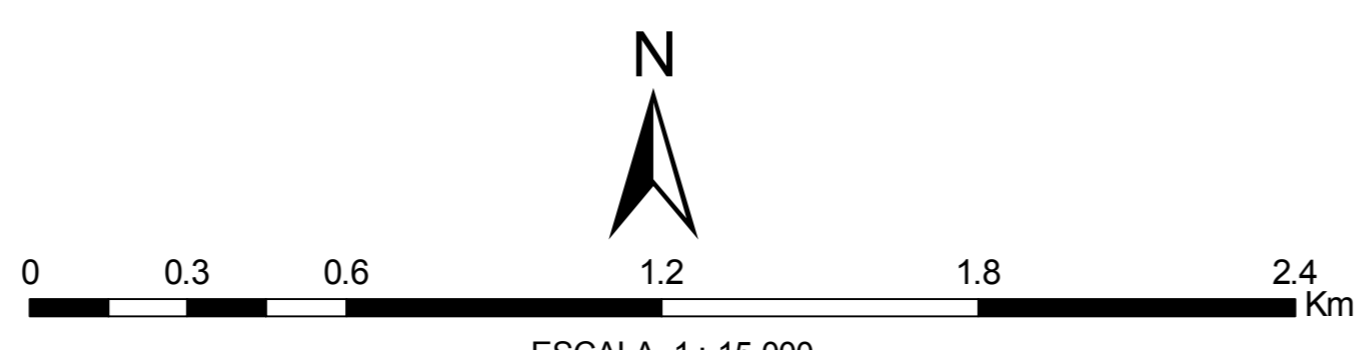
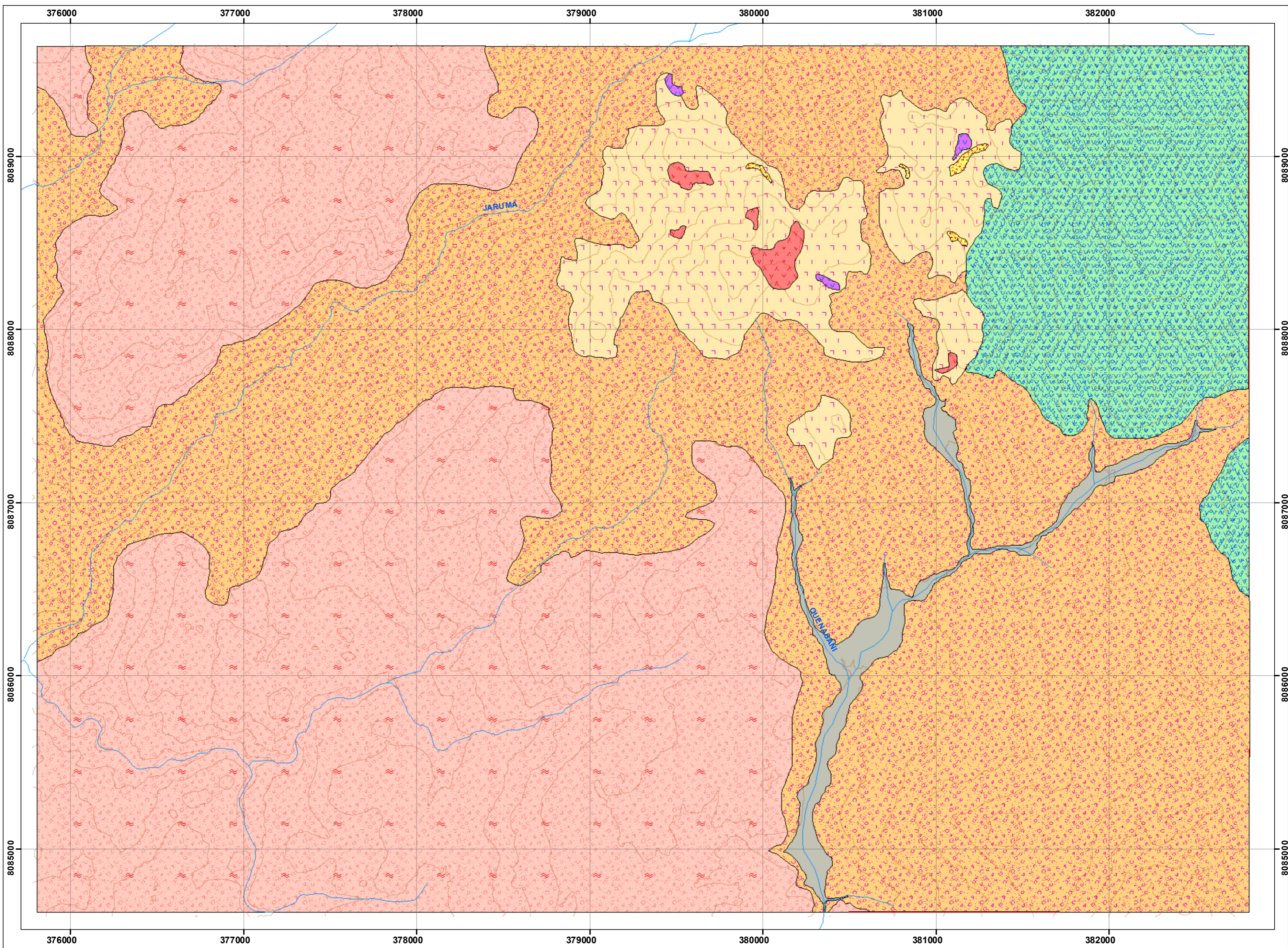
PRESENTADO POR: BACH. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
 INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO

FECHA: NOVIEMBRE 2013 ESCALA 1 : 50 000

FUENTE: INGEMMET

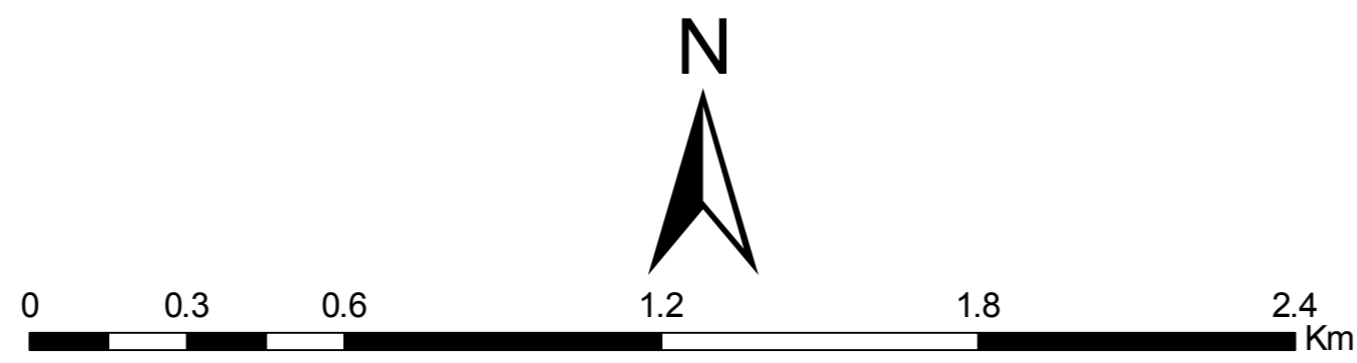
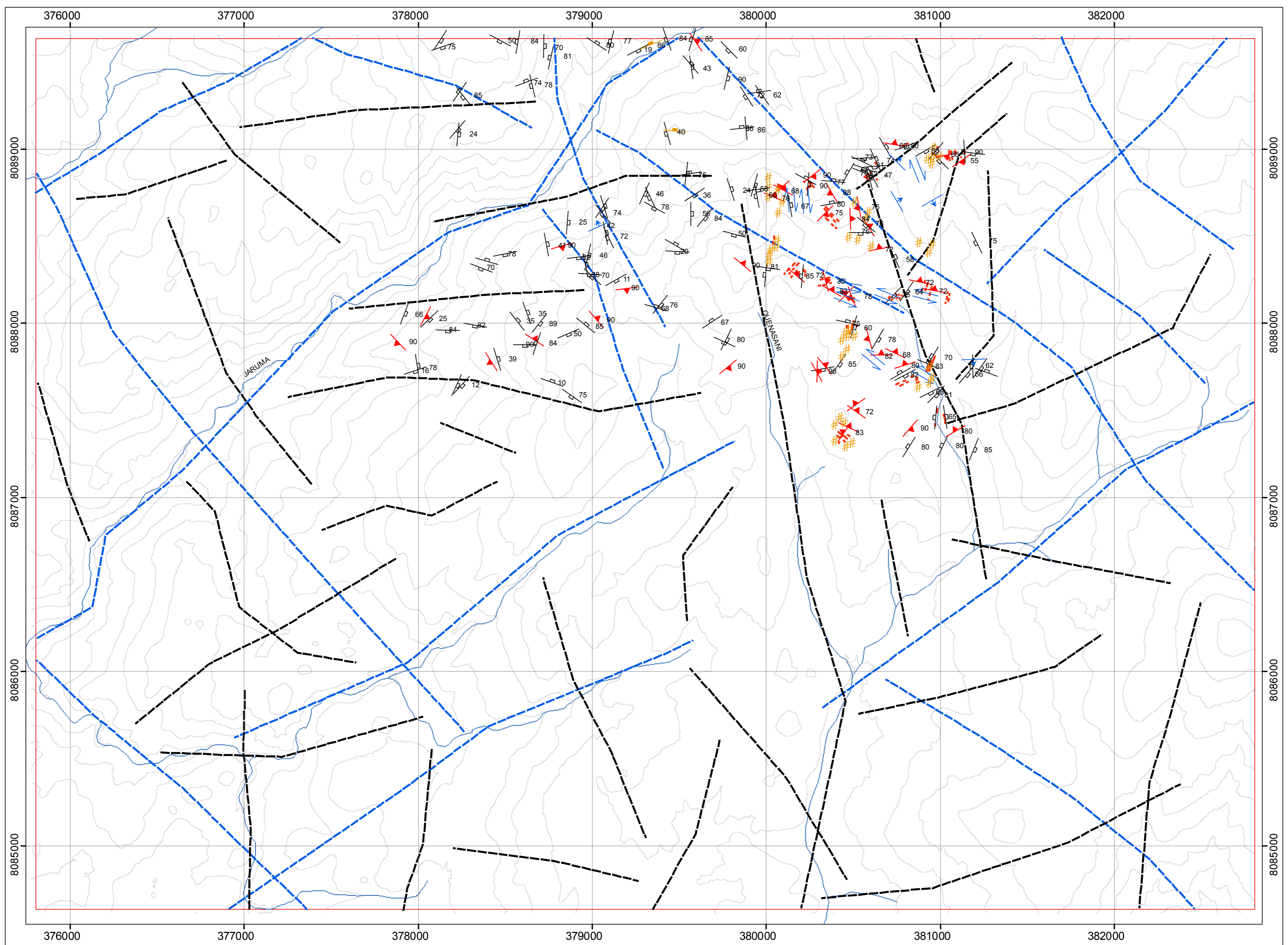
MAPA N°:
01



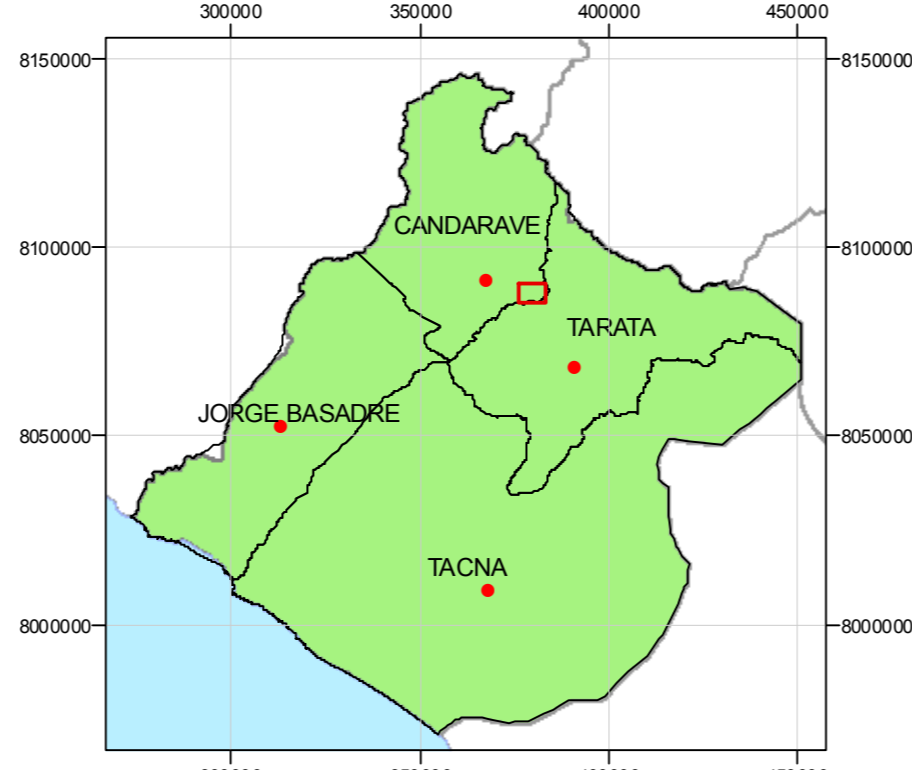
LEYENDA

—	Curvas de Nivel	▤▤▤	Dique Andesítico
—	Rios Principales	▤▤▤	Porfido Feldespatico
□	Área de Estudio	▤▤▤	Cuaternario
▤▤▤	Toba Cristales Lapillis Dacitico	▤▤▤	Toba Cristales Riodacitica
▤▤▤	Brecha Hidrotermal	▤▤▤	Toba Cristales Andesitica
▤▤▤	Dacita Porfirítica		

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA E. A. P. INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA	
"GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN TACNA)"	
MAPA LITOLÓGICO	
PRESENTADO POR: BACH. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	
FECHA: NOVIEMBRE 2013	MAPA N°: 02
FUENTE: PROPIA	

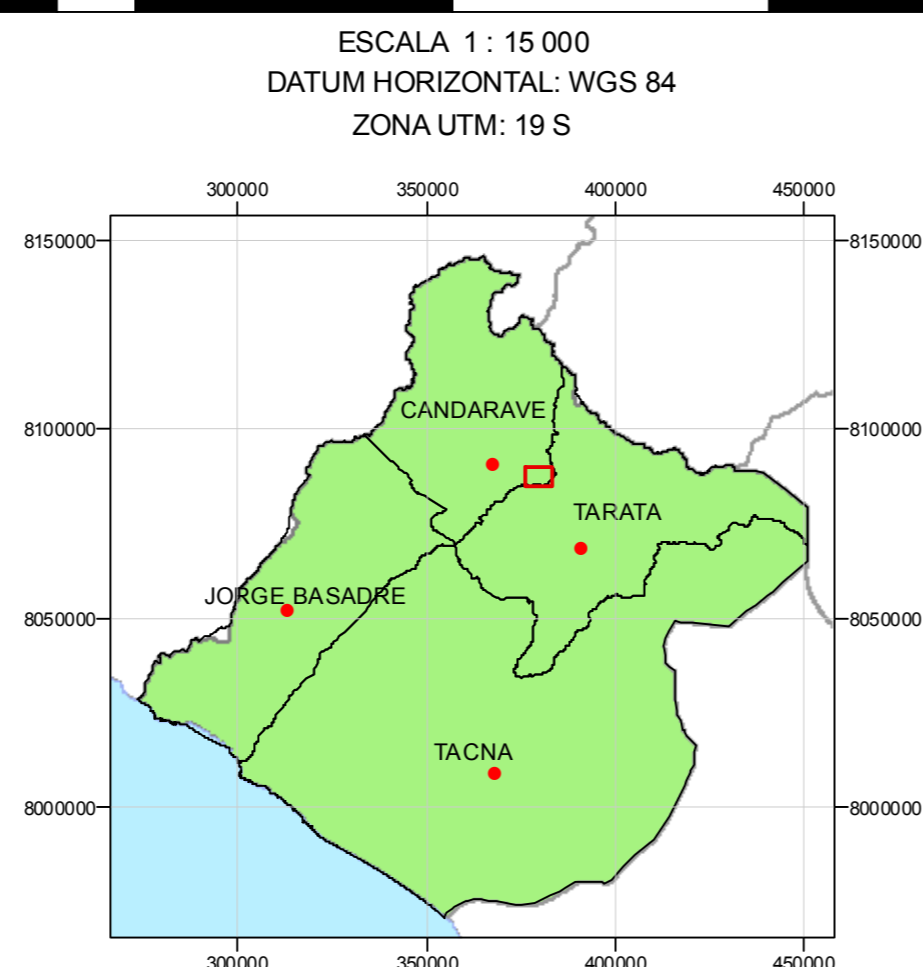
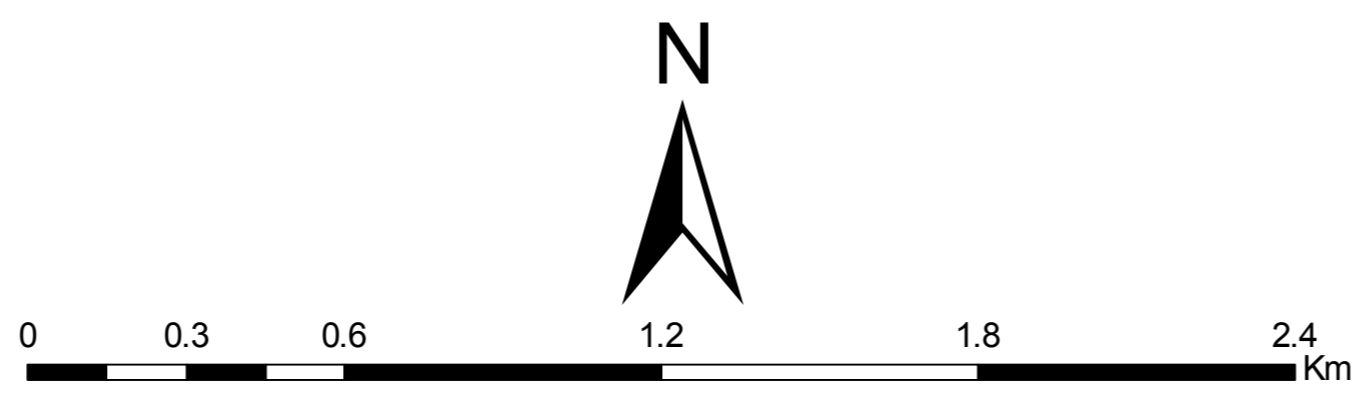
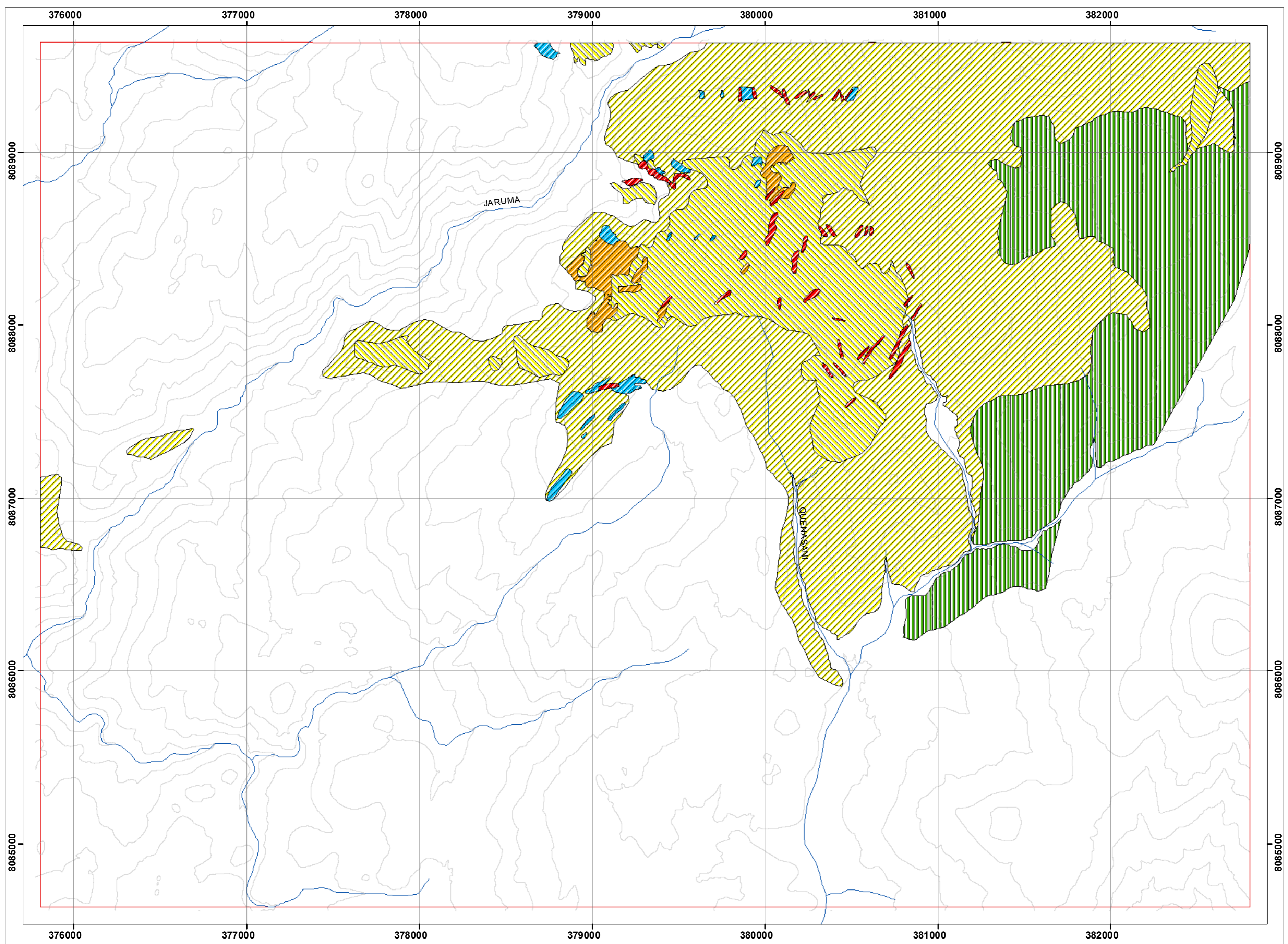


ESCALA 1 : 15 000
 DATUM HORIZONTAL: WGS 84
 ZONA UTM: 19 S



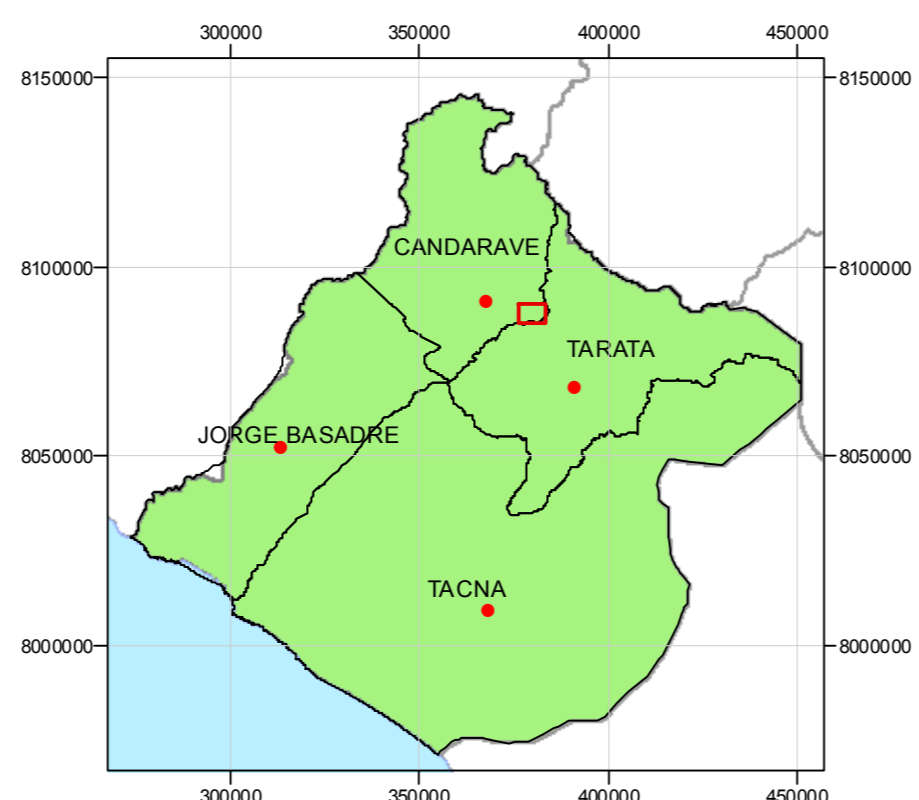
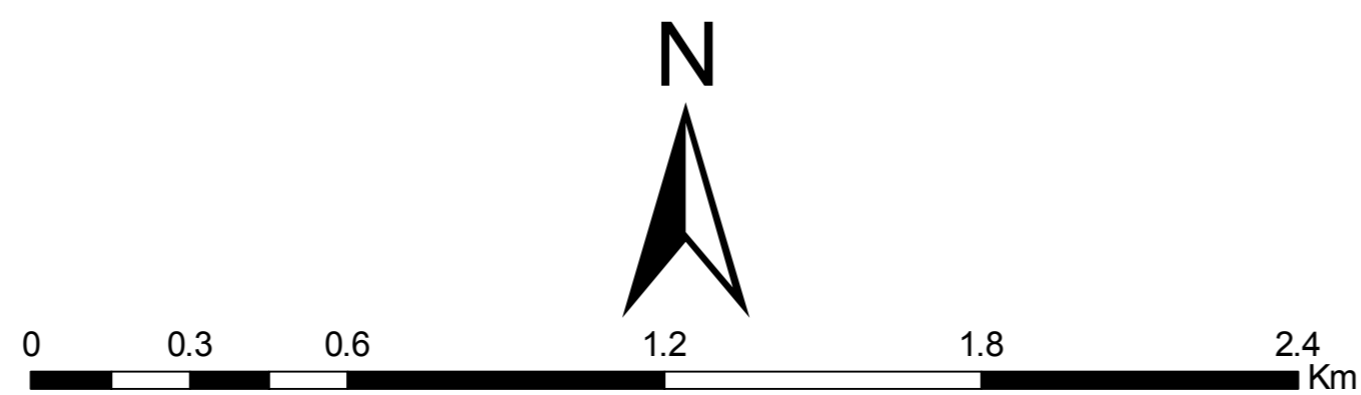
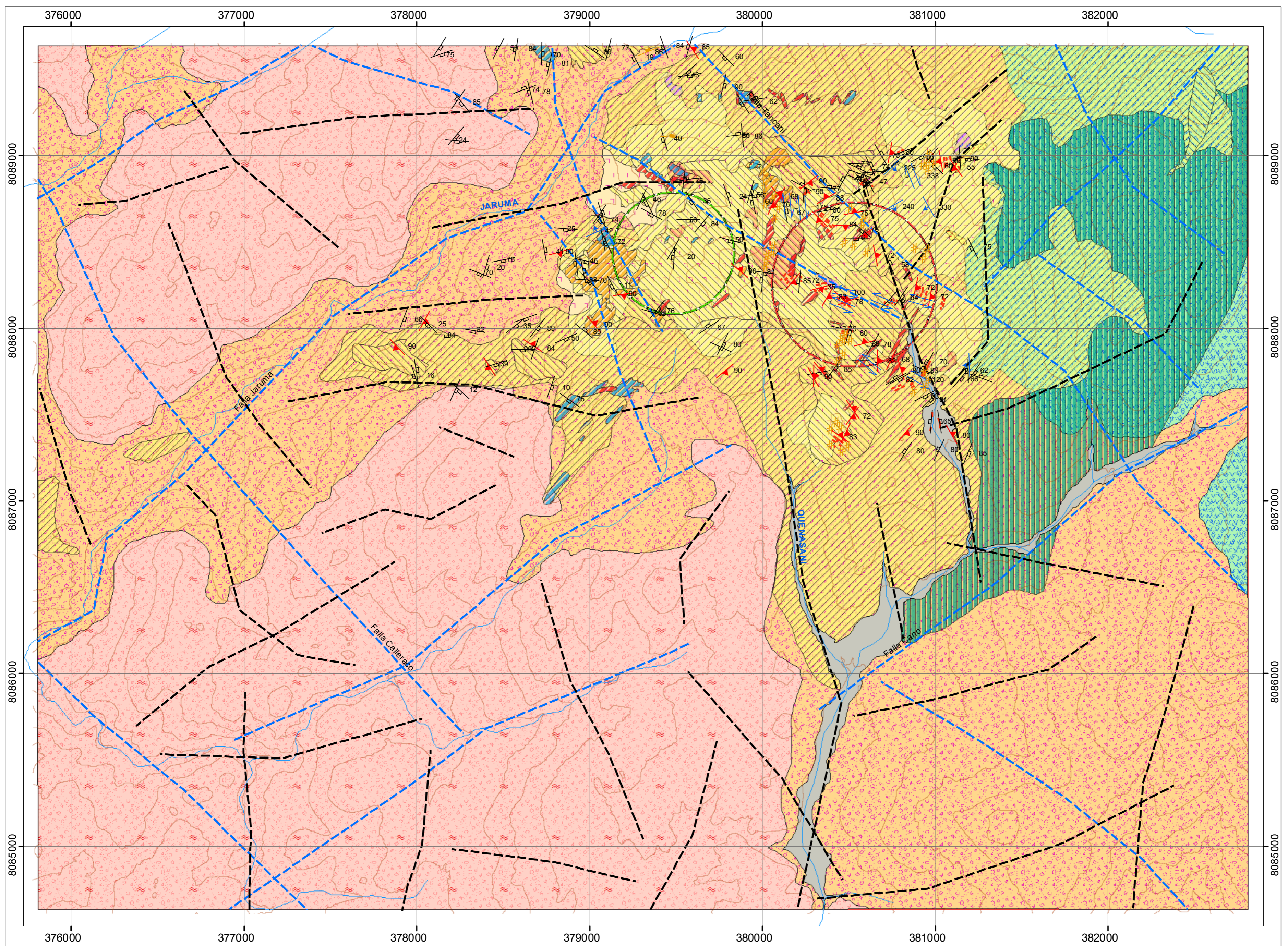
LEYENDA	
— Lineamientos	# Stockwork
□ Área de Estudio	↗ Falla Dextral
— Sistemas de Fallas	↖ Facturas
↕ Fallas Normal o Inversa	— Curvas de Nivel
▲ Estructuras Silice-Pirita	— Rios Principales
■ Fracturas Rellenas de Limonitas	↘ Falla Sinextral
— Estructura Silice-Oxidos de Hierro	

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA E. A. P. INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA	
"GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN TACNA)"	
MAPA ESTRUCTURAL	
PRESENTADO POR: BACH. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	MAPA N°:
FECHA: NOVIEMBRE 2013	ESCALA 1 : 15 000
FUENTE: PROPIA	03



LEYENDA	
	Curvas de Nivel
	Rios Principales
	Alteración Argilica 1
	Alteración Argilica 2
	Alteración Argilica Avanzada
	Alteración Filica
	Alteración Propilítica
	silificación
	Área de Estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA E. A. P. INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA	
"GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN TACNA)"	
MAPA DE ALTERACIÓN	
PRESENTADO POR: BACH. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	MAPA N°:
FECHA: NOVIEMBRE 2013	ESCALA 1 : 15 000
FUENTE: SUMITOMO METAL MINING PERU	04



ALTERACIÓN		LITOLÓGIA	
	Alteración Argílica 1		Brecha Hidrotermal
	Alteración Argílica 2		Dacita Porfírica
	Alteración Argílica Avanzada		Diqe Andesítico
	Alteración filica		Porfido Faldespálico
	Alteración Propilítica		Cuaternario
	Silicificación		Toba Cristales Riódacítica
			Toba Cristales Andesítica
			Toba Cristales Lapillis Dacítico

SIMBOLOGIA			
	Lineamientos		Sistemas de Fallas
	Estructura silice - Pírita		Falla Dextral
	Fallas Inversa o Normal		Fracturas
	Fractura con Limonitas		Sistema Porfido
	Estructuras Silice		Sistema Epitemal
			Fracturas
			Falla Sinistral
			Curvas de Nivel
			Rios Principales
			Stockwork
			Área de Estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN TACNA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTECNIA E. A. P. INGENIERÍA GEOLÓGICA – GEOTECNIA	
"GEOLOGÍA Y CONTROL ESTRUCTURAL DEL PROSPECTO MINERO SUSAPAYA (DISTRITO SUSAPAYA – PROVINCIA TARATA – REGIÓN TACNA)"	
MAPA GEOLÓGICO LOCAL	
PRESENTADO POR: BACH. DAYBER MELANTE CHOQUE AQUINO	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO GEÓLOGO - GEOTÉCNICO	
FECHA: NOVIEMBRE 2013	ESCALA 1 : 15 000
FUENTE: PROPIA	MAPA N°: 05