



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA
Y GEOGRÁFICA
EAP. DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

**Proyecto de exploración sabina, comparación con los depósitos
Arasi y Pinaya, franja metalogenética XXI, sur del Perú**

INFORME PROFESIONAL
Para optar el Título de Ingeniero Geólogo

AUTOR
Luis Gualberto Valdivieso Guerra

LIMA – PERÚ
2015

Nada en el mundo sustituye a la **CONSTANCIA**.

EL TALENTO no la sustituye, pues nada es tan corriente como los inteligentes frustrados.

EL GENIO tampoco, ya que resulta ser típico el caso de los genios ignorados.

Ni siquiera LA EDUCACIÓN sustituye a la constancia, pues el mundo está lleno de fracasados bien educados.

Solamente **LA CONSTANCIA Y LA DECISIÓN** lo consiguen todo.

ANÓNIMO.

DEDICATORIA

***Simplemente a Tito y Norma...
Mis padres.***

RESUMEN

El presente informe se sustenta en los trabajos realizados en el Proyecto Sabina durante el periodo iniciado el año 2009 hasta los primeros meses del año 2011. No se incluyen los resultados del muestreo geoquímico, los estudios geofísicos, así como, información detallada de las campañas de perforación (2010-2011).

El Proyecto Sabina está ubicado políticamente en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, departamento de Puno, incluido dentro de la franja metalogenética XXI correspondiente a depósitos de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno. Ocupa un total de 7,500 hectáreas distribuidas en 11 concesiones mineras, que agrupan a tres comunidades campesinas propietarias de los terrenos superficiales (Pinaya, Jaraña, Llanca). La mina en producción más cercana es Arasi con reservas de 2.5 MOz (Au) a 25 Km. al NE y el proyecto Pinaya con una estimación de recursos indicados e inferidos de 67.7 MT (Cu).

Se han identificado cuatro unidades volcánicas de pre-mineralización, que son afines con los eventos volcánicos de los grupos Tacaza, Palca y Sillapaca (Oligoceno-Mioceno), asociados a un centro volcánico de tipo escudo. Una etapa final, posterior a la mineralización está caracterizada por la presencia de cuerpos subvolcánicos (diques y domos lava) de composición andesítica y dacítica principalmente, que corta indistintamente a todas las unidades previas.

Sistemas transcurrentes NO-SE (Andino) y NE-SO (Trasandino) controlan la alteración y mineralización como sistemas conjugados de cinemática sinestral y dextral, respectivamente, generando zonas de apertura estructural vectorizados en dirección NS, para los pulsos de mineralización de alta sulfuración. Estos patrones estructurales controlan la distribución de auto-brechas, brechas freáticas, freatomagmáticas y dilatacionales.

El sistema hidrotermal posee una huella (foot print) de 12 Km (largo) x 4 Km. (ancho) con marcada tendencia NE-SO correspondiente a los halos de alteración argílica y en menor proporción de argílica avanzada y cuerpos silicificados (lithocap y silica cap), se dividen en tres áreas, Sabina Norte (Lithocap de Chaquella), Sabina Centro (Silica Cap de Turputa) y Sabina Sur (Silica Cap erosionada de Millo-Condorsayana).

Estudios mineragráficos para muestras de taladros ejecutados en la Lithocap de Chaquella indican cinco eventos de mineralización, resaltando tres de ellos; II) Pirita II± Arsenopirita - Rutilo II-Alunita, III) Enargita-Luzonita y IV) Covelita-Digenita (±Idaíta). Evidenciando sobreimposiciones y reemplazamientos, desde fases iniciales de alta sulfuración (II y III), hasta enriquecimiento secundario por sulfuros de Cu (IV). Definiendo a Sabina como un yacimiento epitermal de alta sulfuración asociado a niveles altos (Lithocap) de un sistema tipo pórfido de Cu en profundidad.

Arasi (Epitermal de Alta Sulfuración) muestra similitudes con Sabina en características litológicas, estructurales y de alteración-mineralización, diferenciándose por su mayor desarrollo de oxidación supérgena, mucho más preservada en Arasi, permitiendo la liberación de Au; con respecto a Pinaya (Pórfido de Cu-Au), hospedado en sedimentos del grupo Puno y volcánicos del grupo Tacaza, este último es el basamento en Sabina, lo que corrobora niveles estratigráficos más bajos que representan dominios típicos en pórfidos de Cu, con alteraciones y mineralizaciones hipógenas.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos quienes han colaborado en ésta tarea. Especialmente a:

Hochschild Mining PLC, por permitirme ser parte del grupo que desarrolló el proyecto Sabina los años 2009 - 2011.

Alberto Zapata Montes quien con su entusiasmo y asesoramiento profesional ha instado a no flaquear y continuar a buen término este Informe.

Mis amigos, Miguel Morales, Ronald Callupe y Miguel Chupillón por acompañar este quehacer geológico, lleno de ideas y discusiones que fueron necesarias.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, representada por los jurados y catedráticos Ciro Bedia Guillén, Néstor Chacón Abad y Orlando Orbegozo Perret, por sus oportunas sugerencias y correcciones en mejora del presente estudio.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

1. INTRODUCCION	1
1.1 Presentación.....	1
1.2 Objetivos Principales	2
1.3 Antecedentes.....	2
1.4 Ubicación y Accesibilidad.....	3
1.5 Consideraciones Generales.....	5
1.5.1 Fisiografía	5
1.5.2 Cuencas Hidrográficas	5
1.5.3 Clima y Vegetación.....	6
1.5.4 Recursos e Infraestructura	6
1.6 Concesión Minera	7
1.7 Propiedades Superficiales	9
2. GEOLOGÍA REGIONAL Y CONTEXTO TECTÓNICO	10
2.1 Introducción	10
2.2 Unidad Morfo-estructural	10
2.2.1 Altiplano Occidental	10
2.3 Estratigrafía	11
2.3.1 Paleozoico	11
2.3.2 Mesozoico.....	11
2.3.3 Cenozoico	12
2.3.4 Holoceno.....	14
2.4 Rocas Intrusivas	14
2.5 Contexto Tectónico	16
2.5.1 Ciclo Orogénico Paleozoico	16
2.5.1.1 Fase Eoherciniana (Devónico Superior - Carbonífero).....	16
2.5.2 Ciclo Orogénico Andino	16
2.5.2.1 Fase Peruana (Santoniano – Cretácico Superior)	16
2.5.2.2 Fase Incaica (Paleoceno Medio – Oligoceno Superior).....	16
2.5.2.3 Fase Quechua (Mioceno Medio - Plioceno Superior)	17
2.6 Marco Estructural	18
2.6.1 Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo (SFCLM).....	18
2.7 Metalogénia	18
2.7.1 Franja Metalogenética	18
3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL	20
3.1 Introducción	20

3.2 Unidad Basal	21
3.3 Unidad Inferior.....	22
3.4 Unidad Intermedia.....	24
3.5 Unidad Superior	24
3.6 Cuerpos Subvolcánicos	26
3.6.1 Subvolcánicos Dacíticos.....	26
3.6.2 Subvolcánicos Andesíticos.....	26
3.7. Brechas	29
3.7.1 Brechas Freáticas.....	29
3.7.2 Brechas Dilatacionales	29
3.7.3 Brechas Freatomagmáticas.....	30
3.7.4 Autobrechas.....	31
3.8 Control Estructural	33
3.8.1 Sistema Transcurrente NO-SE $\approx$ N300°	33
3.8.2 Sistema Transcurrente NE-SO $\sim$ N230°	33
3.8.3 Sistema E-O	35
3.8.4 Sistema N-S.....	36
4. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN	38
4.1 Alteración.....	38
4.1.1 Zona Norte.....	39
4.1.2 Zona Centro.....	40
4.1.3 Zona Sur.....	41
4.2 Mineralización	41
4.3 Tipo de Sistema Hidrotermal	43
5. SABINA, ARASI, PINAYA: COMPARACIÓN LITOLÓGICA, CONTROL ESTRUCTURAL, SISTEMA DE ALTERACIÓN, MINERALIZACIÓN Y EROSION DEL SISTEMA HIDROTHERMAL	44
5.1 Características Geológicas del Yacimiento Arasi	44
5.1.1 Geología	44
5.1.2 Estructuras.....	45
5.1.3 Alteración y mineralización.....	46
5.2 Características Geológicas del Yacimiento Pinaya.....	48
5.2.1 Geología	48
5.2.2. Estructuras.....	49
5.2.3 Alteración y Mineralización.....	50
5.3 Síntesis Comparativa	51
5.3.1 Litología	51
5.3.2 Control Estructural.....	51
5.3.3 Sistema Hidrotermal	52
5.3.4 Mineralogía	52

5.3.5 Época Metalogenética	53
5.3.6 Erosión del Sistema.....	53
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

RELACIÓN DE LÁMINAS

Lámina 1.	Plano de Ubicación.
Lámina 2.	Drenaje y Lagunas principales.
Lámina 3.	Plano de Concesiones Mineras.
Lámina 4.	Plano de Comunidades Campesinas.
Lámina 5.	Unidades Morfo-estructurales en el Sur del Perú.
Lámina 6.	Contexto Geológico Regional.
Lámina 7.	Contexto Tectónico.
Lámina 8.	Mapa Metalogenético del Sur del Perú.
Lámina 9.	Plano Litológico Compósito y ubicación de muestras por análisis de roca total.
Lámina 10.	Distribución estructural del primer evento NE-SO.
Lámina 11.	Máximo acortamiento, para los eventos de mineralización posteriores a la brecha freática central del cerro Chaquella.
Lámina 12.	Cuerpos subvolcánicos y brechas post-mineralización.
Lámina 13.	Plano de Alteraciones Compósito.
Lámina 14.	Modelo representativo del tipo de Sistema Hidrotermal.
Lámina 15.	Ubicación distrital y Tipo de Depósito.
Lámina 16.	Sección Esquemática Pinaya-Sabina-Arasi.

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1.	Columna Estratigráfica Local Generalizada.
Figura 2.	Sección Geológica AA'
Figura 3.	Sección Esquemática BB' de la Zona Norte-Cerro Chaquella
Figura 4.	Sección Esquemática CC' de la Zona Norte-Cerro Viscachaquella.
Figura 5.	Sección Esquemática DD' de la Zona Centro-Cerro Turputa.
Figura 6.	Sección Esquemática EE' de la Zona Sur-Cerros Millo-Condorsayana.
Figura 7.	Resumen de Eventos de Mineralización.
Figura 8.	Disposición de las secuencias volcánicas.
Figura 9.	Tendencia estructural de los cuerpos mineralizados.
Figura 10.	Sección geológica mostrando el comportamiento de la alteración y mineralización en Valle.
Figura 11.	Sección geológica mostrando el comportamiento de la alteración y mineralización en Carlos.

- Figura 12.** Sección geológica mostrando el comportamiento de la alteración y mineralización en Jessica.
- Figura 13** Plano geológico y Sección geológica 20300N (Términos en inglés).
- Figura 14** Sección geológica 20300N mostrando el comportamiento de la alteración.
- Figura 15** Sección geológica 20300N mostrando el comportamiento de la mineralización.
- Figura 16** Modelo de Sistemas de Pórfidos Cu-Au (Tomado de Sillitoe, 2000).

RELACIÓN DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Diagrama TAS.
- Gráfico 2.** Diagrama McCoss para el sistema transcurrente NO-SE (Brecha Freática).
- Gráfico 3.** Diagrama McCoss para el sistema transcurrente NE-SO. (Brecha hidrotermal con matriz de óxidos).
- Gráfico 4.** Diagrama McCoss para el sistema transcurrente NS. Eventos post-mineralización.

RELACIÓN DE TABLAS

- Tabla 1.** Distancias y vías de acceso al Proyecto Sabina.
- Tabla 2.** Listado de Concesiones Mineras.
- Tabla 3.** Listado de Concesiones Mineras dentro del JV con Minera Meridian SAC.
- Tabla 4.** Listado de Propiedades Comunitarias.
- Tabla 5.** Cronología relativa para los eventos estructurales del corredor Paratía-Ocuviri.
- Tabla 6.** Comparación de las características distintivas para Arasi, Sabina y Pinaya.

ANEXOS

ANEXO I: RELACIÓN DE CUADROS

- Cuadro 1.** Listado de Minas y Prospectos.
- Cuadro 2.** Resultados de Ensayes químicos por roca total.
- Cuadro 3.** Listado de muestras para estudios mineragráficos.

1. INTRODUCCION

1.1 Presentación

El Proyecto de exploración Sabina perteneciente a la compañía Minera Ares SAC del Grupo Hochschild Mining PLC., es un prospecto en etapa de exploración que alberga mineralización del tipo epitermal de alta sulfuración de Au, el mismo que está ubicado en el sur del Perú, reconocido como una importante provincia metalogenética para depósitos del tipo epitermal de alta sulfuración como Arasi (± 2.5 MOz Au), pórfidos como Pinaya (Cu-Au) y yacimientos polimetálicos como El Cofre (Pb-Zn-Ag), Pomasi (Pb-Zn-Ag), Palca (Pb-Zn-Cu-Ag), Berenguela (Cu-Ag-Mn), Santa Barbará (Cu-Pb-Ag) y Tacaza (Cu-Pb-Ag) entre los más importantes.

Para Sabina se ha establecido una comparación con los depósitos Arasi y Pinaya, en función a la Geología Regional y Local, tipo de depósito y correlaciones cronológicas relativas de eventos mineralizantes, dentro de la Franja metalogenética XXI correspondiente a depósitos de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno en el Sur del Perú. Sumado a este aporte y gracias a recientes estudios de carácter regional del INGEMMET se puede establecer patrones más claros de exploración a nivel distrital.

Hochschild Mining exploró este proyecto desde el año 2009 al 2012, incluyendo trabajos de cartografiado geológico (escalas 1:5,000 y 1:2,000), geoquímica de superficie, geofísica, perforación diamantina y de aire reverso.

Con el desarrollo del presente informe se pretende contribuir con información actualizada de la estratigrafía, el comportamiento estructural, las asociaciones mineralógicas y de alteración hidrotermal en este yacimiento, a fin de que dicha información documentada pueda emplearse como sustento en las exploraciones a distintas escalas e investigaciones dentro de la franja metalogenética XXI.

1.2 Objetivos Principales

Los principales objetivos del presente informe son los siguientes:

- Definir desde la litoestratigrafía y el análisis estructural los patrones que controlan la mineralización.
- Caracterizar los tipos de alteraciones hidrotermales y su relación con el entorno volcánico.
- Contribuir con un modelo geológico para trabajos futuros en la generación y evaluación de áreas potenciales de exploración a escala distrital.

1.3 Antecedentes

Las actividades realizadas entre la década de 1990 y 2000 son las siguientes:

1996, Minera Teck realiza las primeras campañas de reconocimiento con la extracción de 242 muestras en esquirlas (rock-chip), así como, trabajos de cartografía a escala 1:1,000.

2006, Hacia el último trimestre de ese año Minera Suroeste SA reevaluó las propiedades extrayendo 540 muestras con cartografía de detalle, concluyendo que se trata de un yacimiento de baja sulfuración, caracterizado por casquetes silíceos que pueden albergar mineralización en profundidad, siendo el Grupo Sillapaca la roca hospedante.

2007, Minera Suroeste SA efectúa dos campañas de muestreo selectivo totalizando 230 muestras, este muestreo reportó 3 valores anómalos mayores a 0.5 ppm. de Au, ubicados en la zona norte (C° Chaquilla).

Se concluye que se trata de un yacimiento de alta sulfuración en un ambiente de estrato volcán colapsado con emplazamiento de domos de variada composición.

Todo ello hospedado en el Grupo Palca y Sillapaca.

2008, En el mes de agosto se firma el JV (Joint Venture) entre Minera Suroeste SA y Hochschild Mining PLC (Cia Minera Ares SAC), asumiendo esta última todo lo concerniente a trabajos de exploración.

2009, Se ejecuta la compra total de Minera Suroeste SA por parte de Hochschild Mining PLC. (Cia Minera Ares SAC), realizando esta última, las primeras campañas de reconocimiento, iniciando los trabajos en el mes de setiembre, enfocando su atención en la zona norte del proyecto (por tener mejores anomalías geoquímicas por oro).

2010, Se ejecuta los trabajos de cartografiado geológico, geoquímica de superficie y en los meses de junio se inicia la campaña de perforación diamantina y de aire reverso enfocado a las zonas norte y centro del proyecto.

2011, Se completa la campaña de perforación restante en la zona centro y sur, desde los meses de Abril hasta Junio.

1.4 Ubicación y Accesibilidad

El área de estudio se ubica aproximadamente a 100 km en línea recta al noreste de Arequipa, políticamente pertenece al distrito de Santa Lucia, provincia de Lampa, departamento de Puno (**Lámina 1**). La altitud varía entre 4600 a 5100 msnm.

El proyecto Sabina está incluido dentro de las cartas topográficas a escala 1:100,000 de Ocuvi (31-u) y Lagunillas (32-u).

Dada las características geográficas de ubicación, el acceso es por vía terrestre, desde Lima se hace demasiado largo, por lo que es recomendable seguir el siguiente itinerario:

Tabla 1. Distancias y vías de acceso al Proyecto Sabina

Ruta	Vías de accesos	Distancia (Km)	Tiempo
Lima - Arequipa	Aérea	1000	1h
Arequipa – Desvío Pinaya	Carretera Asfaltada	170	2h 25'
Desvío Pinaya – Pinaya	Carretera Afirmada	19	45'
Pinaya - Orduña	Carretera Afirmada	18	20'
Orduña - Proyecto	Carretera Afirmada	12	30'
Total del Recorrido Terrestre		219	5h

El Proyecto Sabina cubre un área aproximada de 9,000 hectáreas, siendo sus coordenadas centrales UTM en zona 19S y con Dátum PSAD 56 las siguientes:

UTM Este: 303,580

UTM Norte: 8'289,960

Cota: 4900 msnm.

Y en coordenadas Geográficas:

Longitud: 70° 50' W

Latitud: 15° 29' S

1.5 Consideraciones Generales

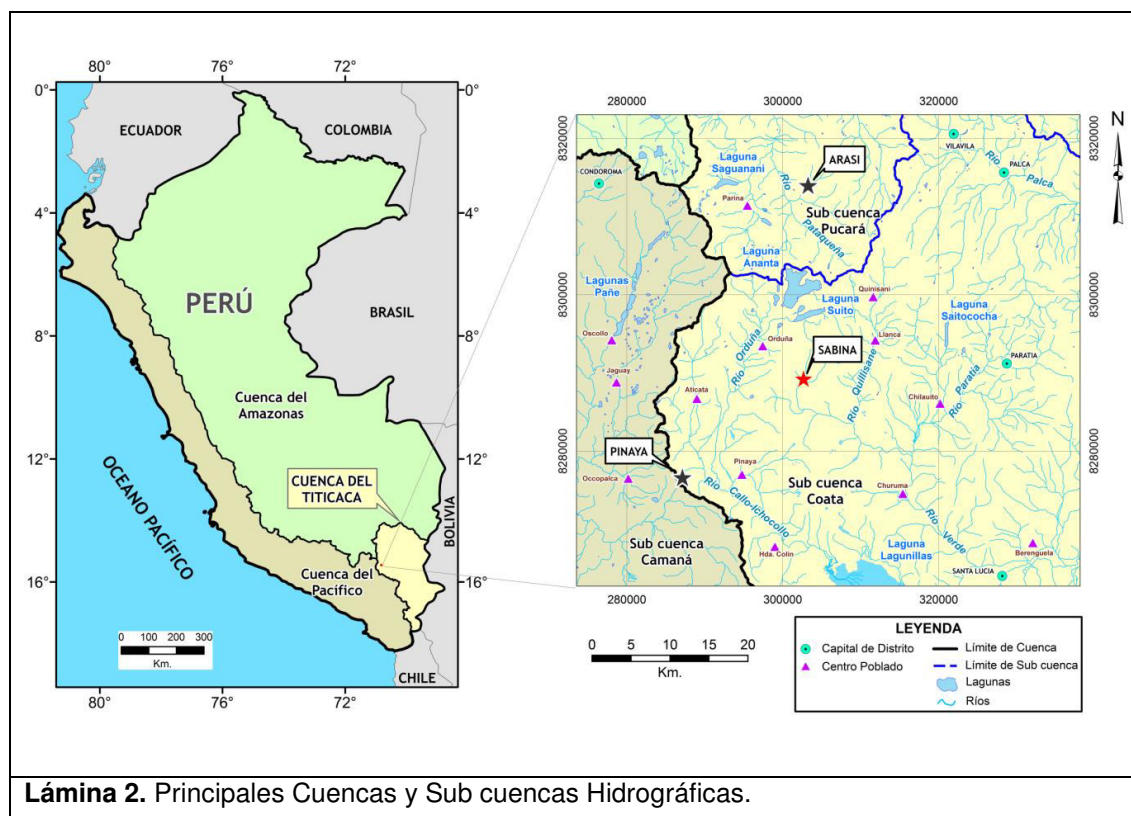
1.5.1 Fisiografía

El proyecto Sabina se ubica en el Altiplano, entre la cordillera occidental y la cordillera Oriental con una orientación NO-SE, caracterizada por su fisiografía montañosa con altitudes en rangos de 4800 a 5200 msnm. Así mismo, se tienen valles glaciares y extensas llanuras alto andinas a una elevación de 4600 msnm., el origen de los valles es tectónico-glaciar.

1.5.2 Cuencas Hidrográficas

El drenaje circúndate al proyecto lo conforman los ríos Orduña (al noroeste), Callo-Ichoccollo (al suroeste) y Quillisane (al sureste) este último es un distributario del río Paratía, las bifurcaciones menores cruzan el proyecto generando extensas zonas de bofedales, estos ríos drenan a partir de los nevados de las partes altas y zonas de acumulación de lluvias, son efluentes a su vez, de un centenar de lagunas como Ananta, Suito y Saitococha, con orientaciones Nor-Noreste; como afluentes de la gran laguna Lagunillas de orientación Noroeste, siendo un gran recurso hídrico en esta región.

Todos forman parte de la sub cuenca del río Coata y esta a su vez de la región hidrográfica o cuenca Titicaca. (**Lámina 2**).



1.5.3 Clima y Vegetación

Presenta un clima de puna, teniendo los meses más fríos entre Mayo y Agosto con temperaturas que descienden hasta 20°C bajo cero. Las precipitaciones máximas se dan entre Setiembre y Marzo, con intensas nevadas y granizadas acompañadas de tormentas eléctricas. Durante los meses de Setiembre y Noviembre, se manifiestan intensos flujos de viento. Las temperaturas bajas y la altura limitan la variedad de vegetación natural, teniendo al Ichu como principal y pequeños arbustos silvestres.

1.5.4 Recursos e Infraestructura

Entre las principales actividades económicas de esta zona del Perú tenemos a la ganadería, actividad que constituye la base de la economía de las comunidades de estos distritos, casi la totalidad de la producción y mejora del ganado lanar y auquénido (ovejas, alpacas ± vicuñas) está destinada al sustento de las necesidades alimentarias de las familias desarrollándose bajo sistemas tradicionales.

La crianza artesanal de truchas en lagunas es una actividad complementaria y sujeta a familias cercanas a estas fuentes de agua, siendo la producción a menor escala (**Foto 01**).



Foto 01. Vista del Pastoreo de Alpacas.

1.6 Concesión Minera

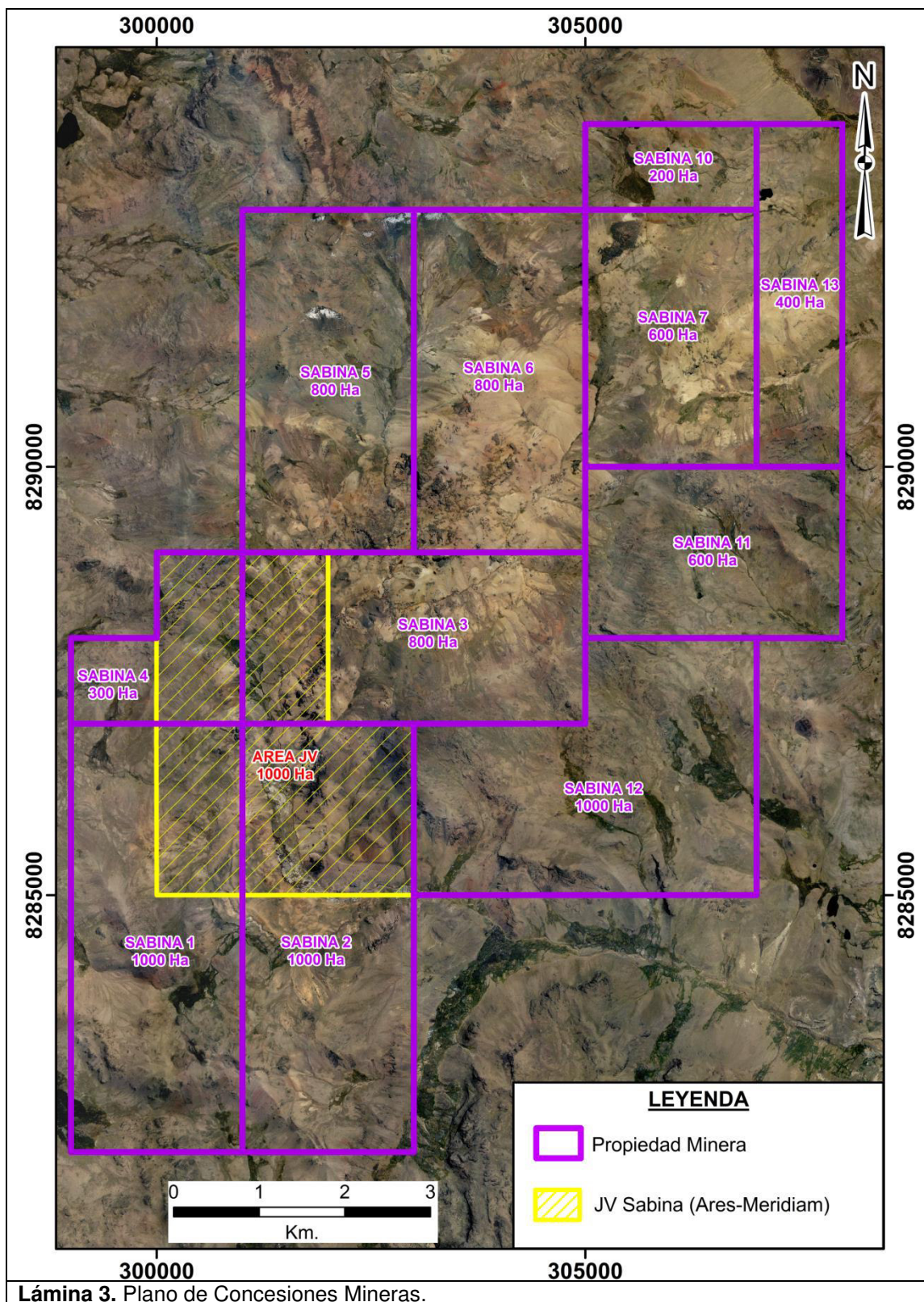
Las propiedades están distribuidas sobre 11 concesiones mineras que suman 7,500 Ha. Que pertenecen a Compañía Minera Ares S.A.C., de las cuales 1,000 Ha. pertenecen al “Joint Venture” con Minera Meridian Perú S.A.C (Lámina 3).

Tabla 2. Listado de Concesiones Mineras.

N°	Concesión	Código	Carta	Zona	Titular Concesión	Área (Ha)
1	SABINA 1	010162005	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	1,000.00
2	SABINA 2	010162105	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	1,000.00
3	SABINA 3	010162205	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	800.00
4	SABINA 4	010162305	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	300.00
5	SABINA 5	010162506	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	800.00
6	SABINA 6	010052606	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	800.00
7	SABINA 7	010052706	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	600.00
8	SABINA 10	010618907	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	200.00
9	SABINA 11	010661708	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	600.00
10	SABINA 12	010661808	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	1,000.00
11	SABINA 13	010284809	31-U	19 S	Compañía Minera Ares S.A.C.	400.00
Total						7,500.00

Tabla 3. Listado de Concesiones Mineras dentro del “Joint Venture” con Minera Meridian Perú S.A.C.

N°	Concesión	Código	Titular Concesión	Área (Ha)	Area_JV (Ha)
1	SABINA 1	010162005	Compañía Minera Ares S.A.C.	1,000.00	200.00
2	SABINA 2	010162105	Compañía Minera Ares S.A.C.	1,000.00	400.00
3	SABINA 3	010162205	Compañía Minera Ares S.A.C.	800.00	200.00
4	SABINA 4	010162305	Compañía Minera Ares S.A.C.	300.00	200.00
Total				3,100.00	1,000.00



1.7 Propiedades Superficiales

El área de Sabina abarca las comunidades del anexo Orduña, Llanca, Jaraña y Parcelas de la comunidad de Millocochapata, entre los distritos de Santa Lucia y Paratía en la provincia de Lampa. (**Lámina 4**).

Tabla 4. Listado de propiedades superficiales comunitarias.

Comunidad o Anexo	Departamento	Provincia	Distrito
C.C. Jaraña	Puno	Lampa	Paratía
C.C. Pinaya – Anexo Orduña	Puno	Lampa	Santa Lucia
C.C. Llanca	Puno	Lampa	Paratía
Parc. Millo Cochapata	Puno	Lampa	Paratía
Fdo. Chaquilla Pampatiana	Puno	Lampa	Paratía

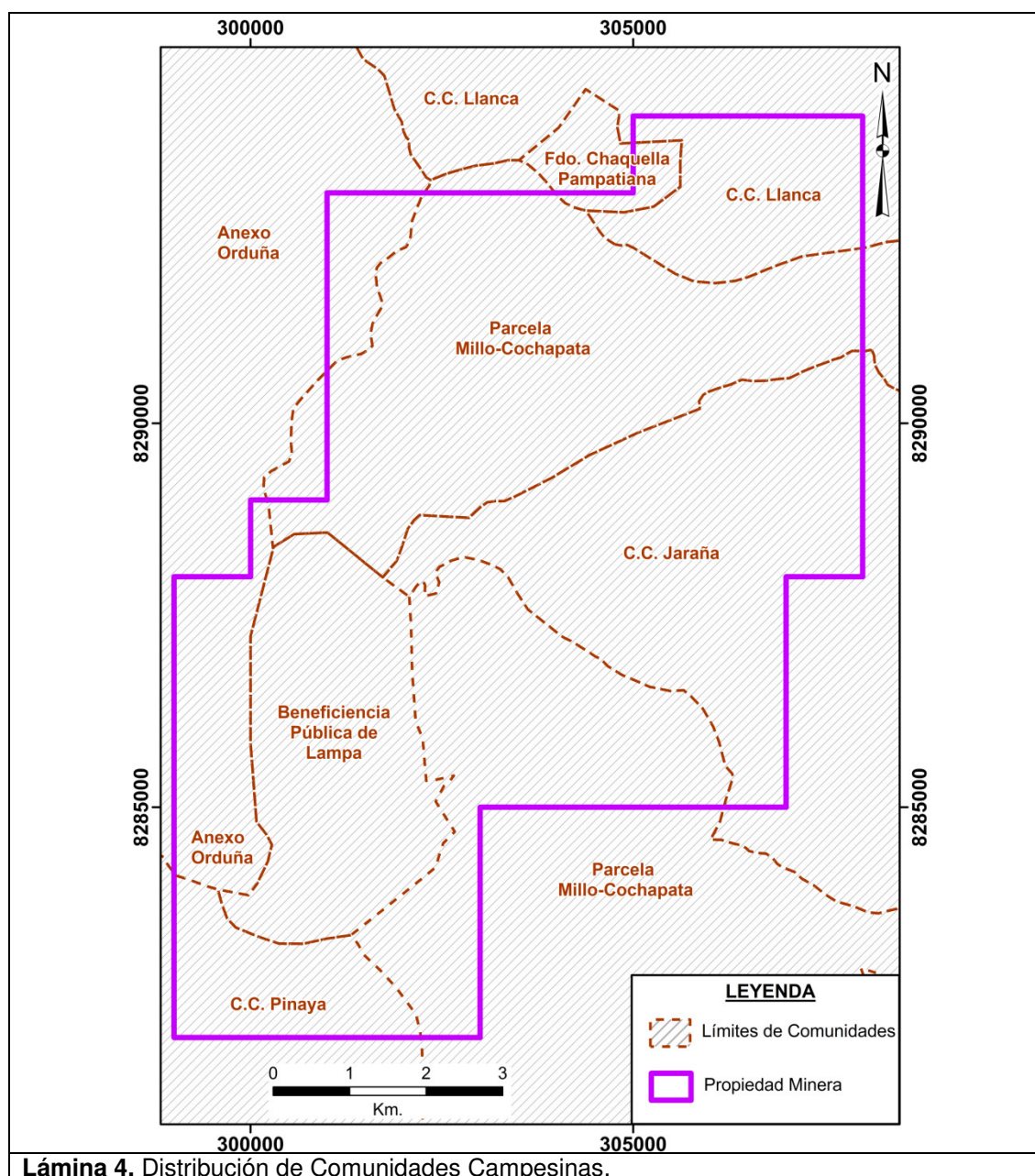


Lámina 4. Distribución de Comunidades Campesinas.

2. GEOLOGÍA REGIONAL Y CONTEXTO TECTÓNICO

2.1 Introducción

A lo largo del tiempo, distintas teorías e interpretaciones se han planteado para comprender la evolución geotectónica de la Cordillera de los Andes y por consecuencia, la del Sur del Perú. La geología histórica implica un complejo registro de acreciones, colisiones y subducción de diferentes tipos de corteza oceánica, éstos crearon una complicada segmentación, donde la tectónica magmática y procesos sedimentarios cambiaron a través del tiempo y espacio; además formaron las características de las provincias morfo-estructurales mayores, vistas actualmente en los Andes.

Los Andes son un sistema orogénico largamente activo, desarrollado por subducción y una cadena montañosa compleja (O. Palacios 1995, Sebrier & Soler 1991 y Megard 1987).

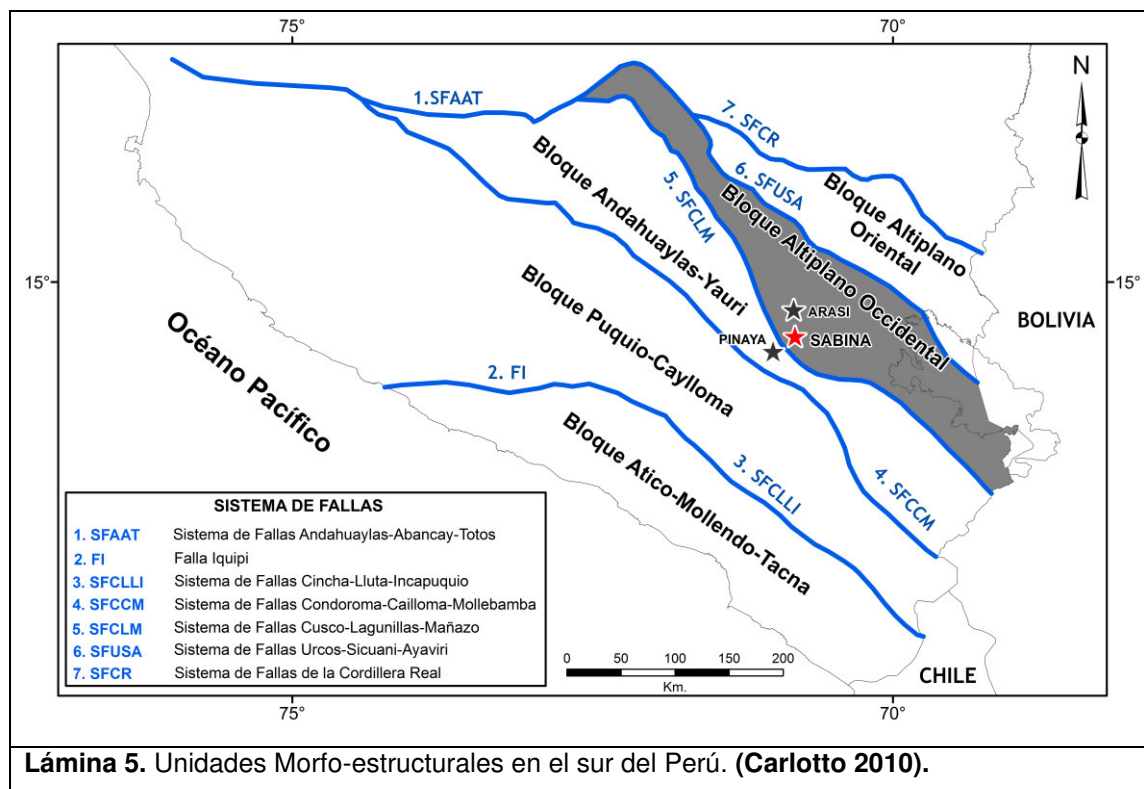
En el Proyecto Sabina, se expone el Grupo Tacaza como basamento que estaría asociado a una fase compresiva regional (Carlotto et al; 2006), así mismo, los eventos volcánicos, del mioceno superior - plioceno y pleistoceno (Fm. Palca, Sillapaca y Gpo. Barroso), se asocian a una fase distensiva a neutra debido al estilo de subducción normal y en donde se desarrolla fallamiento tensional (Noble et al; 1999). Por último, volcanismo fisural (Post-Barroso), también asociado a fases distensivas.

En el presente capítulo se describe la unidad morfo-estructural, la estratigrafía y el contexto tectónico regional, donde se ubica el proyecto Sabina.

2.2 Unidad Morfo-estructural

2.2.1 Altiplano Occidental

Está entre en el límite de la Cordillera Occidental y el Altiplano Andino y marcado por sistemas complejos de fallas (**Lámina 5**), al oeste por el Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo (SFCLM) y al este por el Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri (SFUSA) (Carlotto et al; 2010), correspondiendo a un mosaico de bloques (terrenos) litosféricos de diferentes orígenes, pegados entre ellos en el transcurso de diferentes orogenias pre-andinas (Carlier et al; 2006). Esta Unidad sigue la dirección andina con una orientación NW-SE, con picos que sobrepasan los 5000 msnm y ligada a una altiplanicie conocida como Puna. Esta unidad fue glaciada durante el Pleistoceno y son comunes en el área rasgos típicos de valles glaciares.



2.3 Estratigrafía

2.3.1 Paleozoico

➤ Grupo Cabanillas

Representado por bancos gruesos de areniscas cuarzosas, se observa en la parte SE (Sureste) del bloque regional creado para este estudio, así mismo, infrayace en discordancia angular a las formaciones Ayavacas y Huancané. La fauna recolectada en sus niveles fosilíferos le asignan un rango de edad del Devónico Inferior-Medio (Báez et al; 2009).

2.3.2 Mesozoico

➤ Formación Hualhuani

Aflora a 15 Km. al Oeste del Proyecto Sabina en un corredor NO (Noroeste) en bloques levantados estando en contacto con la formación Arcurquina, formando plegamientos irregulares. Caracterizado por areniscas cuarzosas de coloración gris blanquecina en estratos gruesos, presenta estratificación oblicua y sesgada. No se ha registrado fauna en la Formación Hualhuani, aunque basado en los fósiles de las formaciones adyacentes se le asigna tentativamente, una edad barremiana superior (Vicente et al; 1979).

➤ Formación Huancané

Se dispone en pequeños afloramientos en contacto posiblemente por fallas con la formación Ayavacas, sobreyaciendo al Grupo Cabanillas en discordancia angular y está representada por areniscas cuarzosas en bancos delgados y estratificación paralela ondulante. Se le asigna en parte al Cretáceo inferior.

➤ Formación Arcurquina

Calizas micríticas en estratos medianos a gruesos intercalados con conglomerados intra-formacionales y limoarcillitas rojas formando pliegues disarmónicos y asociada a sistemas transcurrentes inversos que siguen el rumbo andino como altos estructurales.

Presenta un estilo de deformación similar a la Formación Calizas Ayavacas. La fauna reporta un rango de edad del Aptiano-Cenomaniano.

➤ Formación Ayavacas

Deriva su nombre de la localidad de Ayavacas, el término fue introducido por Cabrera y Petersen (1936) y luego Newell (1949) la denomina como formación.

Las calizas Ayavacas han sido inyectadas a lo largo de fallas de sistema NO-SE. En términos generales, la formación consiste de una matriz de brechas rojizas (Sempere et al; 2000), alrededor de bloques y escamas de caliza micríticas fallados y plegados complejamente. Se acepta una edad Cenomaniana a Turoniana (Newell 1949).

➤ Formación Auzangate

Ocurre asociado al sistema Lagunillas en corredores NO (Noroeste), siendo característico su moderado plegamiento, está conformado por areniscas arcósicas, limoarcillitas y lodolitas rojas en finas capas con estratificación paralela. A su vez infrayace en discordancia erosional a la Formación Muñani y al Grupo Puno. Se le ubica en el Cretáceo superior.

2.3.3 Cenozoico

➤ Formación Muñani

Aflora en el extremo SE del bloque regional propuesto, está caracterizada por areniscas feldespáticas masivas y laminadas de color rojizo. La formación carece de fósiles, se le asigna un rango desde el Cretáceo Superior – Paleógeno Inferior.

➤ Grupo Puno

Capas rojas conformadas por conglomerados polimícticos, areniscas de grano grueso en capas de moderado espesor intercalado con limoarcillitas rojizas y areniscas tobáceas a modo de lentes muy sesgados.

Se extiende con una orientación NO-SE (Noroeste-Sureste), posiblemente asociado a sistemas inversos a lo largo del margen occidental del Lago Titicaca, se observa moderadamente plegado, afectado por fallas de orientación NE. La edad del Grupo Puno es incierta, pero las evidencias disponibles sugieren que la sedimentación ocurrió durante un lapso dentro del Paleógeno.

➤ Grupo Tacaza

Representa un evento volcánico en el transcurso del Oligoceno tardío al Mioceno medio e incluye rocas volcánicas básicas alcalinas datadas en 30-24 Ma. (Fornari et al; 2002), así como, facies volcano-sedimentarias e intrusiones básicas a félsicas que también representan afinidades alcalinas (Mamani & Ibarra, 2000). Su geometría y características geoquímicas muestran que este corredor magmático no se relaciona directamente con la subducción, sino más bien fue el resultado de un sistema de desgarre litosférico que permitió que líquidos

mantélicos alcanzaran la superficie (Sempere et al; 2004), asociados a la fase tectónica Inca (Palacios et al; 1993).

El Grupo Tacaza dentro del área de estudio aflora principalmente a lo largo del sistema de fallas Lagunillas (carácter litosférico) evidenciando corredores lineales de magmatismo.

➤ Grupo Palca

Definido como Grupo por Palacios (1993), se considera que ha sido originado por volcanismo fisural, de carácter explosivo, controlado principalmente por el lineamiento de Ocuvi y relacionada a la fase tectónica Quechua I (Williams y Mc Birney 1979).

Este periodo está constituido principalmente por depósitos de flujos piroclásticos de cenizas, ricos en cristales y fragmentos líticos accidentales de composición dacítica-riolítica en potentes capas grises blanquecinas (Cerpa et al., 2011; Aguilar, et al; 2010), de marcada disyunción columnar con abundantes fenocristales de plagioclasa, sanidina y cuarzo (Aguilar et al; 2012). El evento Palca, oscila en el rango de 22 a 18 Ma (Cereceda et al; 2010) corroborado con edades radiométricas (K/Ar) de 19.4 ± 0.8 Ma. (Boudesseul et al; 1986) y 18.1 ± 0.6 Ma (Klinck et al; 1986).

➤ Grupo Sillapaca

Representa una secuencia volcánica del Mioceno medio, tiene su localidad tipo en el Cerro Sillapaca (Puno). El Grupo Sillapaca está dominado por secuencias de flujos laminados de composición dacítica, textura porfirítica y color gris oscuro, andesitas rojizas con fenocristales de plagioclasas, siendo composicionalmente de Traquiandesita, Traquita y Traquidacita (J. Quispe et al; 2004). Las edades radiométricas (K/Ar) reportadas al Grupo Sillapaca, son de 12.8 ± 0.4 Ma. (Klinck et al; 1986) y 17.39 ± 0.91 Ma. (Wasteneys, 1990). El proyecto Sabina está ubicado en el centro volcánico Turputa (W. Morche, 2009) asignado a este grupo, con un rango que oscila para este evento de 18 a 12 Ma. (Cereceda et al; 2010).

➤ Grupo Maure

Esta unidad litológica ha sido elevada a la categoría de Grupo por Palacios (1993). Se caracteriza por depósitos fluviales y fluvio-lacustres, relacionados a sedimentaciones en cuencas transpresivas como Descanso-Yauri, Condoroma y Tinajani, cuya actividad inicia alrededor de entre 24-22 Ma y culmina con la colmatación de estas cuencas entre los 7-5 Ma., estos depósitos se interdigitan con los flujos piroclásticos del grupo Palca y Sillapaca. (Cerpa & Meza et al; 2001, Carlotto et al; 2005; Torres et al; 2011). Sus afloramientos están expuestos a lo largo de los corredores andinos NO – SE (Noroeste-Sureste).

➤ Formación Confital

Afloran en el extremo SO del bloque regional, esta formación está caracterizada por tobas de cristales (cuarzo, plagioclasa, biotita) e ignimbritas riódacíticas de textura eutaxítica, se correlaciona con la parte superior del grupo Maure.

➤ Grupo Barroso

Se ubican como centros volcánicos “recientes”, las rocas pertenecientes a este periodo están representadas por secuencias piroclásticas de composición andesítica, ligadas a un

volcanismo principalmente explosivo. Tienen como fase mineral principal a la plagioclasea y anfíbol (Aguilar et al; 2012).

2.3.4 Holoceno

➤ Depósitos Morrénicos

Compuestos de till sin estratificación son comunes en áreas con una altitud aproximada de 4,500 – 4,800 msnm y en valles glaciares.

➤ Depósitos Fluvioglaciares

Consisten en gran parte de derrubios estratificados, compuestos de gravas y arenas depositadas por agua fundida de los casquetes glaciares, se caracterizan por presentar abanicos con superficies llanas o semi planas.

➤ Depósitos Fluvioaluviales

Ocurren en valles, depresiones y llanuras, presentándose esparcidas sobre el altiplano. Comprende arcillas y limos, arenas y gravas no consolidadas depositadas por la corriente de ríos, flujos de agua y efecto gravedad.

➤ Depósitos de Bofedales

Reservas naturales de agua en las zonas alto andinas, tienen una composición arenosa, limosa y arcillosa, con niveles de materia orgánica formando ecosistemas particulares en flora y fauna.

2.4 Rocas Intrusivas

Se tienen plutones (dioríticos y granodioríticos) y cuerpos subvolcánicos (riolíticos, dacíticos y andesíticos). Entre 4-8 Km al NE (Noreste) del distrito de Palca ocurren emplazamientos de cuerpos subvolcánicos, mayormente de composición dacítica, con edades radiométricas entre 19.5 ± 0.9 Ma (Klinck).

A 5.0 Km. al norte del centro poblado de Ocollo aflora un cuerpo intrusivo de composición riolítica que ha sido datado en 18.1 ± 0.6 Ma (Klinck et al; 1986).

Los demás cuerpos intrusivos siguen las tendencias del corredor principal NO-SE (Noroeste-Sureste) con asociaciones distritales y locales a sistemas EO (Este-Oeste) y NS (Norte-Sur).

Lámina 6.

ERATEMA		SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		INTRUSIVOS & ROCAS SUB-VOLCANICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Deposito de Bofedal		Qh-bo	 Domo lava_Dacita  Dacita  Riolita  Diorita  Granodiorita  Andesita  Dacita
			Deposito Coluvial		Qh-co	
			Deposito Aluvial 1		Qh-al1	
			Deposito Aluvial 2		Qh-al2	
			Deposito Fluvio-glaciario		Qh-fg	
	PLEISTOCENO		Depositos Morrenicos		Qpl-mo	
			Grupo Barroso		Np-ba	
			Formacion Confital		N-co/tbk	
			Grupo Maure		Nm-ma	
			Grupo Sillapaca		Nm-si	
NEOGENO	MIOCENO	Grupo Palca		Nm-pa		
		Grupo Tacaza		PN-ta		
		Grupo Puno		P-pu		
		Formacion Muñani		P-mu		
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR	Formacion Auzangate		KsP-au	
			Formacion Ayavacas		Kis-ay	
			Formacion Arcurquina		Kis-ar	
			Formacion Huancane		Kis-hn	
			Formacion Hualhuani		Ki-hu	
	PALEOZOICA	SILURICO DEVONICO	INFERIOR			
PALEOZOICA	SILURICO DEVONICO	SUPERIOR	Grupo Cabanillas		D-c/m	

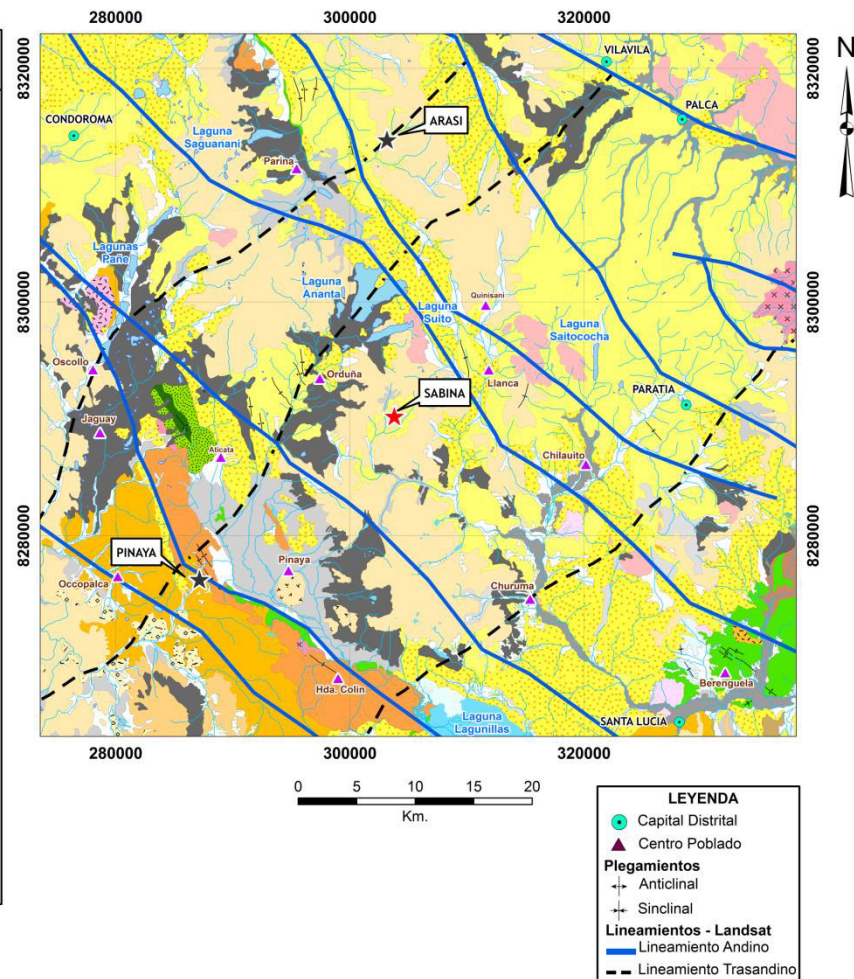


Lámina 6. Contexto Geológico Regional

2.5 Contexto Tectónico

Dentro del marco tectónico, el proyecto Sabina se ubica en la Zona Volcánica Central (ZVC) de Sudamérica, correspondiente al cinturón volcánico Miocénico- Holocénico del Sur del Perú (**Lámina 7**). Este arco volcánico se desarrolla sobre una potente y compleja corteza continental compuesta por rocas paleozoicas y mesozoicas (A. Zapata 2010 y L. Echavarría 2009).

A nivel regional el magmatismo-volcanismo, al sur de la inflexión de Abancay, posee características evolutivas distintas en su estilo de subducción, tectonismo y desarrollo de vulcanismo, dispuestos en una faja de unos 200 km de ancho, definida por grandes estructuras volcánicas superpuestas relacionadas a flujos lávicos calco-alcalinos (andesíticos a riolíticos, ignimbritas, lahares y domos). Tanto la actividad volcánica como tectónica, fue episódica (McKee y Noble, 1989; Sebrier y Soler, 1991; Mercier et al; 1992; Noble et al; 1999) reflejando periodos de quietud con extensión suave, seguido de cortos periodos compresivos asociado a la segmentación de la subducción andina, que se produce durante el Mioceno (M. Gutscher et al; 1999). Los ciclos orogénicos que han afectado el área de estudio corresponden al Ciclo Orogénico Paleozoico (Fase Eoherciniana) y al Ciclo Andino (Fase Peruana, Inca y Quechua).

2.5.1 Ciclo Orogénico Paleozoico

2.5.1.1 Fase Eoherciniana (Devónico Superior - Carbonífero)

La Fase Eoherciniana fue propuesta por Laubacher (1978), que registró una edad entre 320 Ma. y 340 Ma. Esta fase produce el plegamiento de rocas del Paleozoico Inferior y está determinada por la discordancia erosional del Grupo Ambo sobre el Grupo Cabanillas.

2.5.2 Ciclo Orogénico Andino

2.5.2.1 Fase Peruana (Santoniano – Cretácico Superior)

Se formula un rango de edad aproximada de 84-79 Ma (Benavides-Cáceres et al; 1999). Esta fase provoca el plegamiento de rocas Cretácicas y la deposición continental del Grupo Puno.

2.5.2.2 Fase Incaica (Paleoceno Medio – Oligoceno Superior)

Se divide en Incaica I (59-55 Ma.), Incaica II (43-42 Ma.), Incaica III (30-27 Ma), Incaica IV (22 Ma.). Originan fallas inversas, plegamiento del Grupo Puno y actividad volcánica del Grupo Tacaza a través del sistema de fallas Lagunillas.

2.5.2.3 Fase Quechua (Mioceno Medio - Plioceno Superior)

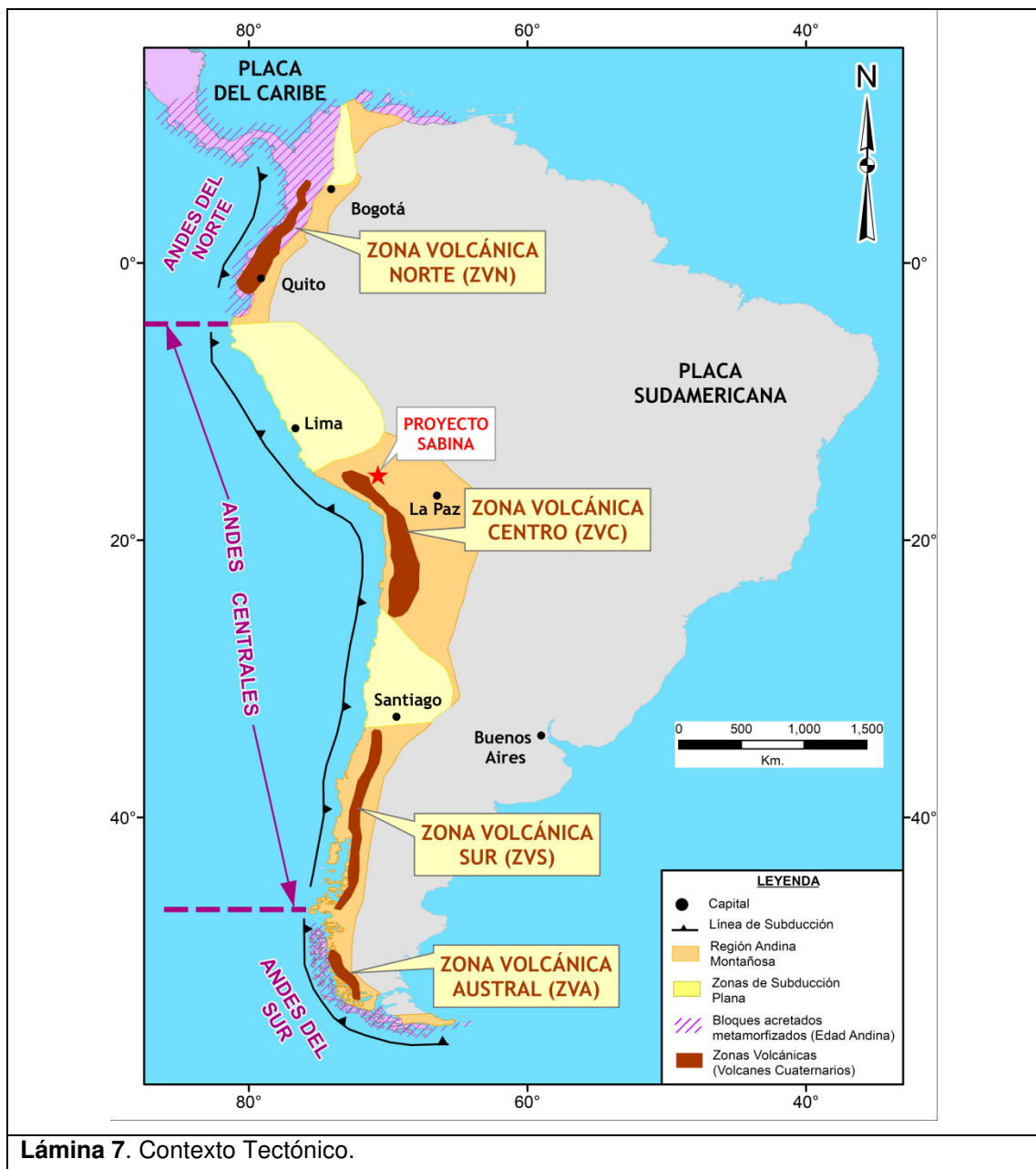
Desarrollada por Mckee & Noble (1982) y Megard (1984). Esta fase produce plegamientos y desplazamientos horizontales de bloques. Fue dividida en tres sub-fases denominadas Quechua I, II y III.

➤ Quechua I

Se desarrolló durante el Mioceno medio a superior (16-8 Ma) con una intensa elevación y fallamiento normal, que fue acompañado por intensa actividad magmática (Ayala et al., 2008).

➤ Quechua II

Causa fallas inversas de alto ángulo que ponen en contacto (en estrechas franjas) afloramientos del grupo Puno y calizas de la formación Ayavacas. Del pulso orogénico Quechua II fueron seguidos una actividad volcánica y un levantamiento, interrumpidos por dos menores pulsos compresivos, Quechua III (5-4 Ma) y Quechua IV (2.0-1.6 Ma), que generan plegamiento del grupo Maure y actividad volcánica del grupo Barroso (Quispe et al; 2004).



2.6 Marco Estructural

2.6.1 Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo (SFCLM)

Se despliegan longitudinalmente desde el NO (Noroeste) del distrito de Santa Lucía hacia la ciudad de Puno. Tienen una orientación NO – SE ($\approx$ N30°O – S30°E) y de 40 a 80 Km. de ancho. Este corredor estructural que tuvo un comportamiento de desgarre dextral hasta aproximadamente $\approx$ 30 Ma y luego cambiar a un comportamiento sinistral (Carlotto et al; 2005), constituye el límite NE (Noreste) de la cuenca Miocena del Grupo Maure (Sempere et al., 2002). **Lámina 8**

Pone en contacto al Grupo Puno con el Grupo Maure y hace cabalgar a la Formación Ayavacas sobre el Grupo Tacaza y al Grupo Lagunillas sobre la Formación Ayavacas, controla el emplazamiento de cuerpos intrusivos subvolcánicos del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno (48-30 Ma) en su parte Norte (Cusco) y el volcanismo del Grupo Tacaza de edad Oligoceno tardío al Mioceno medio 30-24 Ma (Fornari et al; 2002), hacia el Sur (Arequipa-Puno), (Carlotto et al; 2006).

Dentro de este gran corredor estructural se desarrollaron cuencas y micro-cuencas oligo-miocénicas, por lo cual el volcanismo generado en este rango de edades incluyen unidades volcano-sedimentarias ocurrentes en el Grupo Tacaza (Sempere et al; 2004); de igual modo el volcanismo Palca y Sillapaca estaría también asociado a cuencas de tipo pull-apart, en sistemas transtensivos, asociados a estos sistemas transcurrentes, lo que habría generado debilidad cortical y emplazamiento magmático (A. Zapata & M. Morales 2009).

2.7 Metalogénia

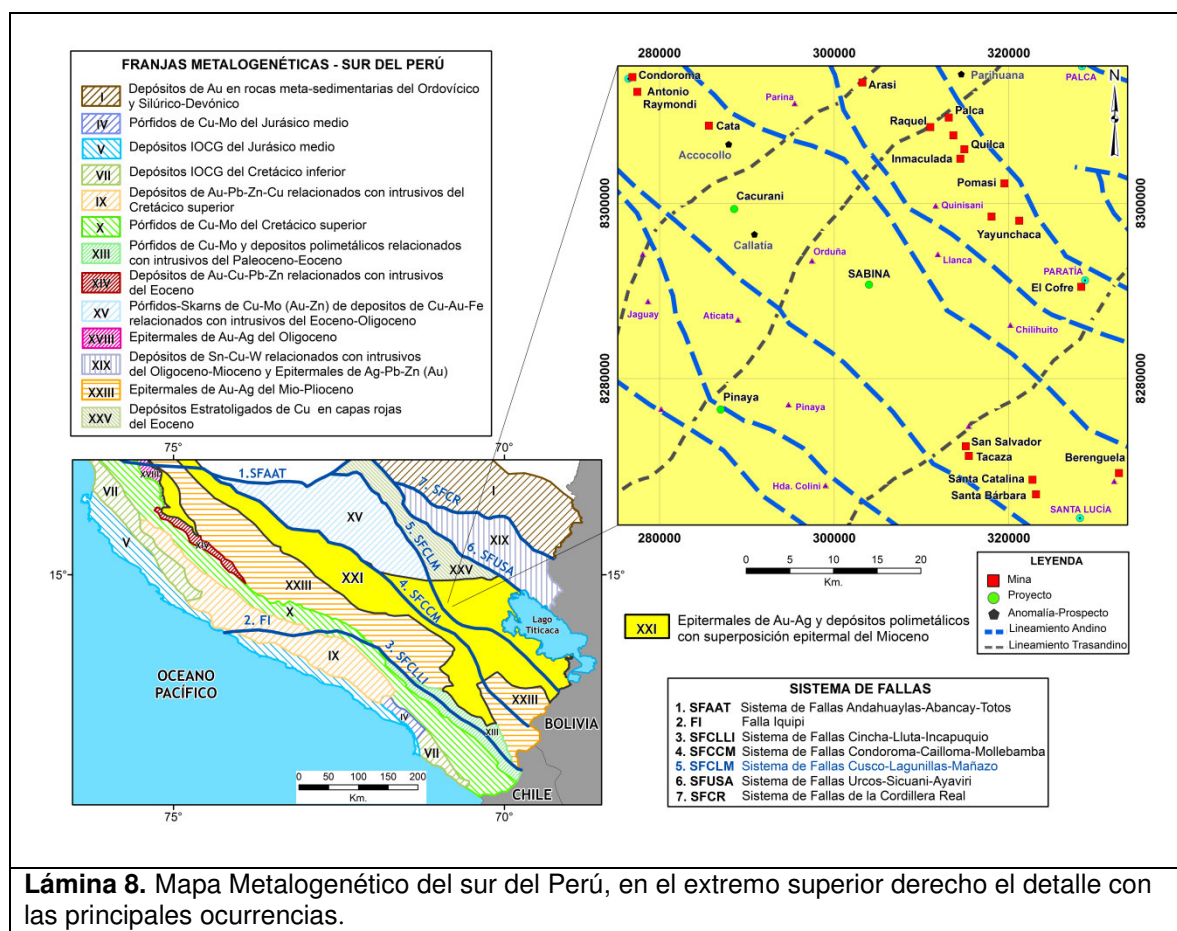
2.7.1 Franja Metalogenética

El proyecto Sabina se encuentra en la Franja Metalogenética XXI, correspondiente a depósitos de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno en el sur del Perú (INGEMMET et al; 2009), la misma que sigue el rumbo andino y está limitada al Este por la franja XIX de depósitos de Sn-Cu-Mo relacionados con intrusivos del Pérmico-Triásico-Jurásico, Oligoceno-Mioceno y depósitos epitermales de Ag-Pb-Zn, franja XXV de yacimientos estratoligados de Cu tipo Capas Rojas del Eoceno-Oligoceno y la franja XV de pórfidos-skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno, así mismo, limitada hacia el Oeste por la franja XIII de pórfidos de Cu-Mo y depósitos polimetálicos relacionados a intrusivos del Paleoceno-Eoceno y la franja XXIII de depósitos epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. **Lámina 8**

La mayor parte de esta franja metalogenética XXI, está conformada por volcánicos del Paleógeno-Neógeno cuyas composiciones varían desde traquibasaltos hasta riolitas, siendo controlados por el sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo responsable del magmatismo del Eoceno-Oligoceno con el Batolito de Andahuaylas-Yauri al Norte (Cusco-Abancay). Este control estructural configura altos del basamento con bloques de cuencas sedimentarias asociadas, así mismo, estas características magmáticas, paleogeográficas, estructurales y

metalogenéticas sugieren que esta porción sur de la Cordillera Occidental del Perú podría ser la extensión norte de la Cordillera de Domeyko en el norte de Chile (V. Carlotto, L. Cerpa, J. Cárdenas, J. Quispe & G. Carlier et al; 2005).

Tomando a Sabina como centro y en un radio de ± 25 Km dentro de esta franja XXI, ocurren yacimientos epitermales de alta sulfuración como la Mina Arasi 25 Km. al norte, así como, manifestaciones tipo pórfido de Cu-Au Pinaya 16 Km al suroeste y las minas históricas polimetálicas filoneanas de Condoroma, Cata, El Cofre, Pomasi y Palca, entre las representativas. A su vez, es característico desde Sabina y hacia el SE las ocurrencias de $\text{Cu}\pm\text{Ag}$ a modo de cuerpos y mantos, con las Minas Tacaza, San Salvador y Berenguela. Ocurrencias de Ag (polimetálico) del tipo filoniano tenemos a la Mina Santa Bárbara en esta zona. **Lámina 8**



3. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

3.1 Introducción

Se determinó esta columna generalizada (**Figura 1**), como resultado del cartografiado a escala 1:5,000 (A. Zapata & L. Valdivieso 2010), siendo la estructura principal un volcán tipo escudo (flancos de buzamiento $\leq 15^\circ$) que fue erosionado quedando sólo su flanco SE (Sureste) preservado (W. Morche 2009).

Se resalta que lo descrito esta soportado además del trabajo de campo, por caracterización de muestras de mano y análisis químicos por roca total (**Gráfico 1**).

Con todo ello se dividió los grupos formacionales existentes en cuatro unidades a escala local siendo la secuencia de volcanoclásticos con facies lacustrinas nuestra unidad “marcadora” para establecer relaciones de posición estratigráfica. A continuación se describen cada Unidad.

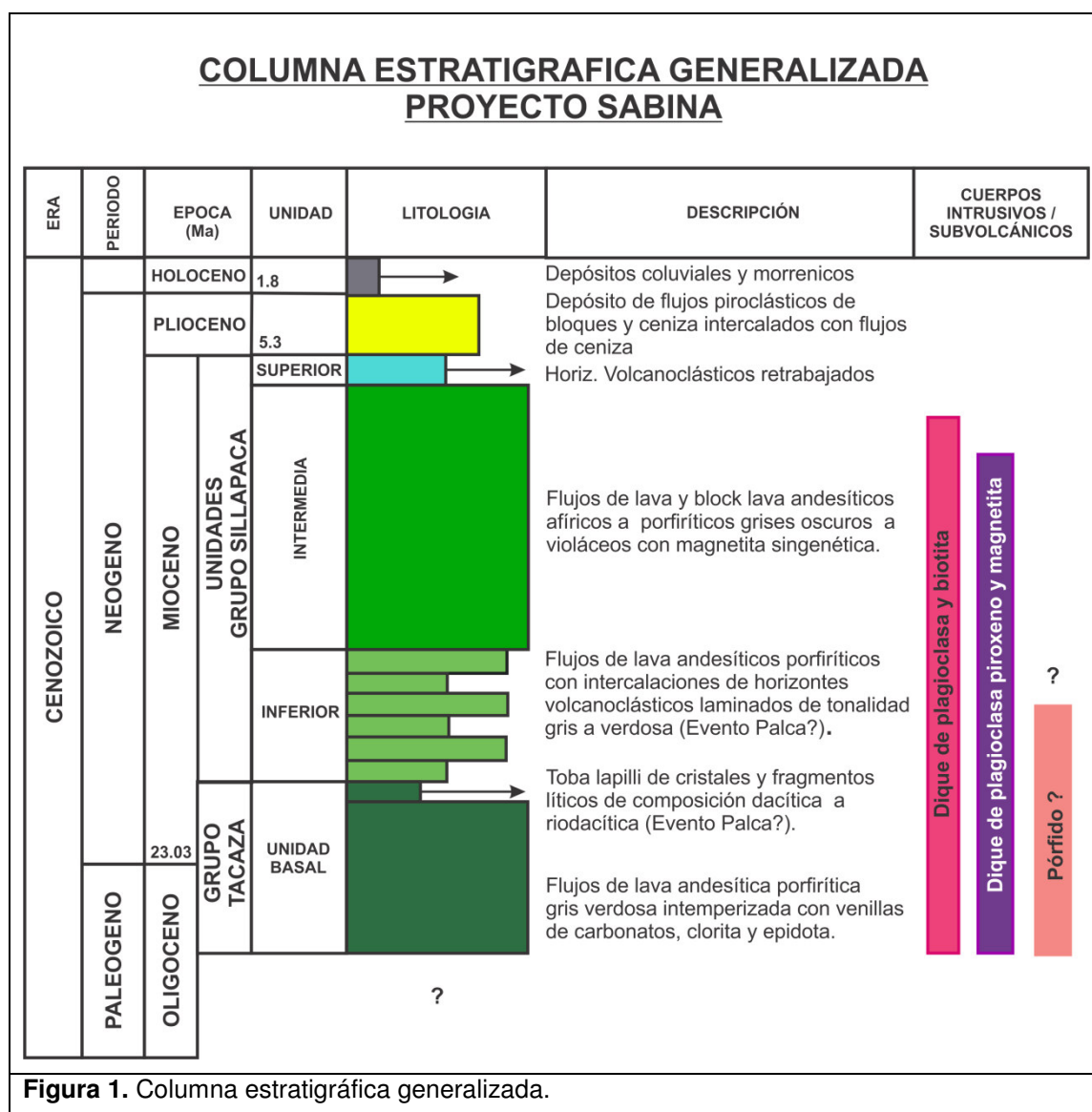


Figura 1. Columna estratigráfica generalizada.

3.2 Unidad Basal

Aflora en el área norte del Proyecto constituyendo paleo-relieves así como altos estructurales, está conformada por flujos de lavas andesíticas de textura porfírica con plagioclasa y piroxeno afectados por intemperismo, siendo notoria la presencia de clorita y epidota (**Fotos 02 y 03**), así mismo, venillas de carbonatos (calcita), la tonalidad de la pasta es violácea a gris verdosa, esta unidad se dispone en corredores NNO., por lo descrito se asigna esta unidad perteneciente al grupo Tacaza. **Foto 04.**

Así mismo, sobreyace en discordancia angular a esta unidad basal un horizonte de tobas lapilli de líticos y cristales de composición dacítica (Muestra 119968) y tonalidad blanquecina que engloba fragmentos de las lavas basales (Evento Palca). **Fotos 05, 06 y 07.**



Foto 02. Venillas de Carbonatos



Foto 03. Oxidación supergena.



Foto 04. Norte del Proyecto Sabina, alto estructural nótese la tonalidad gris verdosa.



Foto 05. Tobas rellenando paleo-relieve lávico.



Foto 06. Toba de lapilli de cristales y líticos



Foto 07. Engloba fragmentos de lavas basales.

3.3 Unidad Inferior

Esta unidad está presente en toda el área del proyecto Sabina, caracterizada por una alternancia de flujos lávicos con horizontes volcanoclásticos, siendo sus mejores expresiones en el área central del proyecto Sabina, los flujos de lavas andesíticos (plagioclasa + piroxeno) porfiríticos finos son de pasta violácea y los horizontes volcanoclásticos retrabajados y laminados (lacustrinos) son de tonalidad gris verdosa, la fase lávica se incrementa hacia las partes superiores (**Fotos 08, 09 y 10**).

Los controles para esta unidad obedecen a posibles micro-cuencas tectónicas tipo pull-apart originadas dentro de los grandes corredores magmáticos NNO-SSE y obedecen a un sistema NNE-SSO (A. Zapata & M. Morales 2009). Los espesores registrados en campo para esta unidad son variables debido a su carácter lenticular, condicionado a relleno de paleo-relieves (**Foto 11**).

Esta unidad puede ser asignada al grupo Sillapaca y parcialmente al grupo Palca, resaltando que el grupo Palca aflora en toda el área adyacente al Proyecto.



Foto 08. Zona Norte Laminación fina.

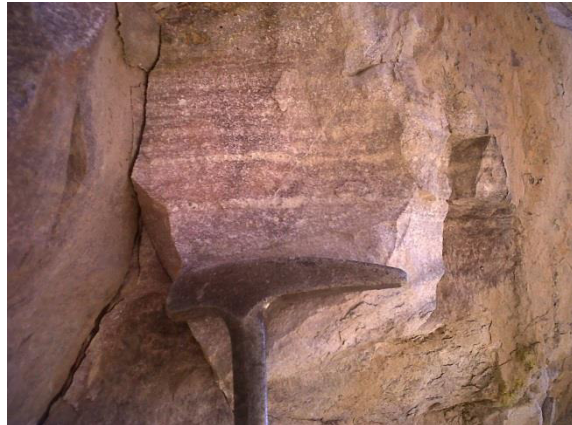


Foto 09. Zona Sur, oxidación supergena



Foto 10. Vista del Grupo palca con ignimbritas e intercalaciones de volcanoclásticos lacustrinos.



Foto 11. Zona Norte panorámica intercalación de flujos lávicos y horizontes volcanoclásticos.

3.4 Unidad Intermedia

Aflora en toda el área del Proyecto alcanzando altitudes hasta de 5100 msnm. y corresponden a flujos de lavas y block lavas (plagioclasa + piroxeno) afaníticos de composición Traquiandesítica (muestras 119967 y 119971), con pasta de tonalidad gris oscura a verdosa con la diferencia que contienen magnetita singenética y facies vitrofíricas, presentan buzamientos de hasta 15° al SE (Sureste) las mismas que conformarían la parte alta del volcán tipo escudo (W. Morche 2009).

Esta unidad descansa en contacto gradacional sobre la unidad inferior “marcadora”, por posición estratigráfica se le asigna al grupo Sillapaca (**Fotos 12, 13 y 14**).



Foto 12. Panorámica unidad intermedia con buzamiento de capas 15°.



Foto 13. Capas delgadas de lavas



Foto 14. Capas con mayor inclinación.

3.5 Unidad Superior

Esta unidad corresponde a fases terminales del volcanismo, aflora restringidamente en la parte central del Proyecto y se manifiesta en horizontes re TRABAJADOS finos, caracterizados por fuerte lajamiento de tonalidades beige a grisáceas (presentan moderado intemperismo con presencia de arcillas) y sobreyacen a la unidad intermedia lávica. (**Fotos 15, 16 y 17**).



Foto 15. Horizontes retrabajados finos, tonalidades beige a grisáceas.



Foto 16. Lajamiento intenso



Foto 17. Nótese el fuerte intemperismo

Sobreyaciendo a esta unidad tenemos depósitos piroclásticos de bloques y ceniza intercalados con flujos de cenizas circundantes asociados al emplazamiento de cuerpos subvolcánicos, (**Foto 18**).



Figura 18. Intercalación de flujos de ceniza.

3.6 Cuerpos Subvolcánicos

Los cuerpos subvolcánicos principales encontrados en el área son de composición andesítica a dacítica, los cuales se describen por su diferenciación por épocas de emplazamiento.

3.6.1 Subvolcánicos Dacíticos

Denominado por su ubicación en los diagramas de clasificación química de rocas volcánica con cristales observables de plagioclasa y contenidos mayores a 5% en biotita, es característico en estos cuerpos su comportamiento como diques y domos-lava, siendo su emplazamiento una reactivación del sistema ENO y NE principalmente (Muestra 119965).

Fotos 19, 20 y 21.



Foto 19. Domo lava plagioclasa-biotita se observa el bandeamiento de flujo. (Zona Norte).



Foto 20. Borde de enfriamiento de tonalidad más oscura.



Foto 21. Ocasionales fragmentos con pasta vitrofírica.

3.6.2 Subvolcánicos Andesíticos

Correspondiente a un sistema estructural NS y ENO-OSE con textura pórfido-afanítica a modo de diques irregulares cortando toda la secuencia volcánica anteriormente descrita, ocasionalmente se observa magnetita diseminada. Esta manifestación puede ser el último evento de reactivación de los sistema estructurales post-mineralización. **Fotos 22, 23 y 24.**

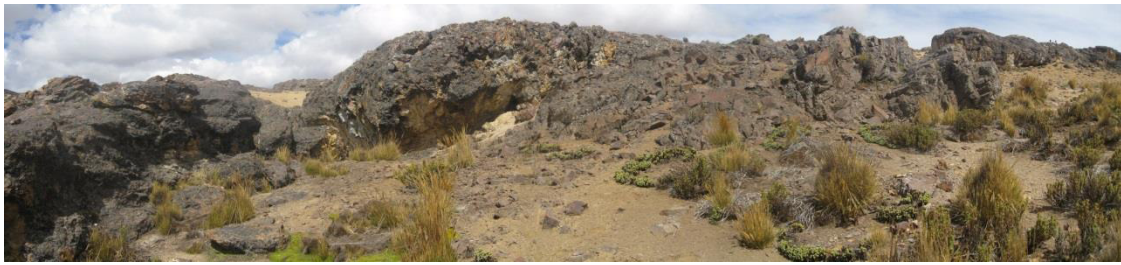


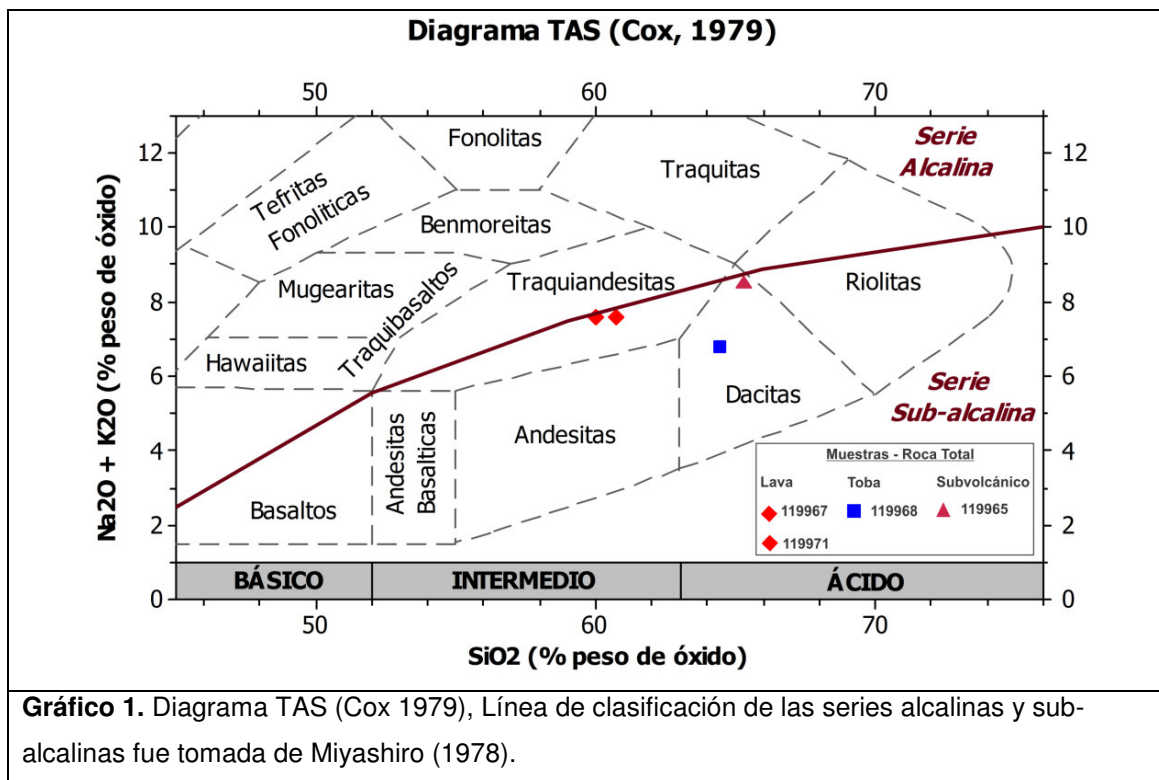
Foto 22. Dique Andesítico afanítico cortando alteración silícea. (Zona Norte-Viscachaquella)

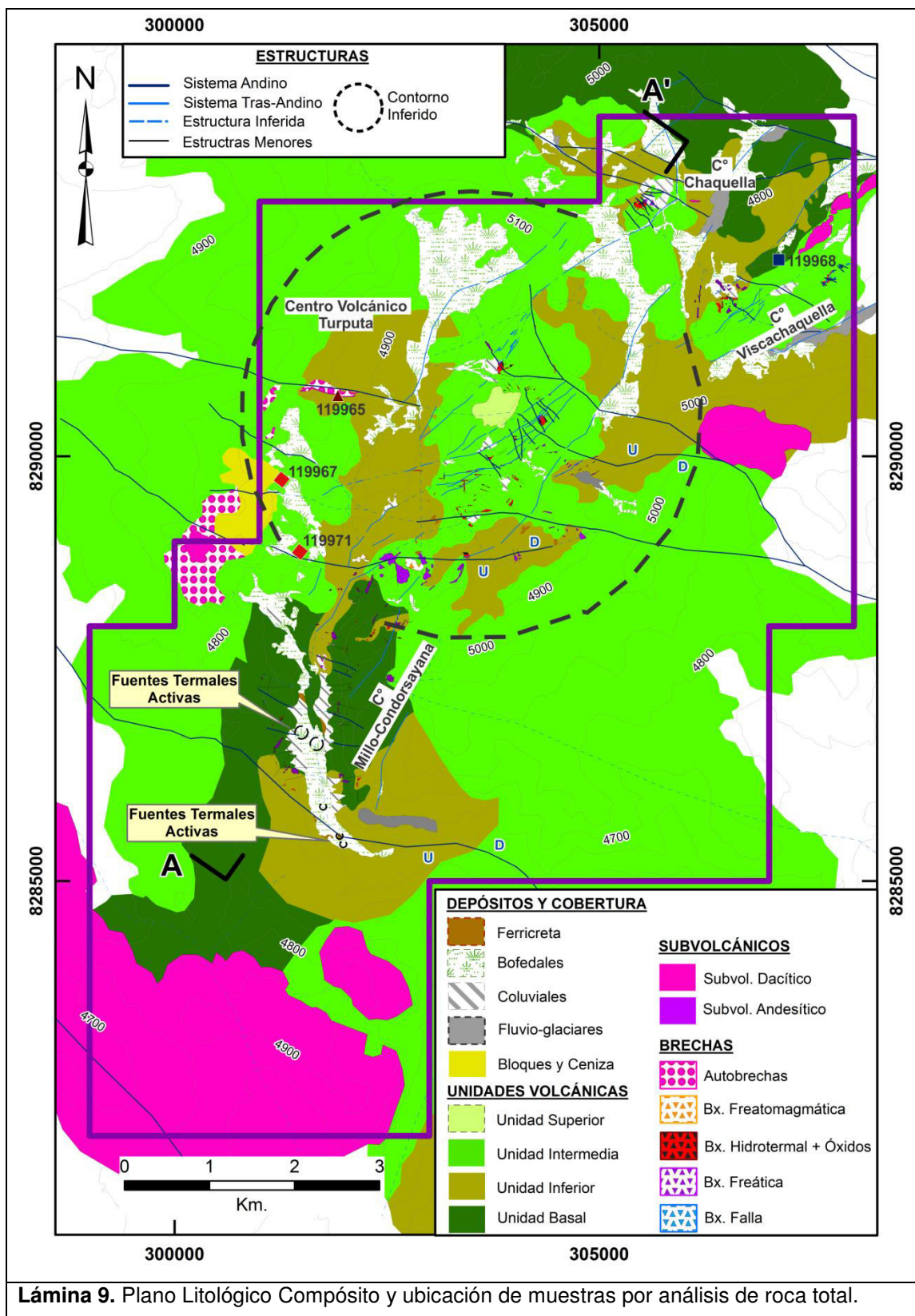


Foto 23. Cuerpo andesítico de textura afanítica.



Foto 24. Tendencia N-S





3.7. Brechas

3.7.1 Brechas Freáticas

Asociadas a un control estructural ENO-OSE (N270°-N320°), son la evidencia de explosividad hidromagmática en los niveles altos del sistema hidrotemal, asociadas a sistemas de fallas regionales o satélites de estas (sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo). En la zona norte (Cerro Chaquella), se registra un cuerpo de brecha polimíctica (fragmentos de sinter), con dimensiones $\pm 120 \times 100$ m, matriz soportada y está afectada hasta por 4 pulsos de silicificación y mineralización, como cuarzo granular, cuarzo beige con óxidos (hematita-goethita), venillas de cuarzo hialino con desarrollo de bandeamiento de flujo hidrotermal y venillas de cuarzo a modo de micro-drusas. Estos pulsos posteriores a la génesis de la brecha alojan las mayores anomalías registradas con valores de oro (Au) mayores a 0.2 ppm.

Fotos 25 y 26.

	
Foto 25. Fragmento de sinter.	Foto 26. Matriz y fragmentos silicificados.

3.7.2 Brechas Dilatacionales

Es la manifestación de los pulsos mineralizantes de fuerte control estructural. Estos cuerpos de brecha rellenan los espacios abiertos con material clasto-soportado cuyos fragmentos están silicificados y la matriz oxidada, formando cuerpos irregulares. Se concentran en las intersecciones de los sistemas ENO y NE, así como, en los sistemas tensionales de estos mismos controles distritales.

Se observa pulsos de cuarzo opalino, cuarzo masivo, cuarzo granular y cuarzo beige con matriz de óxidos (goetita-hematita) principalmente. **Fotos 27, 28 y 29.**



Foto 27. Brecha con matriz oxidada (goethita-hematita), fragmentos de cuarzo opalino.



Fotos 28. Pulso de cuarzo beige.



Foto 29. Fragmentos de cuarzo granular.

3.7.3 Brechas Freatomagmáticas

Dentro de los eventos de explosividad están las brechas freatomagmáticas que forman cuerpos irregulares de facies polimícticas y monomícticas con presencia de fragmentos de andesitas, granodioritas, tonalitas y fragmentos juveniles con bordes de enfriamiento, en matriz biotítica, esta ocurrencia puede corresponder a cuerpos ígneos emplazados en profundidad, ya que, en algunos afloramientos no se observa intrusiones adyacentes (W. Morche 2009). Su control estructural es NO con tendencia a EO. **Fotos 30, 31 y 32.**



Foto 30. Disposición de brecha freatomagmática.



Foto 31. Matriz molida con fragmentos sub-redondeados.



Foto 32. Fragmentos polimícticos de lavas y de intrusivo (centro).

3.7.4 Autobrechas

Asociadas al emplazamientos de cuerpos subvolcánicos (Domos, domos lava y diques), se ubican a los bordes de estos, son monomícticas (auto-brechas $\pm$ vitrofíricas) de composición andesítica-dacítica con intemperismo de arcillas. **Foto 33.**



Foto 33. Cuerpo Subvolcánico con auto-brechas de tonalidad gris.

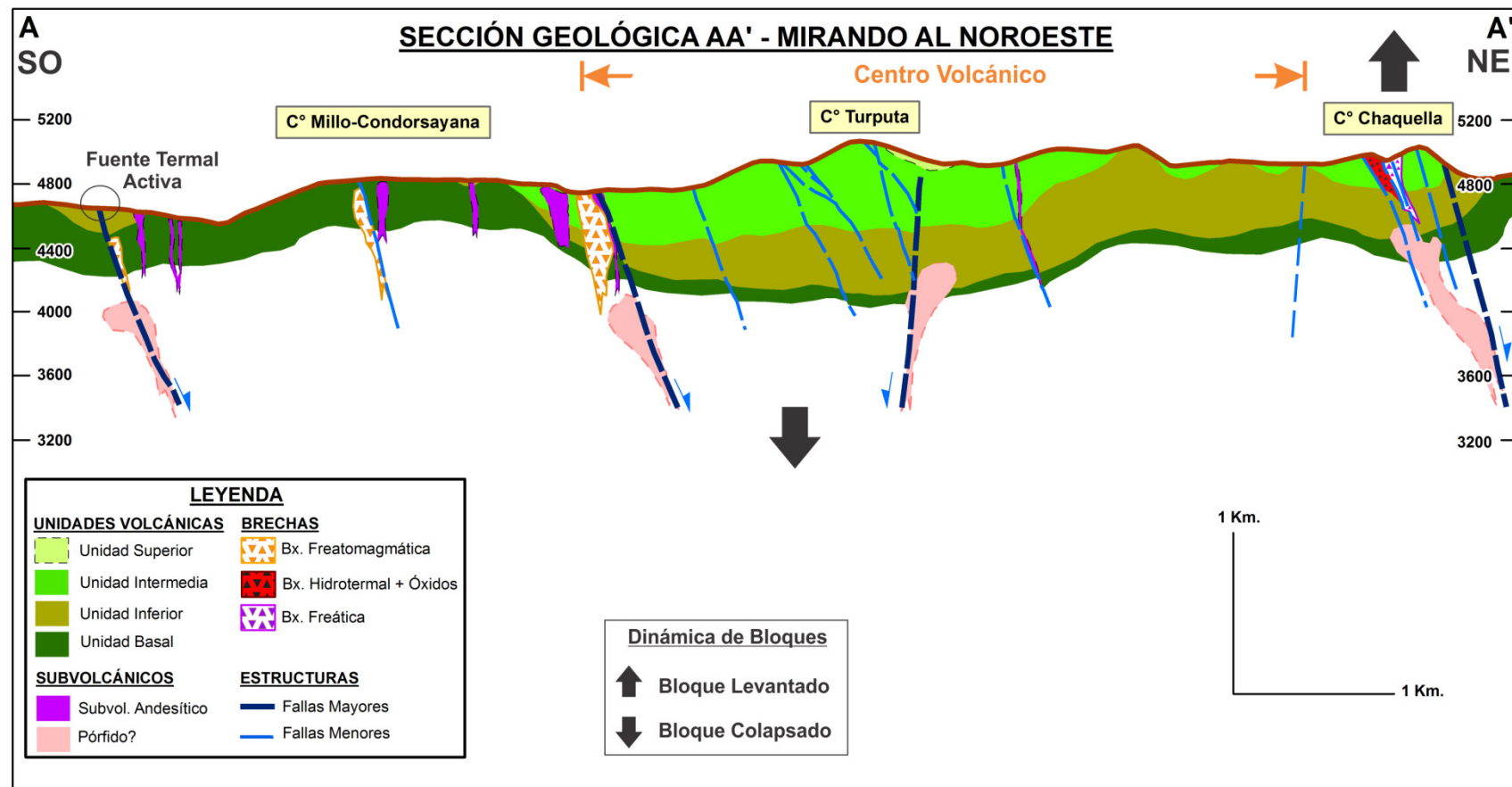


Figura 2. Sección Geológica AA'.

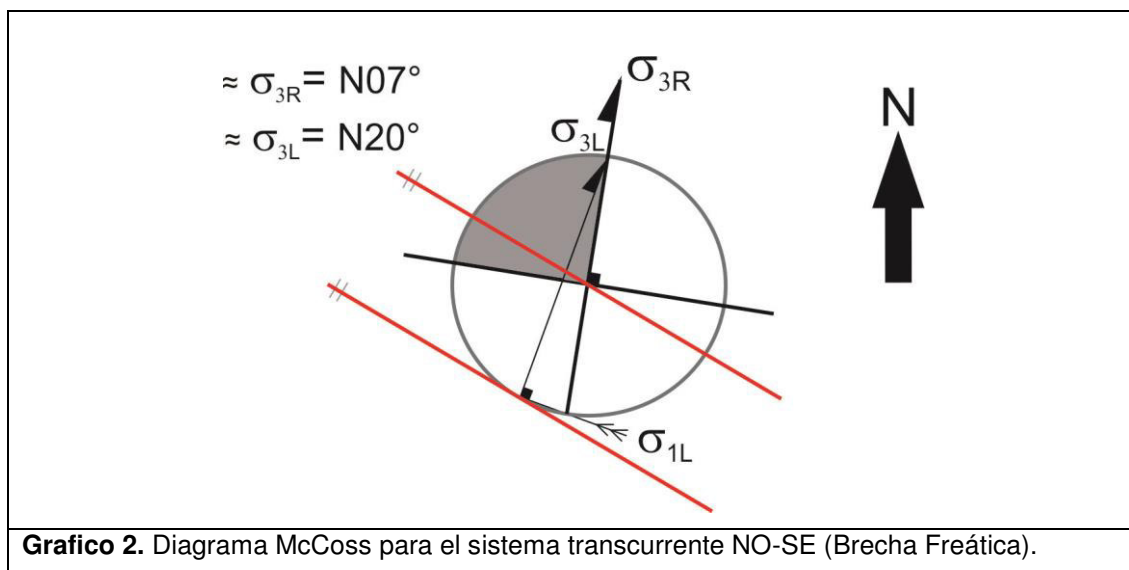
3.8 Control Estructural

En el área del proyecto existe un control estructural dominante, enmarcado en dos sistemas transcurrentes; el andino (1) , relacionado a los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y el transandino (2) que son fallamientos heredados del basamento con reactivación posterior por la tectónica andina. Que ha generado actividad magmática, micro-cuencas volcano-sedimentarias e hidrotermalismo (A. Zapata & L. Valdivieso 2010). Para determinar los controles estructurales se empleó la técnica McCoss (Angus M. McCoss 1986).

3.8.1 Sistema Transcurrente NO-SE $\approx$ N300°

Sistema mayor, transtensivo con cinemática sinistral, permite la generación de volcanismo y magmatismo asociado evidenciado por el centro volcánico Turputa, así mismo, en este corredor se genera el mayor aporte de fluidos mineralizantes, con manifestación en brechamiento hidrotermal (fracturamiento hidráulico) que registra en el proyecto Sabina una distensión local $\sigma_L \approx$ N20° y regional $\sigma_R \approx$ N07°. (**Gráfico 2**)

Este sistema ha tenido reactivaciones e inversiones tectónicas como lo demuestra el sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, cuya última reactivación evidencia una transcurrencia sinistral a partir de $\approx$ 30 Ma (Carlotto et al; 2010).



3.8.2 Sistema Transcurrente NE-SO $\sim$ N230°

Sistema transandino, son fracturas o fallamientos heredados del basamento y en el entorno de proyecto se distinguen 3 eventos para este sistema estructural:

- Primer evento: asociado a los límites de las micro-cuencas distensivas con sedimentación lacustrina coetáneo con el volcanismo, ocurrente a la base del Grupo Sillapaca. (A. Zapata et al; 2011). **Lámina 11**

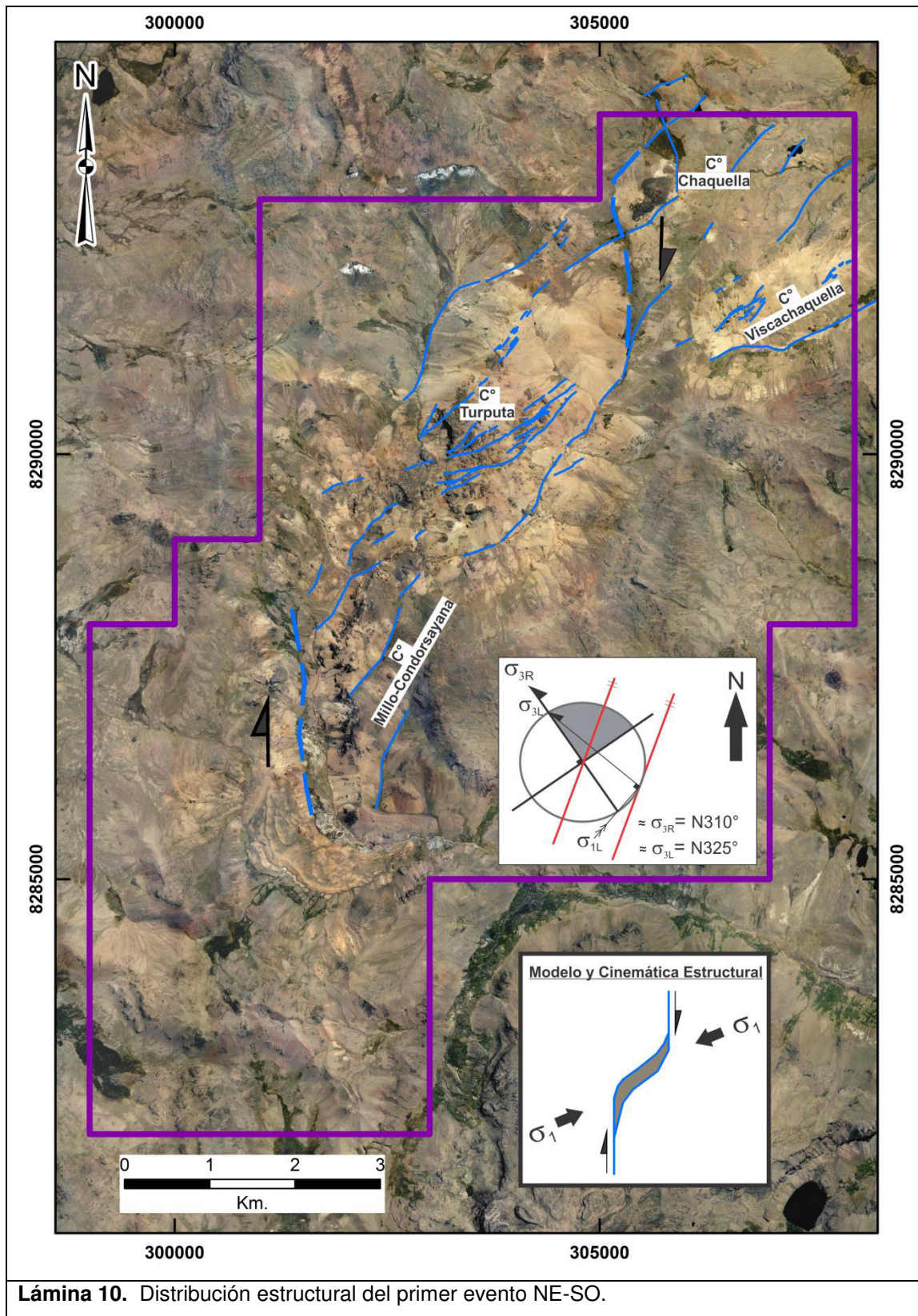
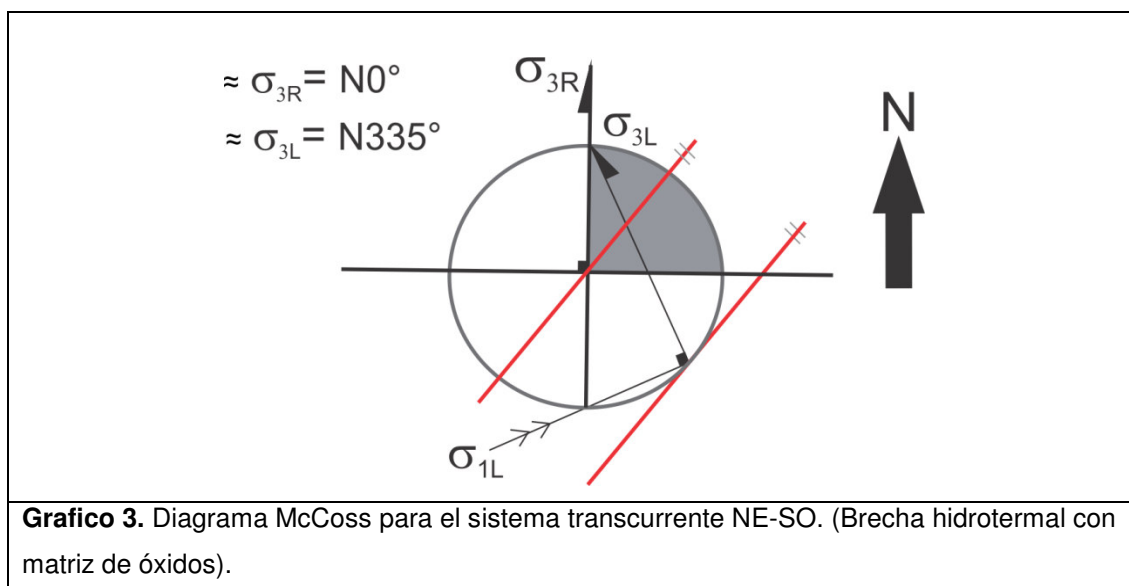


Lámina 10. Distribución estructural del primer evento NE-SO.

- Segundo evento: Se registran cuerpos de brecha hidrotermal de cinemática dextral $\pm$ normal con una distensión local $\sigma_L \approx N335^\circ$ y regional $\sigma_R \approx N0^\circ$, que cortan a su vez los cuerpos de silica-cap y las envolventes de cuarzo-alunita-arcillas. **Gráfico 3**
- Tercer evento: Asociado al emplazamiento de cuerpos subvolcánicos dacíticos post-mineralización, esta reactivación corta y desplaza a las estructuras asociadas al corredor andino. **Lámina 12**

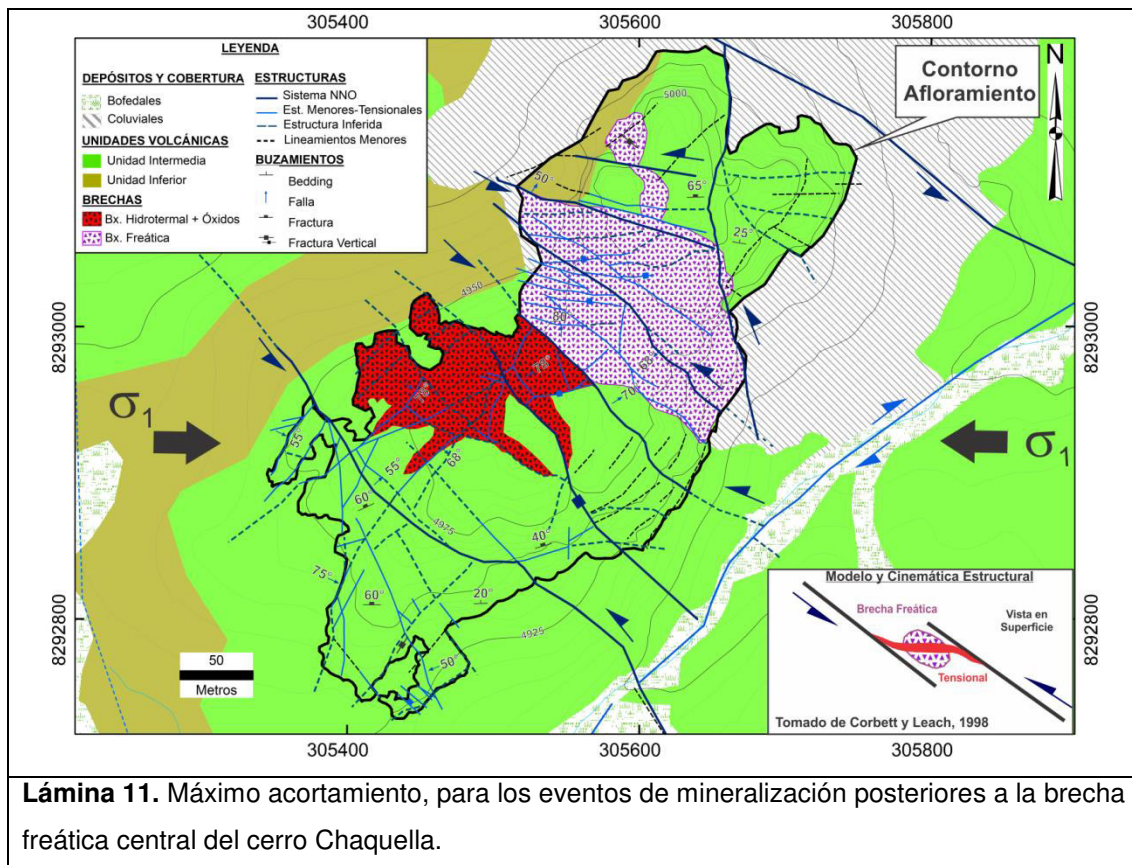
Por la zona de debilidad generada (Centro Volcánico Turputa) limita las zonas de alteración hidrotermal del proyecto, corroborada por la huella elongada en el sentido NE-SO.



3.8.3 Sistema E-O

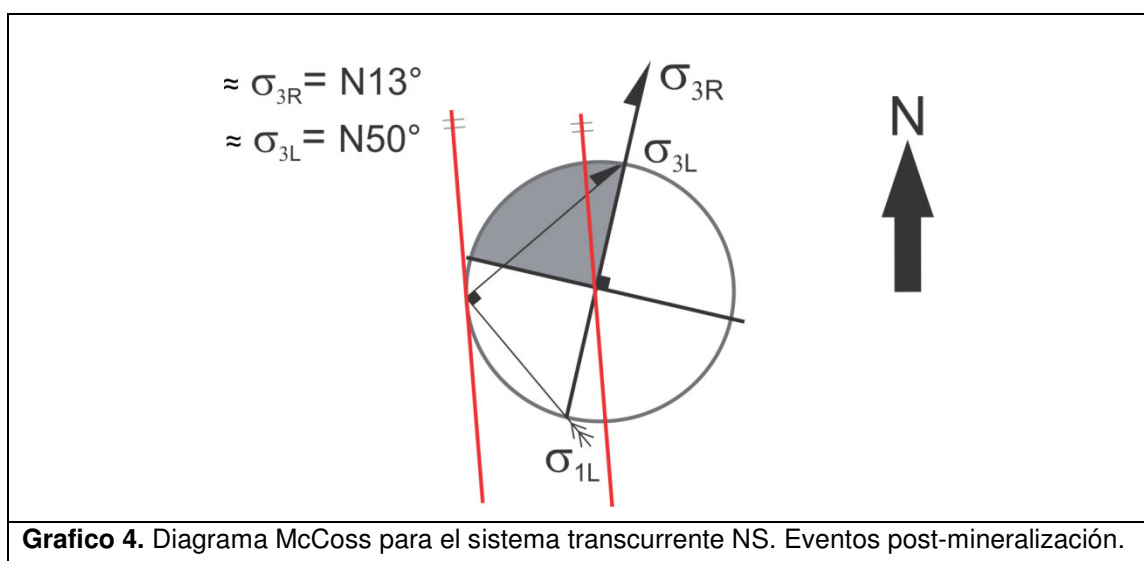
Enmarcado dentro del sistema transcurrente andino, por lo tanto, está afectado en el tiempo por esfuerzos y posteriores rotaciones, por ser estructuras heredadas del basamento. Sin embargo, en el Cerro Chaquella, se registra como un sistema resultante de la intersección de los sistemas transcurrentes mayores (NO-SE y NE-SO) y genera zonas tensionales (apertura) a partir de la dirección de máximo acortamiento $\approx$ NS. Esto es posible, ya que, las zonas de valores anómalos de Au en el proyecto se asocian a este fracturamiento con brechamiento, tal como se conoce en Arasi (Mina en producción) donde los cuerpos Jessica, Carlos y Valle presentan esta tendencia EO. (D. Loayza, E. Vásquez, A. Ríos, J. Barreda, J. Torres & Y. Franco; 2006).

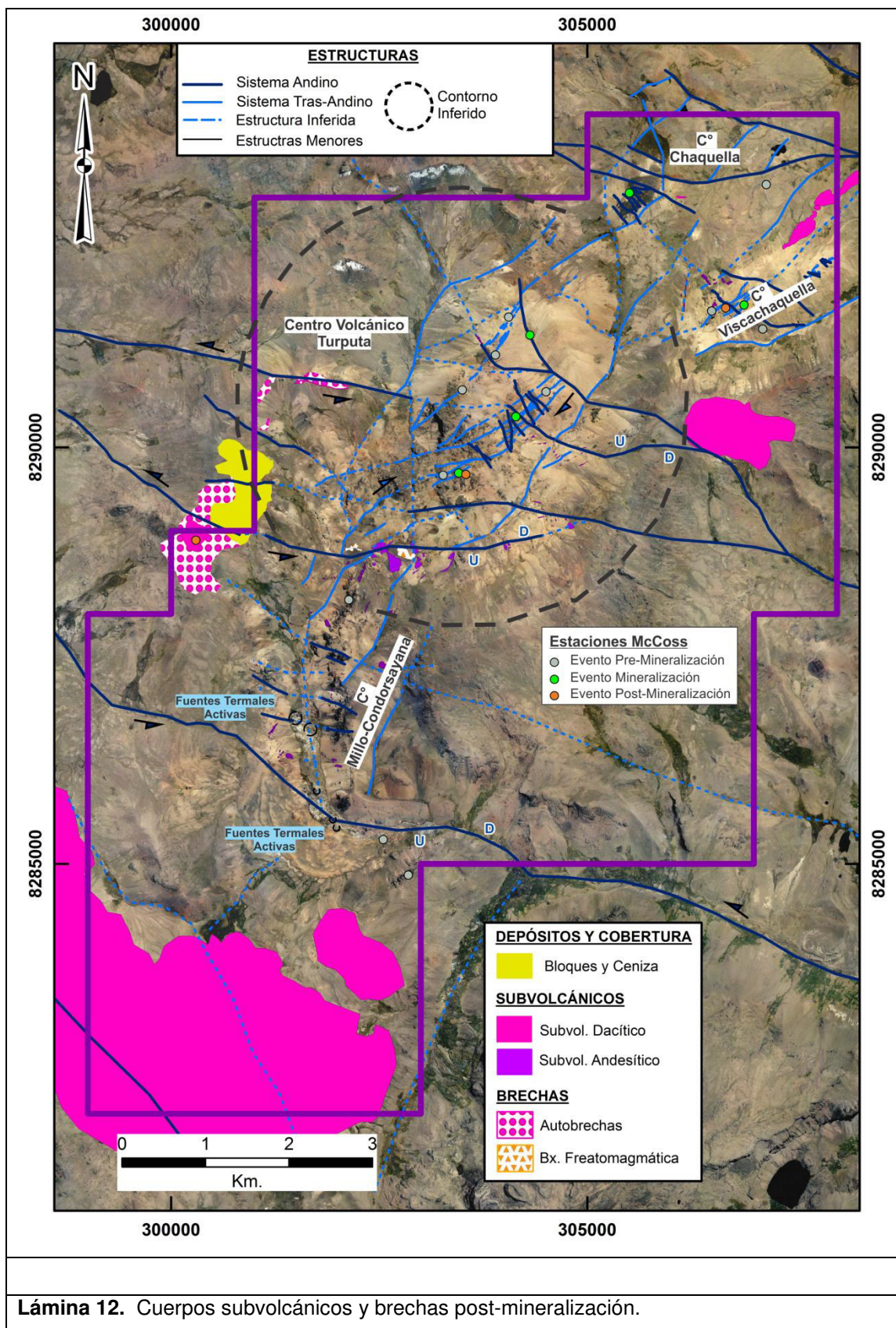
Esto demuestra que la mayor apertura estructural estaría en este sistema de fracturamiento en depósitos epitermales de alta sulfuración, por la distensión regional registrada para los sistema NO-SE ($\sigma_R \approx N7^\circ$) y NE-SO ($\sigma_R \approx N0^\circ$). **Lámina 11**



3.8.4 Sistema N-S

Es un sistema con reactivación post-mineralización, aunque no se descarta que en un inicio era parte de la geometría de las micro- cuencas asociadas a los sistemas transandinos. En su posterior reactivación generó el emplazamiento de cuerpos subvolcánicos (diques) de plagioclasa-piroxeno $\pm$ magnetita de posible composición andesítica y que están ubicados a los bordes de las zonas de alteración hidrotermal (**Lámina 12**). Se registró una cinemática sinistral con distensión local $\sigma_L \approx N50^\circ$ y regional $\sigma_R \approx N15^\circ$. **Gráfico 4**

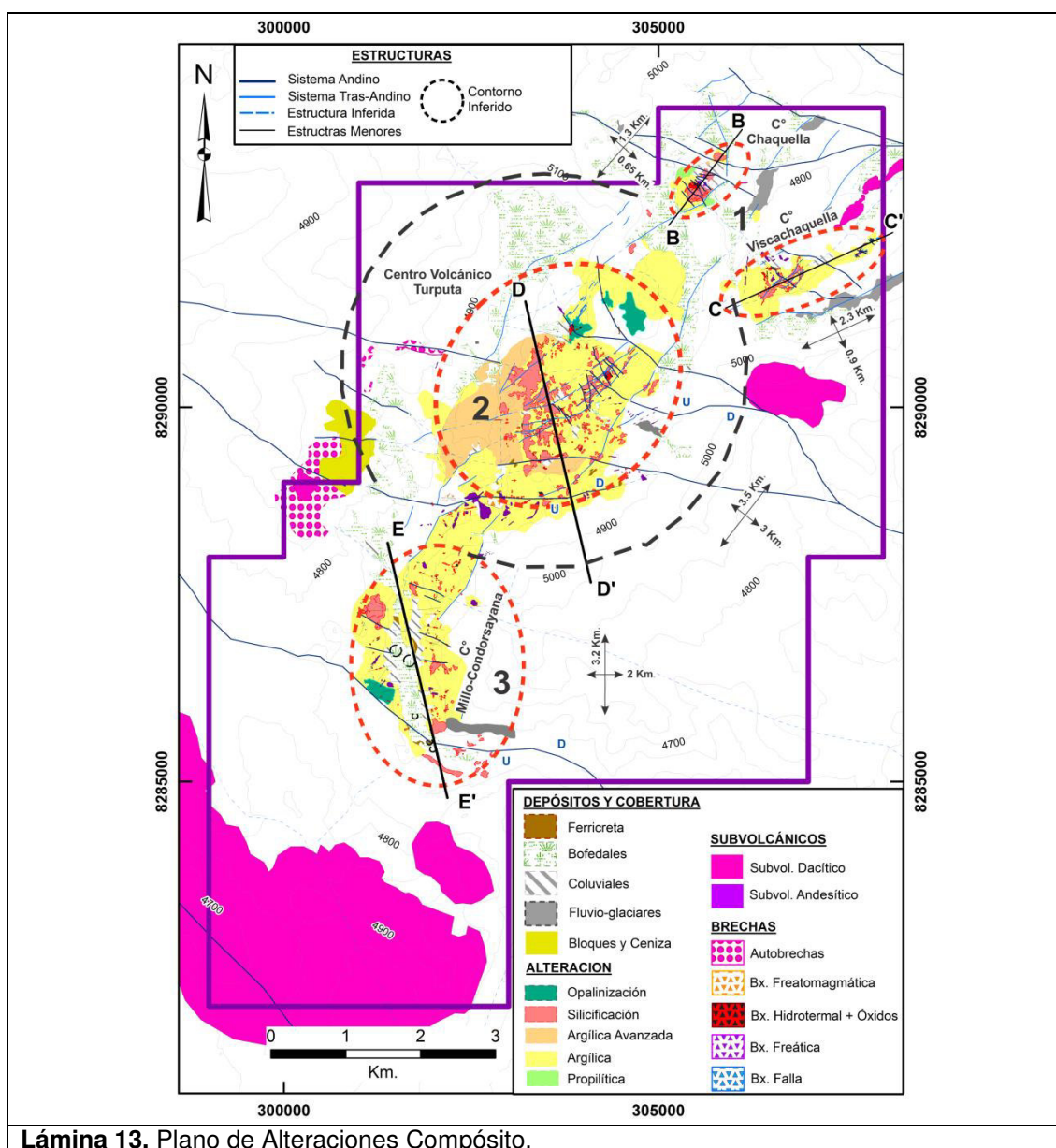




4. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

4.1 Alteración

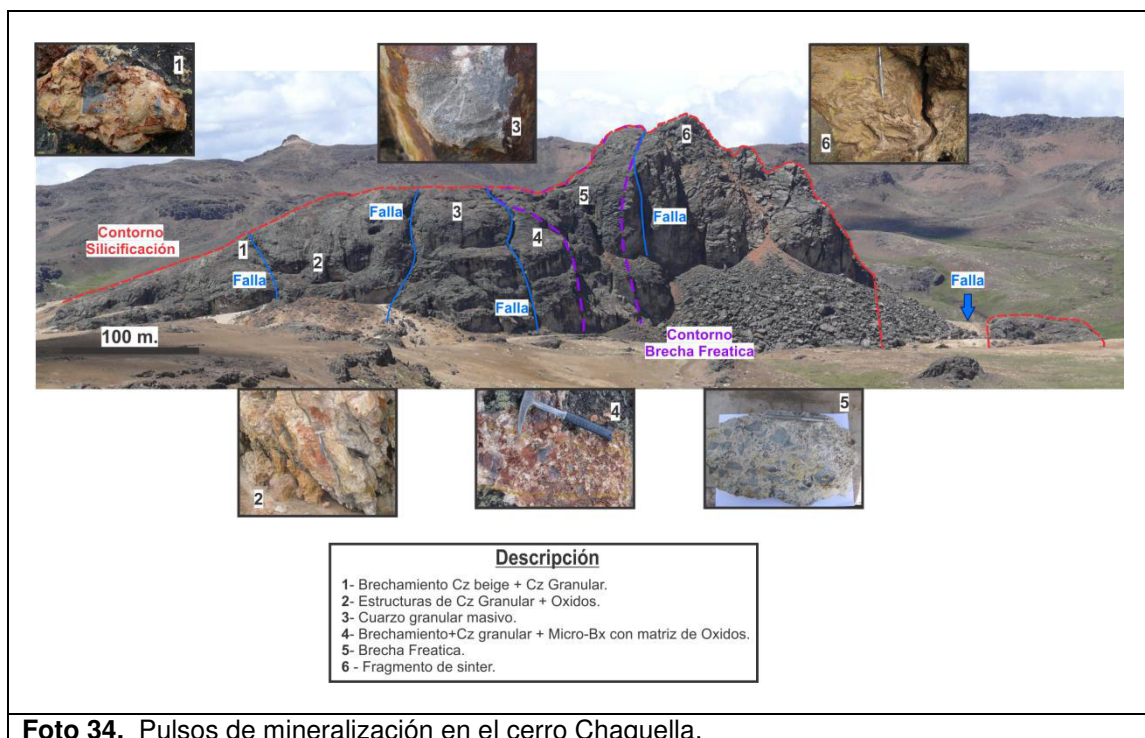
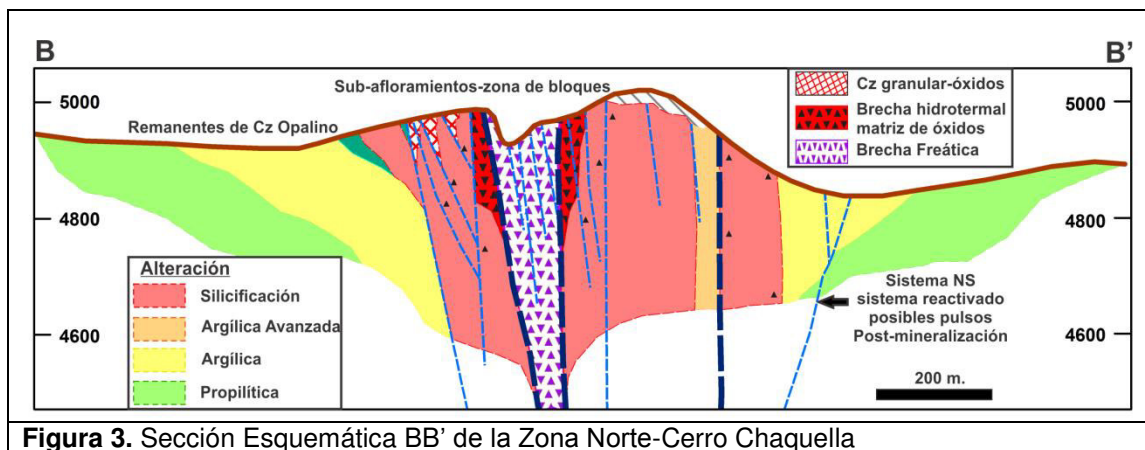
En Sabina se desarrolló la alteración hidrotermal en torno al centro volcánico Turputa con fuerte control estructural y litológico, esta cubre en superficie la dimensión aproximada de 12x4 km (largo x ancho), teniendo como alteración dominante a las fases cuarzo-arcillas-caolín con envolventes de fases cuarzo-alunita, cuarzo-granular-masivo y cuarzo opalino que conforma la silica cap, hacia la periferia tenemos asociaciones de clorita-arcillas con sobreimposición de dickita supérgena en venillas, oquedades y fracturas. (**Lámina 13**). El Proyecto se divide en tres áreas: **1) Sabina Norte**, caracterizado por el Lithocap de Chaquella, **2) Sabina Centro**, por la Silica Cap de Turputa y **3) Sabina Sur** por la Silica Cap erosionada de Millo-Condorsayana (A. Zapata & L. Valdivieso 2010).



4.1.1 Zona Norte

Representado por los Cerros Chaquella (**Figura 3**) y Viscachaquella (**Figura 4**) con una huella (foot print) de 1.3 x 0.65 Km. y 2.3 x 0.9 Km. respectivamente, caracterizados por casquetes silicificados con envoltentes de cuarzo-alunita y cuarzo-arcillas-caolín de control NE-SO. A este primer evento el siguió una reactivación del sistema NO-SE que generó brechamiento (brechas freáticas) y posterior aporte de fluidos mineralizantes con relleno de sulfuros (oxidación hipógena), evidenciada en los cuatro pulsos de la brecha freática en el cerro Chaquella. **Foto 34.**

- Cuarzo granular ± beige.
- Inyección de óxidos de hierro (Ox.-Fe) en micro-venillas (goetita-hematita)
- Venillas de cuarzo hialino desarrollando un bandeamiento de flujo hidrotermal.
- Venillas de cuarzo cristalizado (drúsico).



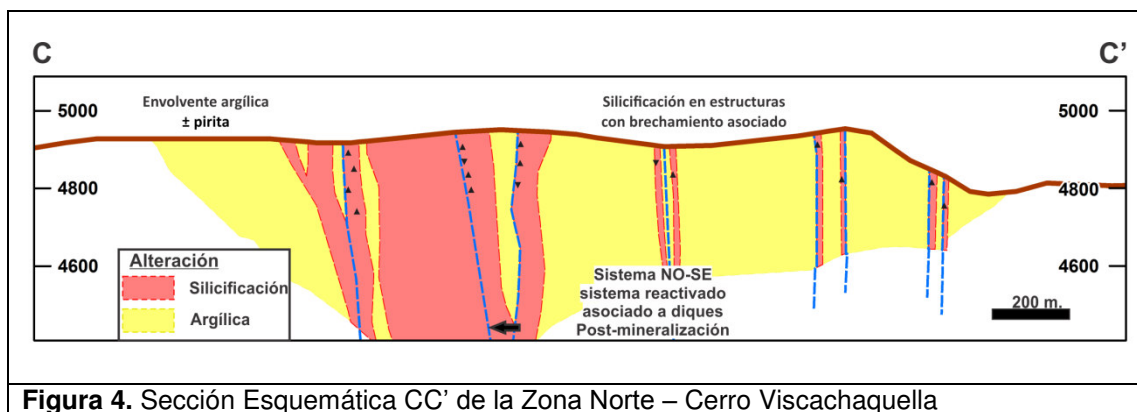


Figura 4. Sección Esquemática CC' de la Zona Norte – Cerro Viscachaquella

4.1.2 Zona Centro

Centro volcánico representado por el Cerro Turputa, predominan los corredores EO y NS que desplazan a sistemas NE-SO, por lo cual, se observa brechamiento en sus intersecciones. Posee una huella con tendencia al NE de 3 x 3.5 Km.

La alteración en la zona de Turputa se caracteriza, por una silica cap de cuarzo granular y opalino dispuesto en dirección ENE-OSO de 1.8 x 1 Km. y de $\pm$ 300m. de potencia, este casquete silíceo no evidencia eventos de mayor temperatura de cuarzo y se alojó en la secuencia intermedia traquiandesítica, las envolventes de este casquete silíceo son de cuarzo-dickita-alunita-caolín restringida, así como, envolventes de cuarzo-caolín con bordes de cuarzo-pirita que es la de mayor predominancia en la periferia de esta zona. La reactivación de los sistemas NE-SO generaron sets de fallas de cinemática dextral-normal. (Figura 5 y Foto 35). Es importante señalar que en Turputa y Viscachaquella se observan promontorios sub-circulares que cortan a la silica cap, corresponden a zonas de opalinización con bordes de cuarzo-caolín relacionados a un pulso posterior o cierre del sistema hidrotermal.

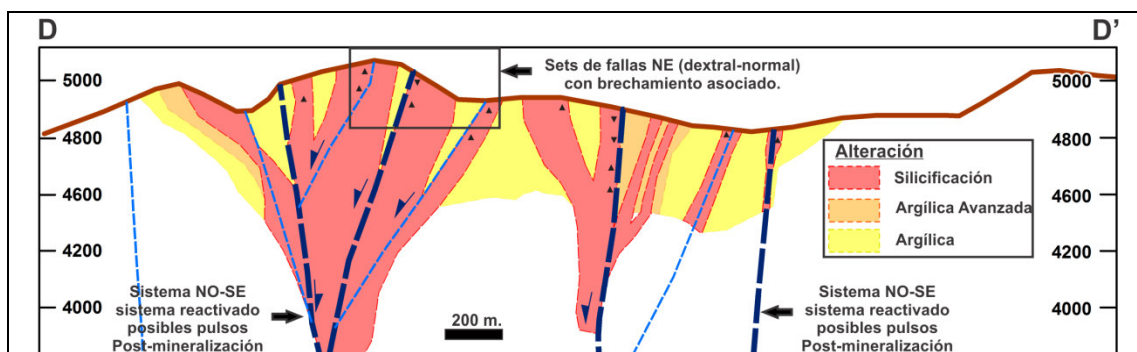


Figura 5. Sección Esquemática DD' de la Zona Centro – Cerro Turputa

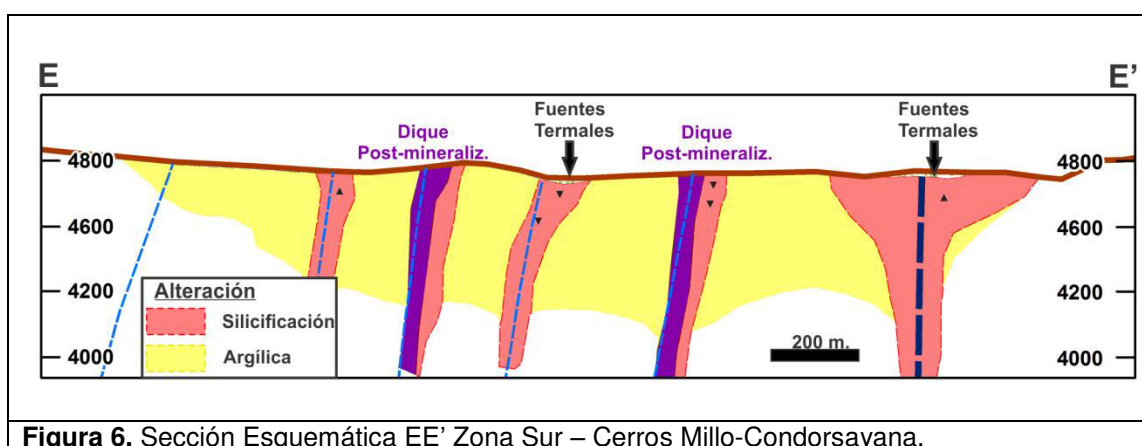


Foto 35. Sets de fallas dextrales NE con componente normal. (Ampliación de Figura 5).

4.1.3 Zona Sur

Corresponde al sector de los cerros Millo y Condorsayana, con una huella (foot print) de 3.2 x 2.0 Km. elongado en dirección NS. Se caracteriza por estructuras silicificadas de cuarzo granular asociado a estructuras NNO-SSE y EO con predominancia de envoltantes de cuarzo-caolín, con pirita diseminada 1-4%. Este sector está afectado por varios pulsos post-mineralización manifestado con diques andesíticos que aprovechan la reactivación de los sistemas ONO-ESE que actualmente controlan fuentes termales activas (Hot springs).

Figura 6.



4.2 Mineralización

Los resultados del estudio mineragráfico realizado a muestras de los sondajes ejecutados en la primera campaña de perforación (2010) en la zona norte del Proyecto (cerro Chaquella), muestran presencia de enargita, covelita y digenita, y el estudio petrográfico en los mismos sondajes indica la presencia de alunita, confirmando que en Chaquella tenemos una lithocap correspondiente a un Sistema Epitermal de Alta Sulfuración de Cu-Au. Se indican hasta cinco eventos (A. Zapata & L. Valdivieso 2010):

1. Pirita I – Rutilo I, en agregados microgranulares sin asociación económica de Au, posiblemente asociados a los primeros rellenos del fracturamiento en la silica-cap.
2. Pirita II± Arsenopirita -Rutilo II, en agregados microgranulares así como en venillas, asociados a Alunita, este evento estaría relacionado con las leyes anómalas de Au (> 0.5 gr/T), que sugiere su asociación con la pirita II liberado por procesos supérgenos de oxidación (Cánepa; 2012).
3. Enargita-Luzonita, en agregados microgranulares y venillas con reemplazamientos, es decir, de Luzonita por Enargita. Esto sería el evento de alta sulfuración, con sulfosales de Cu dentro de la Lithocap.

4. Covelita-Digenita ($\pm$ Idaíta), precedido de oxidación supérgena de sulfuros primarios de Cu (enriquecimiento secundario), se disponen en agregados microgranulares y venillas, son posterior al evento 3.
5. Pirita III, en venillas muy finas cortan a todos los eventos descritos anteriormente.

Finalmente estos eventos están afectados por oxidación supérgena; Hematita-Limonitas y Jarosita. **Figura 7.**

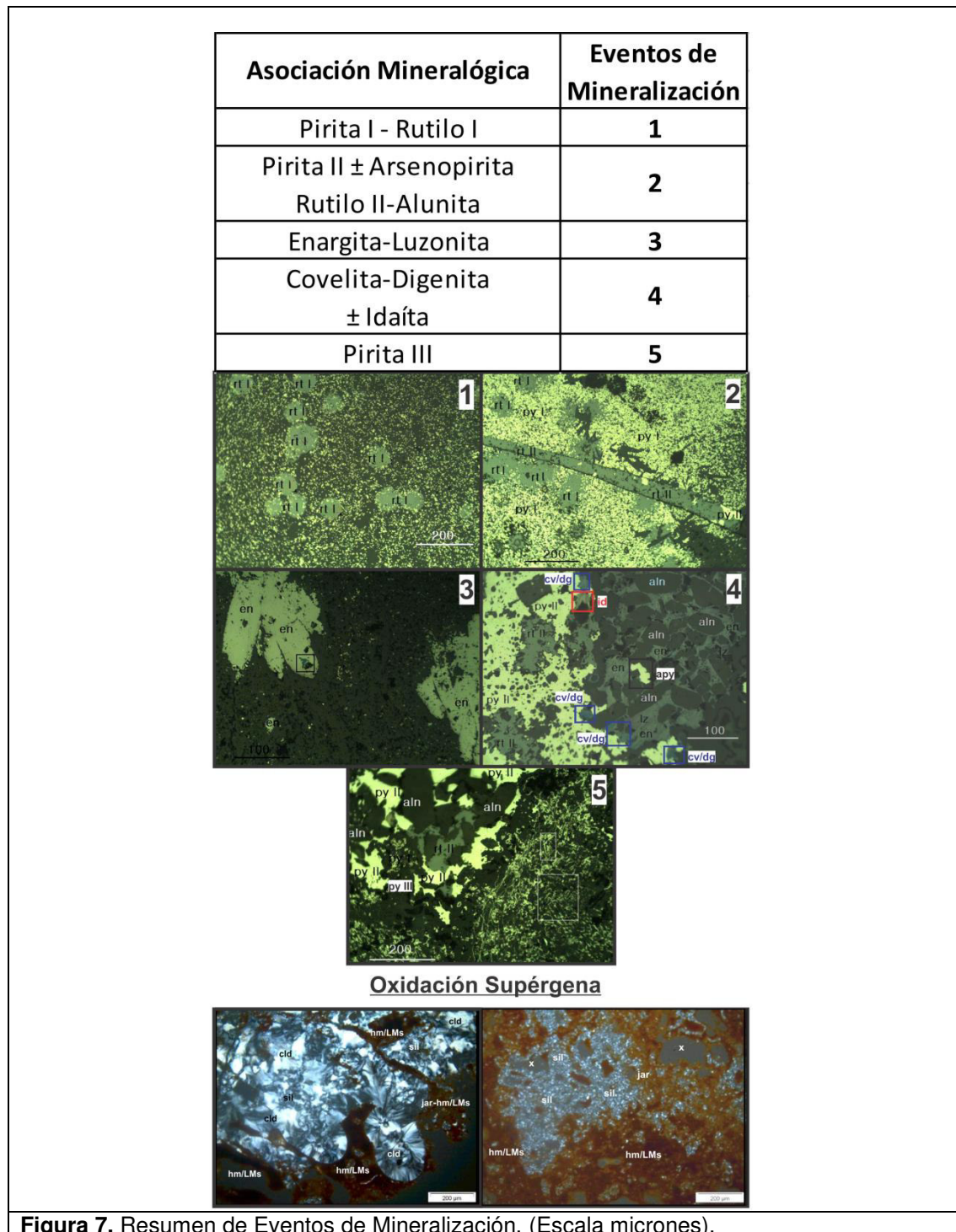


Figura 7. Resumen de Eventos de Mineralización. (Escala micrones).

4.3 Tipo de Sistema Hidrotermal

Por la evidencias documentadas, Sabina es un sistema hidrotermal de Argilización Avanzada (AA), asociada a un Volcán Tipo Escudo, con manifestaciones de Lithocap y Silica Cap, hospedado en rocas de composición traquiandesítica con secuencias volcanoclásticas del Grupo Sillapaca, que está ubicado en la franja volcánica de edad Mio-Holocénica del Sur del Perú, conformada por depósitos epitermales de Au-Ag, de alta sulfuración, como Arasi (± 2.5 MOz Au), Tucari-Santa Rosa (± 2.5 MOz Au) y Chucapaca (± 6.5 MOz Au). **Lámina 14.**

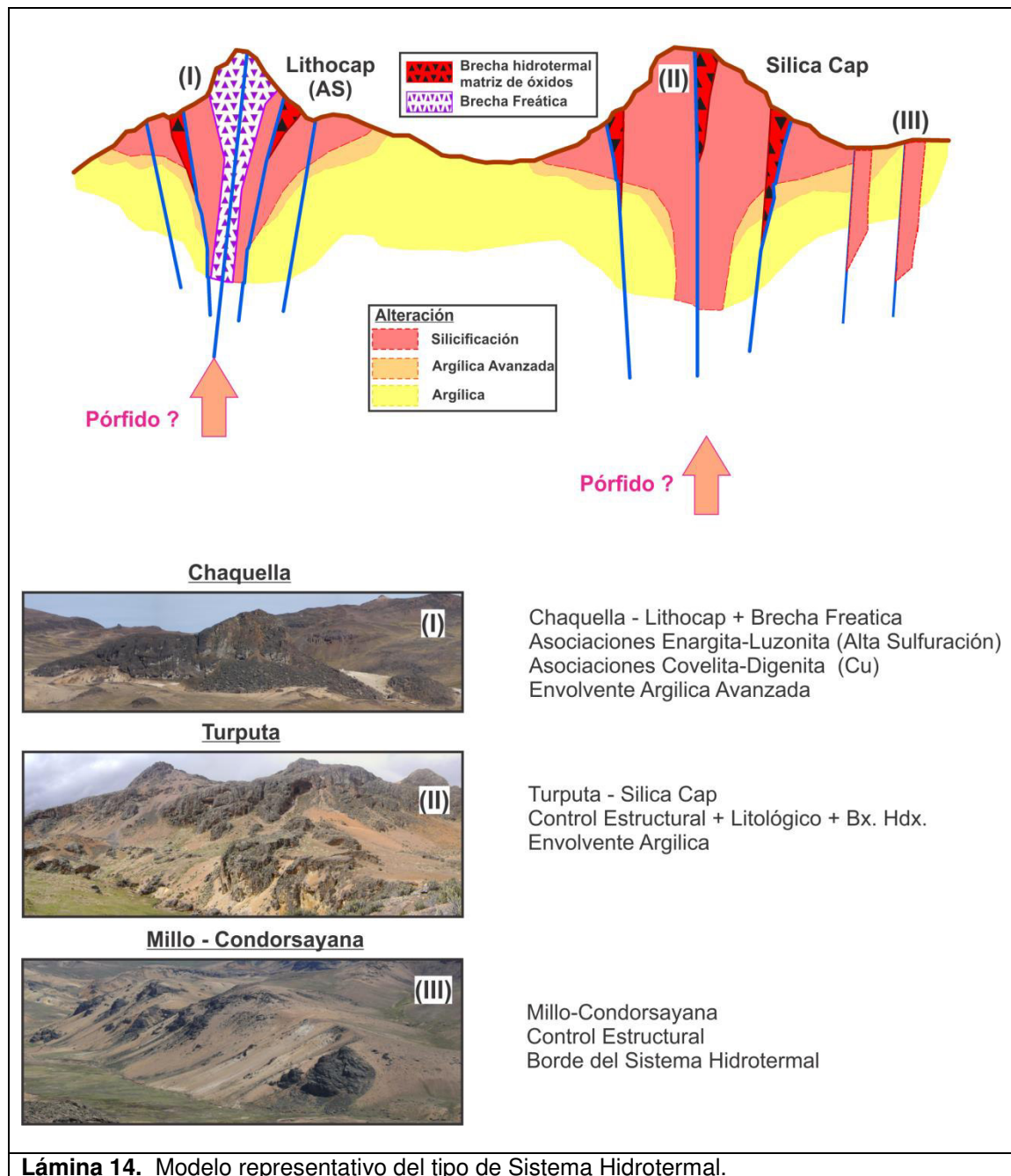


Lámina 14. Modelo representativo del tipo de Sistema Hidrotermal.

5. SABINA, ARASI, PINAYA: COMPARACIÓN LITOLÓGICA, CONTROL ESTRUCTURAL, SISTEMA DE ALTERACIÓN, MINERALIZACIÓN Y EROSION DEL SISTEMA HIDROTHERMAL

Las manifestaciones de Sabina como un sistema hidrotermal de Argilización avanzada, asociada a un centro volcánico tipo escudo con evidencias de Lithocap relacionada a sistemas porfíricos de Cu-Au en profundidad, justifica realizar una comparación con otros depósitos con mineralización de Au, actualmente en explotación como Arasi o con trabajos previos para delineación de recursos como Pinaya, estas tres ocurrencias se alinean en dirección NE-SO dentro de los corredores Andinos NO-SE de la franja metalogénica XXI.

Lámina 15

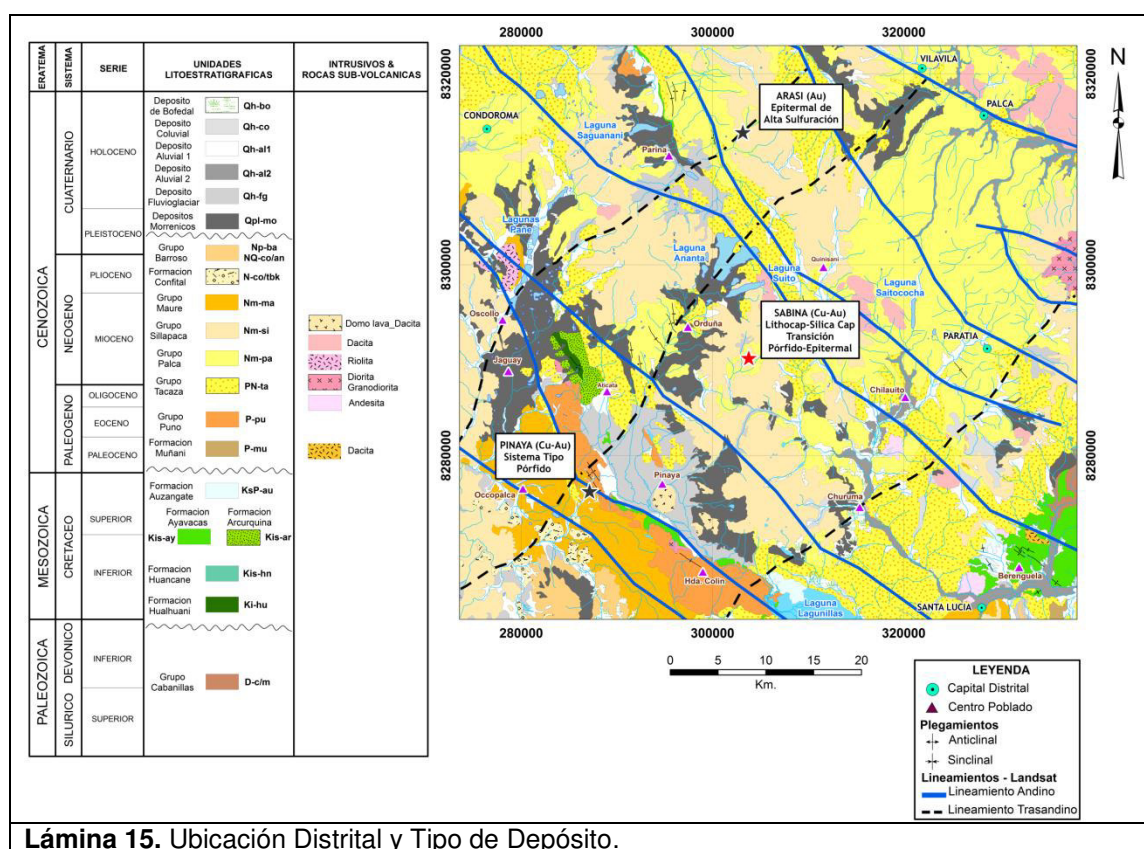


Lámina 15. Ubicación Distrital y Tipo de Depósito.

5.1 Características Geológicas del Yacimiento Arasi

5.1.1 Geología

El Basamento geológico se sitúa dentro del Grupo Palca constituido a la base por ignimbritas verdosas, sobreyaciendo a estas consta de lavas frescas andesíticas, de color grisáceo con textura amigdaloidal y posteriormente se observa rocas volcanoclásticas sin alteración hidrotermal. Los centros mineralizados y de alteración hidrotermal en Arasi (Valle, Carlos, Jessica y Quimsachota respectivamente) se sitúan dentro de las facies volcanoclásticas (Clástico Lamparasi) y lávicas (Andesitas Lamparasi) del Grupo Sillapaca, de edad miocénica y de composición andesítica (D. Loayza et al; 2006). **Figura 8.**

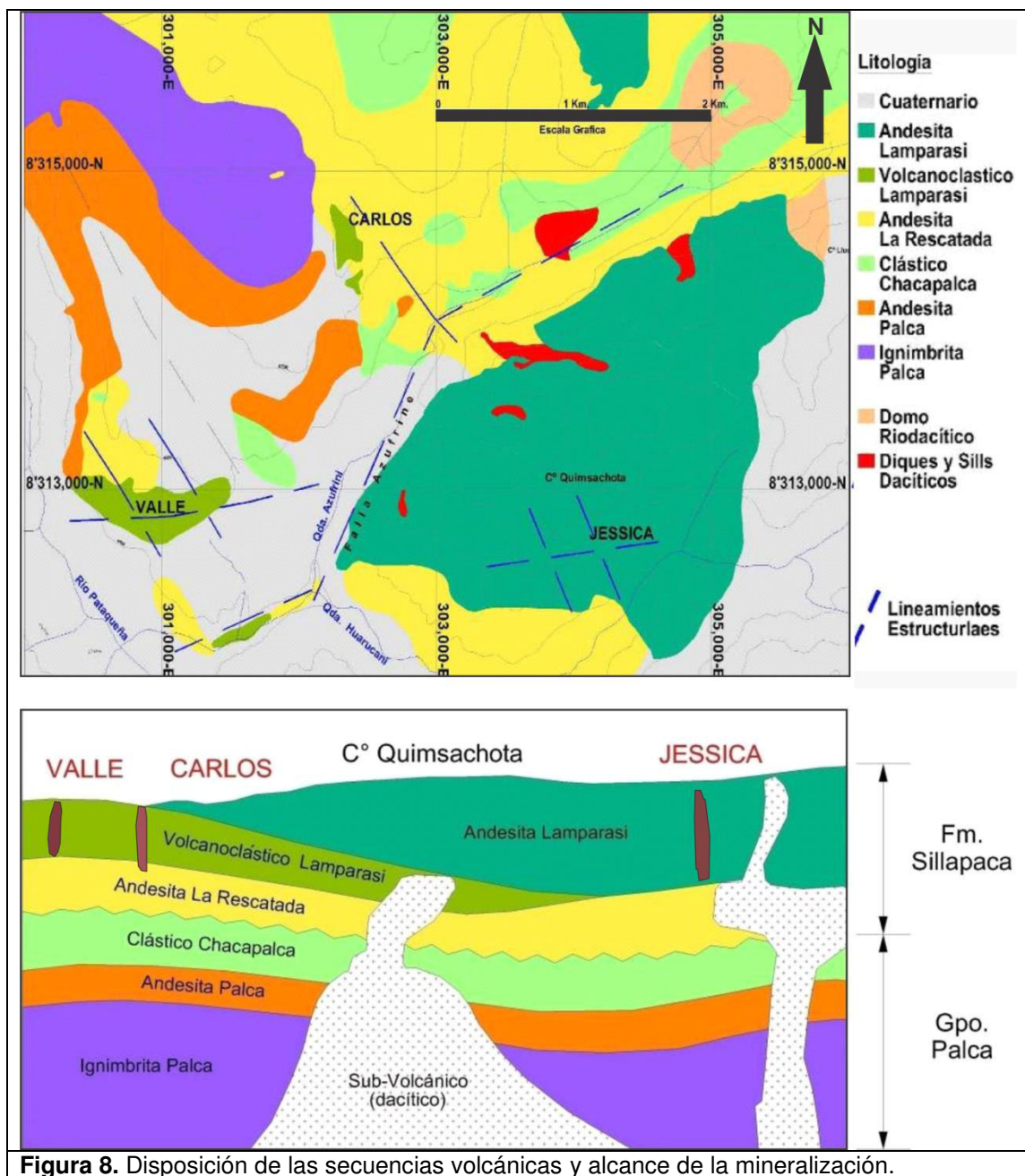


Figura 8. Disposición de las secuencias volcánicas y alcance de la mineralización.

5.1.2 Estructuras

Estructuralmente Arasi se encuentra en la intersección de dos principales lineamientos regionales: el NNO, paralelo al rumbo andino y el lineamiento N80°E, proveniente de los flancos occidentales. **Figura 9.**

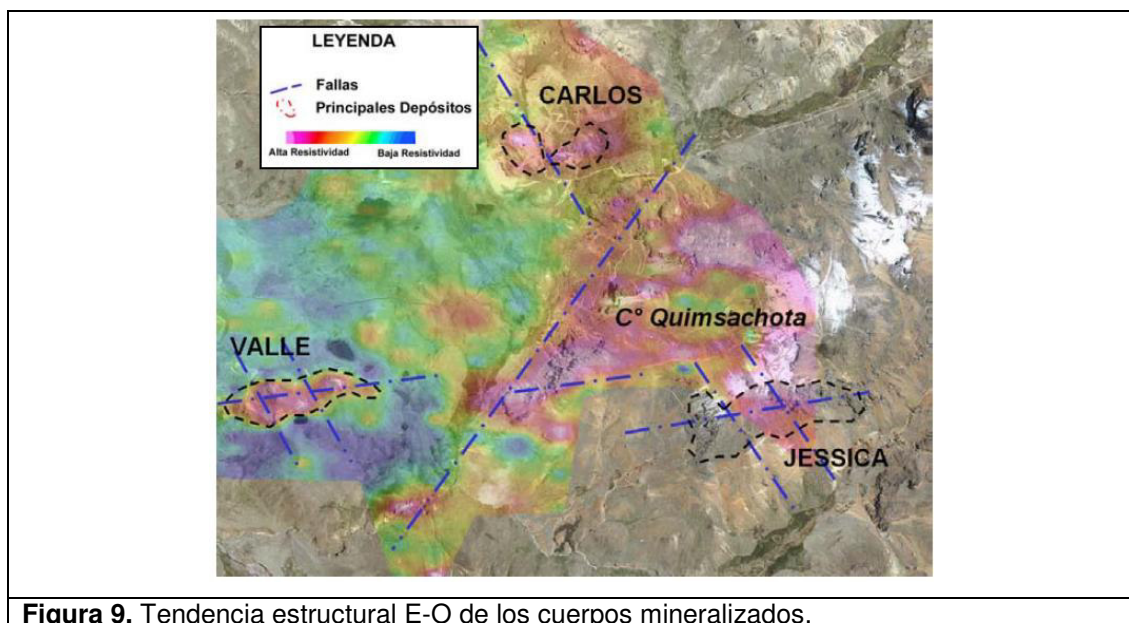


Figura 9. Tendencia estructural E-O de los cuerpos mineralizados.

5.1.3 Alteración y mineralización

La mineralización en Arasi se encuentra en tres centros: Valle, Carlos y Jessica, los cuales presentan características de mineralización y alteración distintivas:

➤ Valle:

La mineralización de oro diseminada se encuentra asociado a la sílice granular compacta, oxidada y con intenso fracturamiento con impregnaciones de jarosita, en donde se reportan leyes mayores a 1 gr/T Au. **Figura 10**

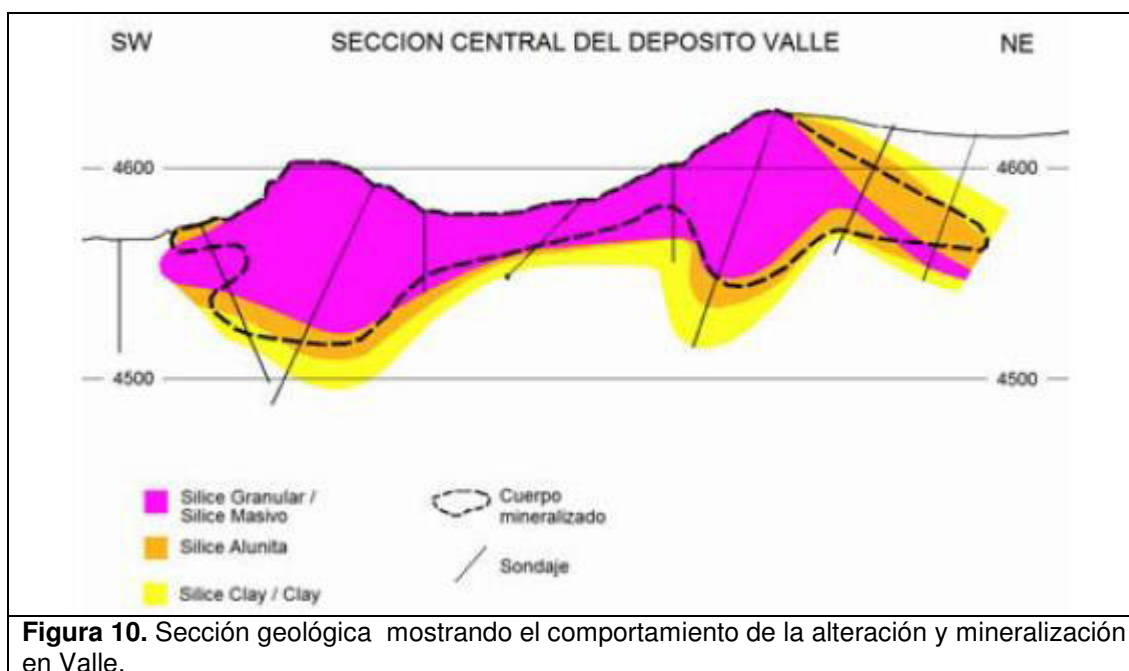
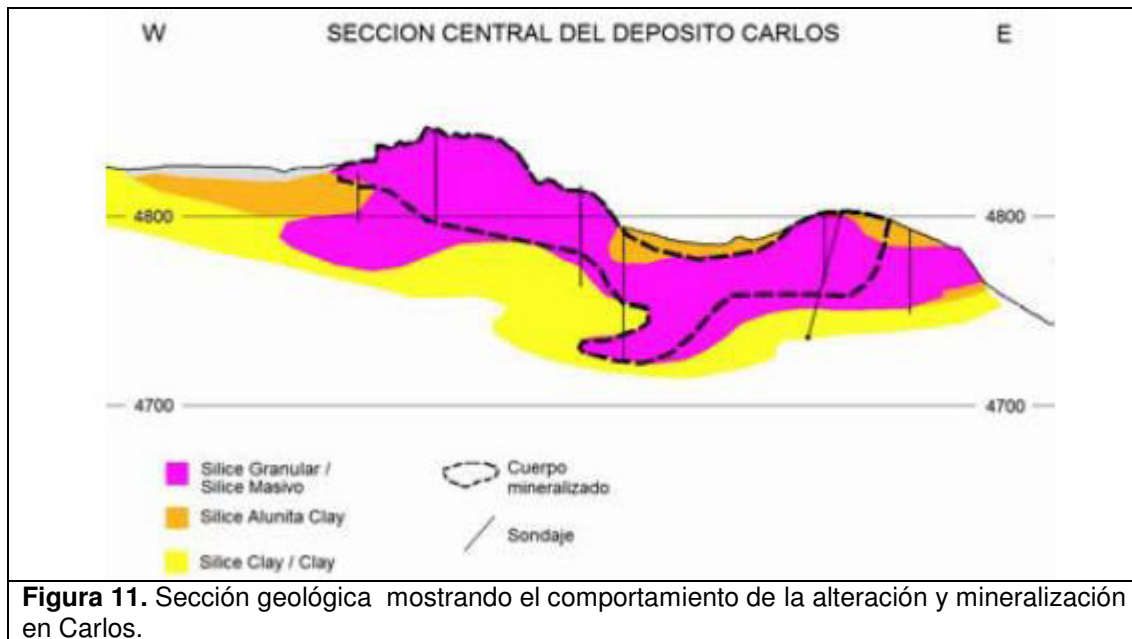


Figura 10. Sección geológica mostrando el comportamiento de la alteración y mineralización en Valle.

➤ Carlos:

La mineralización aurífera se halla relacionada al material volcanoclástico alterado a sílice masiva, sílice granular con moderada oxidación e intenso crackelamiento. **Figura 11**



➤ Jessica:

La mineralización aurífera está relacionada a sílice masiva, sílice granular las que han sufrido brechamiento hidrotermal (**Figura 12**) con halos de crackle brecha. **Fotos 36, 37 y 38.**

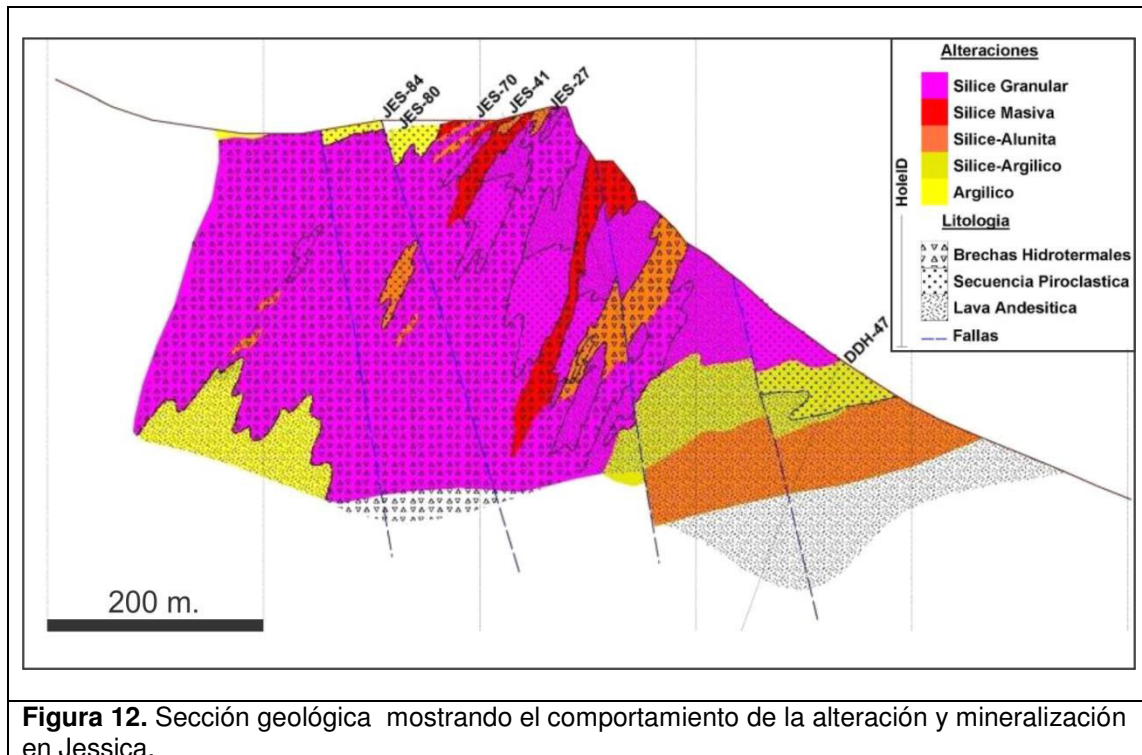




Foto 36. Brecha Hidrotermal matriz de óxidos.



Foto 37. Crackle Brecha con jarosita.



Foto 38. Sílice masiva.

El depósito de Jessica se encuentra entre los 4750 y 5050 msnm., ubicándose la zona de sulfuros por debajo de los 4800 msnm. Los sulfuros primarios asociados con el oro son la pirita, la marcasita y en menor cantidad la arsenopirita. La enargita se encuentra en profundidad y no está relacionada directamente a la mineralización aurífera. (D. Loayza et al; 2006).

5.2 Características Geológicas del Yacimiento Pinaya

5.2.1 Geología

El entorno geológico está dominado por rocas sedimentarias del Grupo Puno (Cretácico Superior-Paleoceno) conformado por areniscas de grano grueso, conglomerados, limoarcillitas e intercalaciones lenticulares de areniscas tobáceas. Flujos lávicos amigdaloides de composición basáltica-andesítica del Grupo Tacaza (Oligoceno Tardío-Mioceno Medio) se ponen en contacto con el Grupo Puno por sistemas de fallas NO-SE. (Caira et al, 2005).

Un conjunto de stocks, diques, sills y varios pulsos de brechas intrusivas evidencian un complejo intrusivo de multifases, que incluyen diques andesíticos de textura afanítica y

porfírica, así como, cuerpos intrusivos porfíricos de diorita-tonalita y eventos tardíos de diques dacíticos. **Figura 13**

5.2.2. Estructuras

El sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, es el corredor que controla, los contactos litológicos, el magmatismo y la mineralización. Localmente existe reactivaciones en sistemas NE-SO, con cinemática dextral que desplaza a los sistemas mayores siendo, estas reactivaciones post-mineralización. (Caira et al, 2005 y McCrea et al, 2006). **Figura 13**

Los sistemas de fracturamiento NO-SE y NE-SO forman en conjunto un sistema conjugado con una dirección del vector de máximo esfuerzo de N80° (azimut), para la etapas de pre-mineralización. (Caira et al, 2005 y Murphy et al, 2006).

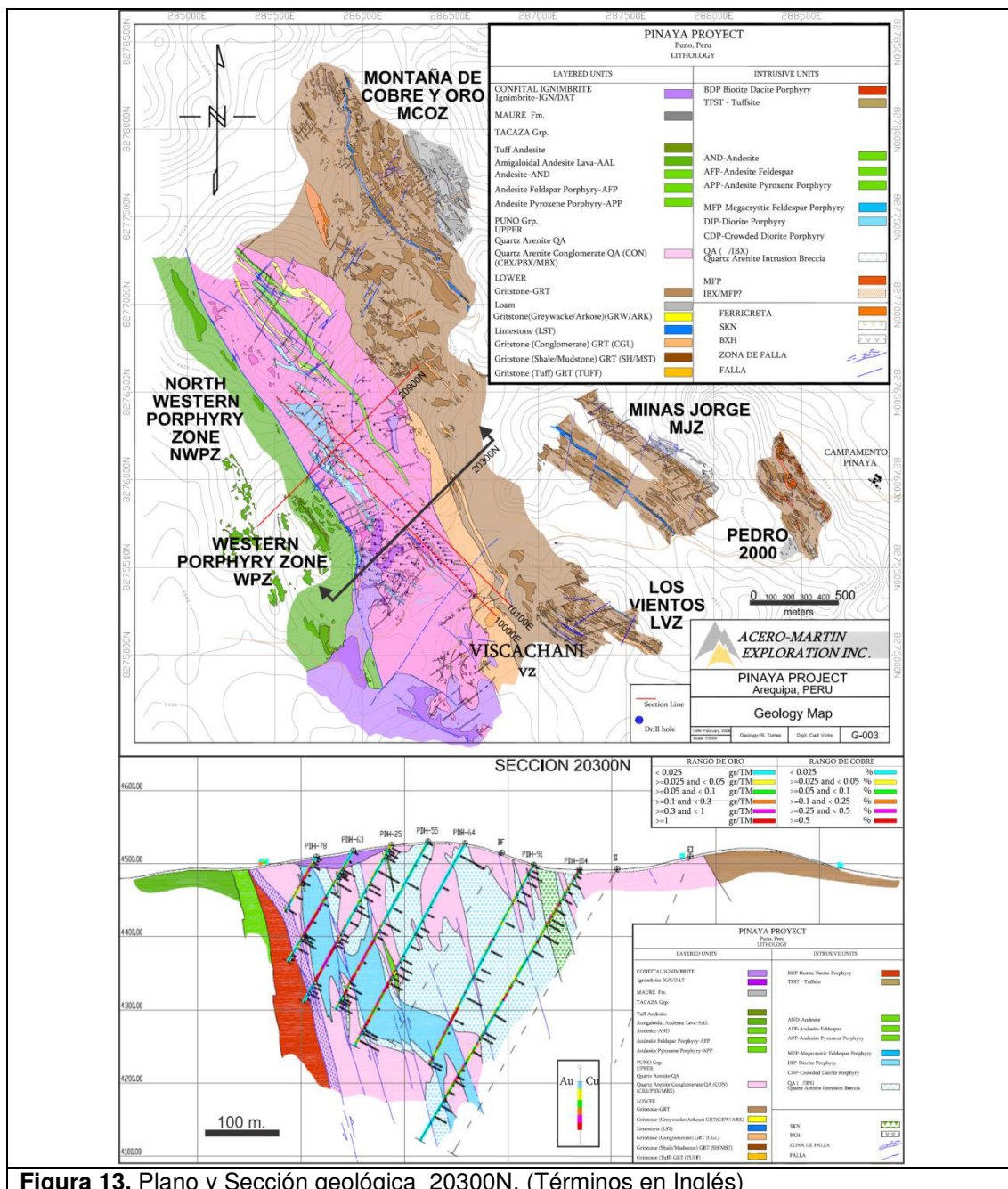


Figura 13. Plano y Sección geológica 20300N. (Términos en Inglés)

5.2.3 Alteración y Mineralización

La mineralización en Pinaya es de un entorno de pórfido típico y está compuesto por al menos dos centros porfíricos de Cu-Au y una zona de skarn oxidado de Au-Cu, así como, áreas con suelos residuales de Óxidos-Oro potencialmente explotables. Los tenores de cobre y oro dentro de estos centros mineralizados varían en función de sus asociaciones con fases intrusivas, complejidades estructurales y sobreimpresiones de alteración (Caira et al, 2005).

➤ Tipo Pórfido:

Caracterizado por dos estilos de mineralización como sets de venillas paralelas (Sheeted veins) de cuarzo-magnetita-calcopirita-malaquita y de Stockwork con fuerte alteración potásica (biotita $\pm$ cuarzo $\pm$ magnetita $\pm$ feldespato potásico). **Figura 14**

Los diversos eventos de sobreimposición de alteraciones argílica intermedia (illita/esmectita) y filica (cuarzo-sericita-turmalina-pirita), dieron lugar a la lixiviación de "calcopirita-pirita" y la introducción de una asociación de "pirita-calcosina-covelita-digenita". Este evento dio lugar a zonas de enriquecimiento hasta 200 metros de profundidad. Estas zonas parecen tener controles litológicos-estructurales. **Figura 15**

➤ Tipo Skarn:

Ocurre al este del Pórfido principal asociado a los contactos entre los horizontes calcáreos del Grupo Puno con delgados diques y sills de diorita porfírica. La alteración está conformada por granates (andradita) y probablemente vesuvianita, así como, epidota, clorita, calcita, mangano-calcita, óxidos de hierro, wollastonita, actinolita, tremolita, cuarzo con sulfuros como, esfalerita, calcopirita, pirita-calcosina, galena argentífera y tetraedrita-tenantita.

La alteración argílica ocurre en zonas de falla y de forma variable en las zonas lixiviadas con sobreimpresión de alteración filica y se compone de "arcillas"-pirita-goethita-limonita. Así mismo, la alteración propilítica está compuesta por asociaciones de clorita $\pm$ epidota-pirita-calcita, relacionada con los últimos pulsos subvolcánicos andesíticos. Además, ocurren en las proximidades y se superpone a la alteración de calco-silicatos y mineralización de skarn. Localmente cuprita y/o cobre nativo se ven dentro de estas etapas finales "venillas propilíticas".

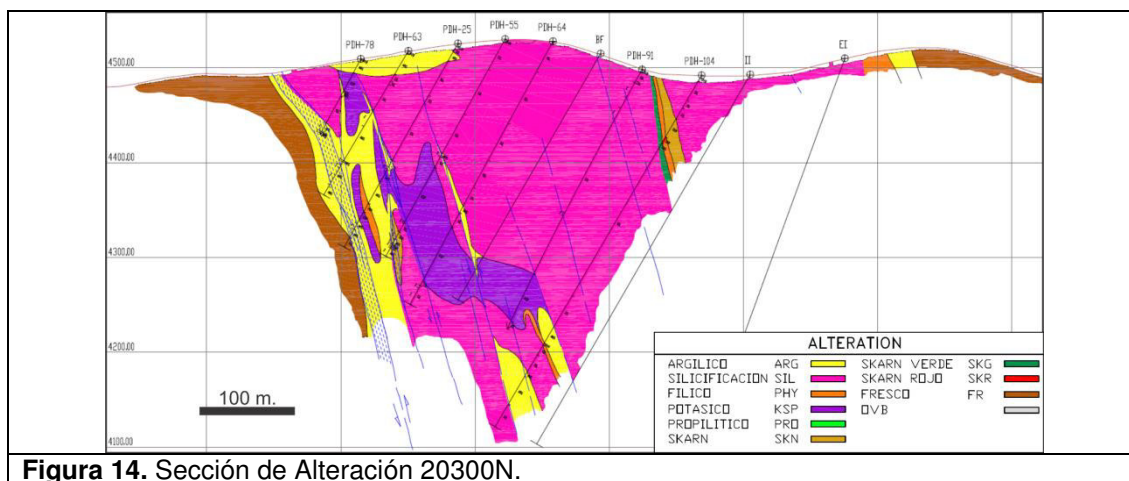


Figura 14. Sección de Alteración 20300N.

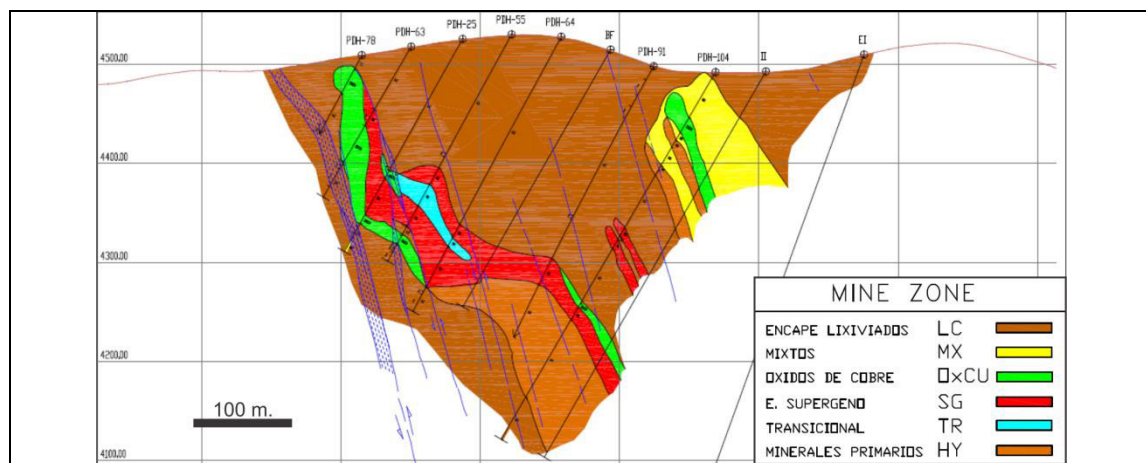


Figura 15. Zonas de Mineralización Sección 20300N.

5.3 Síntesis Comparativa

5.3.1 Litología

Según las características litológicas descritas para cada yacimiento, existe similitudes entre Arasi y Sabina, ya que, ambos están hospedados en rocas volcánicas del grupo Sillapaca (Mioceno Inferior-medio) de composición andesítica-traquiandesítica, siendo Sabina un centro volcánico tipo escudo. Hacia Pinaya las estratigrafía volcánica cambia, predominando facies sedimentarias del grupo Puno y flujos lávicos basálticos andesíticos del grupo Tacaza.

5.3.2 Control Estructural

Existe un importante control a escala regional con zonas de intensa fracturación tensional, siendo en los sistemas conjugados NO-SE (Corredor Andino) y NE-SO (Corredor Trasandino) las zonas favorables de máxima apertura. Aunque no tenemos dataciones publicadas para estos tres yacimientos, un estudio reciente del INGEMMET (2012), registra para el corredor Paratía-Ocuviri una cronología relativa de los eventos estructurales, relacionados a pulsos de mineralización epitermal.

Tabla 5. Cronología relativa para los eventos estructurales del Corredor Paratía-Ocuviri.

PRESENTE INFORME				INGEMMET (2012)		
Sistema Estructural	Evidencia Geologica - Sabina	Max. Acortamiento Sabina	Observaciones	Max. Acortamiento Paratía-Ocuviri	Depósitos y Ocurrencias Asociados	Cronología Relativa (Ma)
NE-SO NO-SE	Sistemas de Fallas con relleno de cuarzo ± Brechamiento	N55°	Apertura estructural, sistemas transtensionales, emplazamiento de Centro Volcánico	N60°	El Cofre, Inmaculada, Palca Pomasi y Raquel Epitermales de Intermedia a baja sulfuración	± 18 - 16
NE-SO NO-SE	Centro Volcanico Turputa Silica-Cap			N45°	Emplazamiento de Centros Volcánicos del Grupo Sillapaca	± 16 - 10
NO-SE EO NE-SO	Bx. Freática Bx. Hdx (Oxidos)	N95°	Las mineralizaciones de Sabina y Arasi se hospedan en el Grupo Sillapaca (18-12 Ma.)	N85°-90°	Arasi Epitermales de Alta Sulfuración	± 10 - 8
ONO-ESE NNE-SSO NS	Subvol. Dacíticos Subvol. Andesíticos Depositos asociados Bx. Freatomagmática	N103°	Eventos Post-mineralización < 10 Ma.			

Aunque el estudio del INGEMMET, no registra la cronología para yacimientos como Pinaya, posiblemente su actividad magmática-hidrotermal sea anterior a 18 Ma.

5.3.3 Sistema Hidrotermal

La alteración hidrotermal es variable entre los sistemas de alta sulfuración como Arasi, principalmente con relaciones de cuarzo-alunita, la lithocap (Cu-Au) de Sabina con característica asociaciones de cuarzo-alunita-dickita-pirofilita y Pinaya del tipo pórfido Cu-Au, asociados al modelo para sistemas porfíricos de Cu-Au de Sillitoe (2000). **Figura 16**

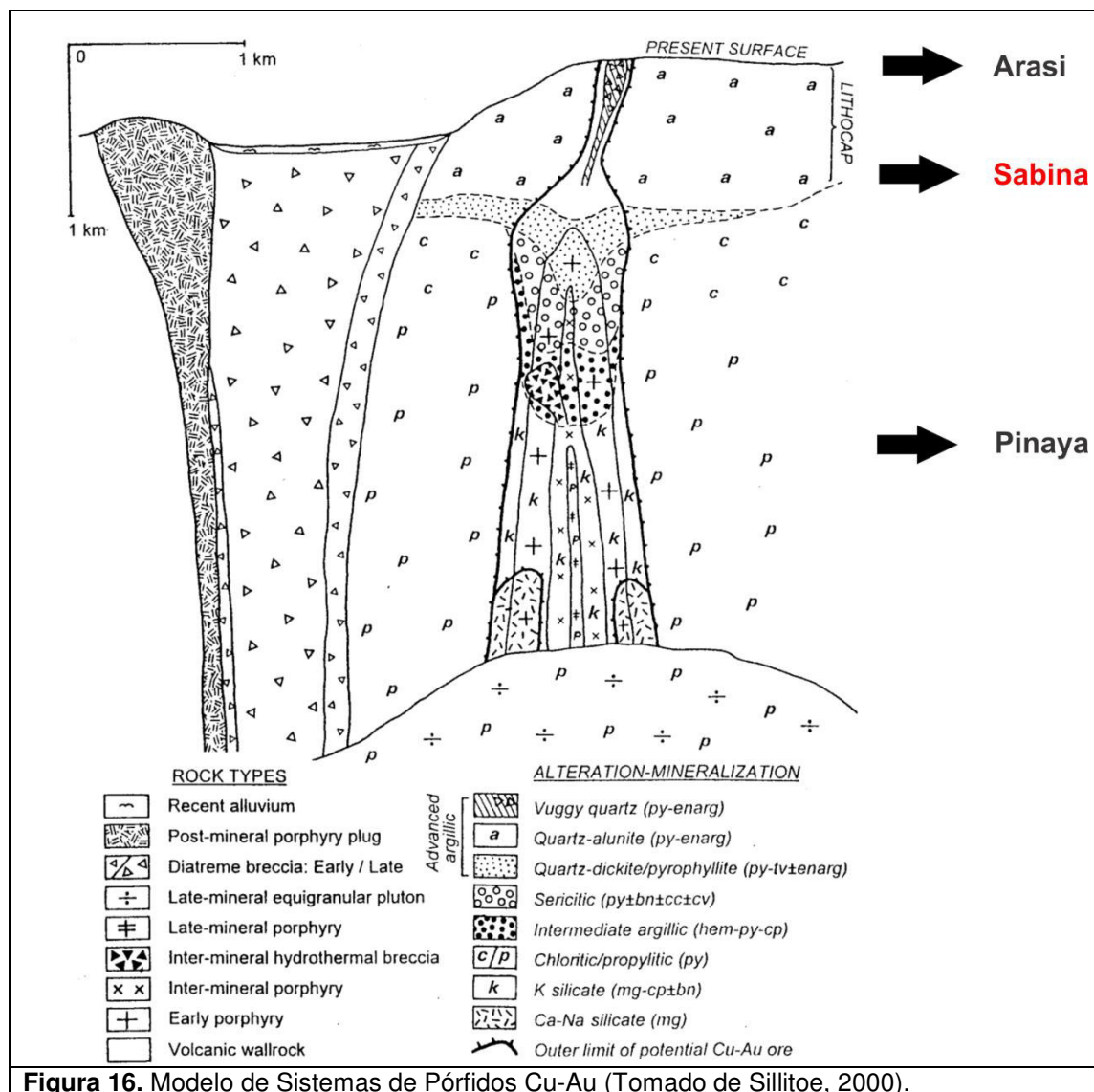


Figura 16. Modelo de Sistemas de Pórfidos Cu-Au (Tomado de Sillitoe, 2000).

5.3.4 Mineralogía

En los metales económicos se observa cierta similitud mineralógica entre Arasi y Sabina, siendo la liberación de oro con distintas proporciones, mientras que en Arasi, los procesos supérgenos generaron gran oxidación de sulfuros primarios (pirita, marcasita±arsenopirita) permitieron la liberación de oro y su mayor respuesta en valores económicos explotables. En Sabina la exposición supérgena fue restringida a estructuras, sin mayor desarrollo de niveles

o cuerpos oxidados, siendo más notorio la sobreimposición de pulsos con Enargita-Luzonita (Alta sulfuración) y de Covelita-Digenita±Idaita, este último más asociado a sistemas porfíricos de Cu en profundidad (R. Pinto et al; 2002).

En Pinaya tenemos las asociaciones mineralógicas de sulfuros hipógenos propias de un pórfido de Cu-Au con pirita, calcopirita y de enriquecimientos secundario como calcosina, covelita, digenita, con mayor concentración en las zonas de alteración potásica. **Tabla 6**

5.3.5 Época Metalogenética

Entre los yacimientos antes mencionados del entorno del Proyecto Sabina, se dispone de las siguientes edades de mineralización publicadas (Clark et al; 1990): Stock de Limón Verde (26.4 – 28.2 Ma.), Berenguela ($< 26.8 \pm 1.3$ Ma.), Santa Bárbara (23.5 ± 0.52 Ma.). Luego tenemos a Condoroma con un edad menor a 18.01 ± 0.6 Ma. (Aguilar et al; 2010), para el caso de las minas Pomasi, El Cofre y Palca la roca hospedante corresponde a rocas piroclásticas del Grupo Palca. Por Ultimo Arasi y Sabina su mineralización esta hospedada en los volcánicos del Grupo Sillapaca (18-12 Ma).

Con lo anterior se tienen tres pulsos cuya cronología relativa oscilarían en los siguientes rangos:

Oligoceno Tardío-Mioceno Inferior (30-22 Ma.): Berenguela, Santa Barbará, Tacaza y Pinaya.

Mioceno Inferior-Mioceno Medio (22-16 Ma.): Condoroma, El Cofre, Palca, Pomasi y Raquel.

Mioceno medio (16-12 Ma): Arasi y Sabina.

Por lo tanto, esta porción de la franja XXI correspondería a una época metalogenética cuyo rango es del Oligoceno Tardío – Mioceno Medio. **Lámina 8**

5.3.6 Erosión del Sistema

Existe una marcada diferencia en los entornos de alteración, en los niveles de oxidación para cada sistema hidrotermal (Pinaya-Sabina-Arasi). Mientras en Pinaya y Arasi existen mayores porcentajes de silicificación con respecto a los entornos argílicos, en Sabina el porcentaje de silicificación es menor, siendo aproximadamente de 40%.

Con respecto a la oxidación, las similitudes de Pinaya y Arasi son notables llegando aproximadamente a profundidades entre 150 y 200 metros, en Sabina profundiza hasta 80 metros encontrándose por debajo de esta profundidad la zona mixta de óxidos-sulfuros.

Lámina 16

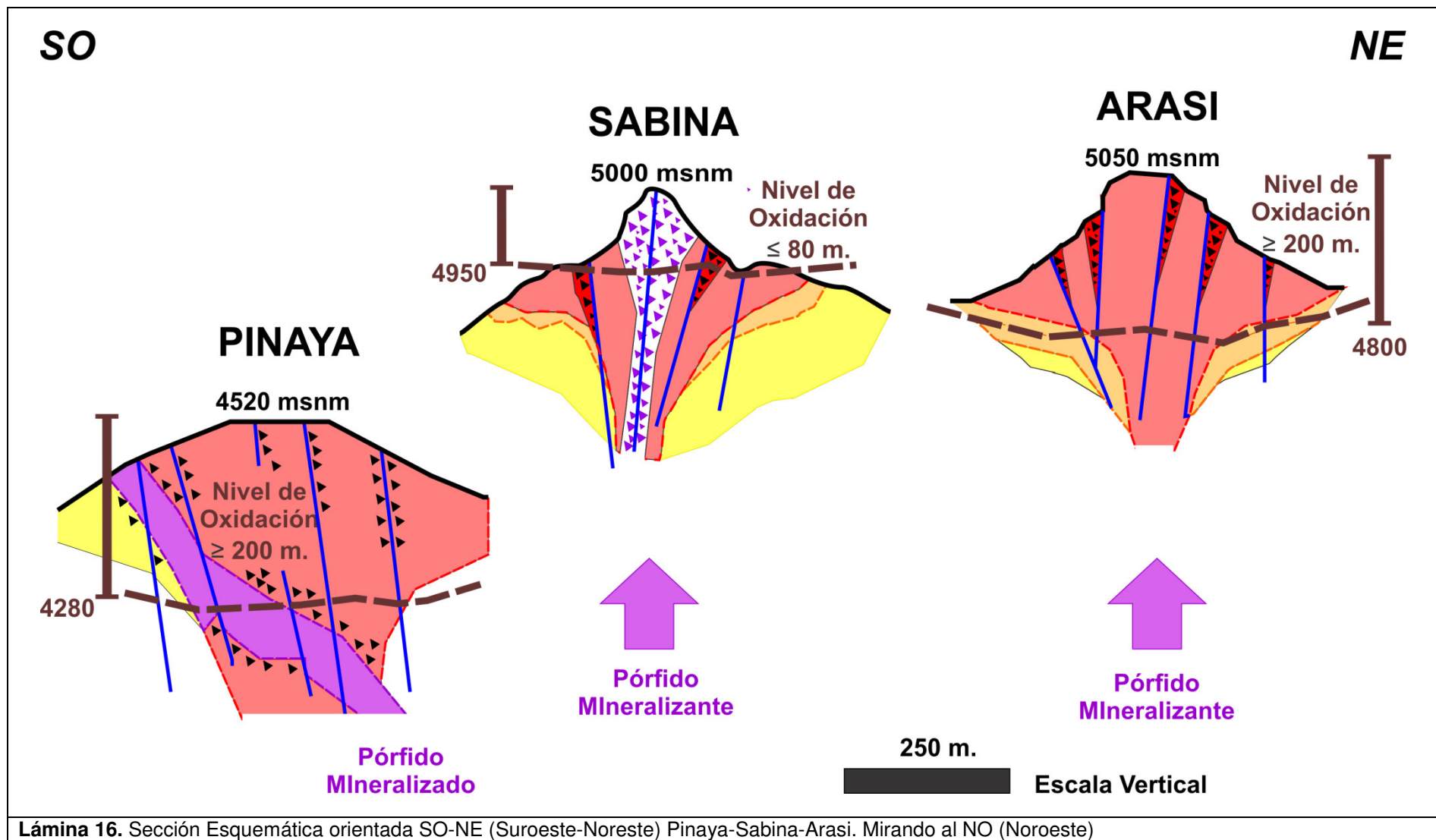


Tabla 6. Comparación de las características distintivas para Arasi, Sabina y Pinaya.

YACIMIENTO	LITOLOGÍA		CONTROL ESTRUCTURAL	ALTERACIONES ASOC. MINERALÓGICA	MINERALOGÍA		TIPO DE DEPÓSITO
	INTRUSIVO / SUBVOLCÁNICO	UNID. LITOESTRATIGRÁFICA			MENA	GANGA	
ARASI	Subvol. Andesíticos Subvol. Dacíticos	Lavas andesíticas Horiz. volcanoclást.	Sistema de Fallas Ocuvi-Arasi Sistemas conjugados NO-SE / NE-SO	Silicif. intensa (vuggy-mass) Arg. Avanz. (cz-aln) Argílica (arcillas-caolín) Propilítica (clorita, pirita)	py-mc ±apy ±en	aln, lm, jar, ba, caolín S nativo, py cz ± CB	Epitermal Alta Sulfuración (Au) ± 2.5 Moz Au 0.5 gr/T Au En producción
SABINA	Subvol. Andesíticos Subvol. Dacíticos	Lavas T-andesit. Horiz. volcanoclást. Lavas basalt-andesit.	Corredores asociados al Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo Sistemas conjugados NO-SE / NE-SO Direc. de Max. Apertura NNE	Silicif. intensa (gr-mass) Arg. Avanz. (cz-aln-dck ± prf.) Argílica (arcillas-caolín) Propilítica (clorita, pirita)	py ± apy en-lz cv-dg (±id)	aln, lm, jar, ba, caolín, prf. S nativo, rt, py cz ± CB	Lithocap Transición Epitermal ±Pórfido (Cu-Au) En Exploración
PINAYA	Subvol. Dacíticos Subvol. Andesíticos Diorita Porfírica	Lavas basalt-andesit. Sed clást. ± calcáreos Conglomerados Horiz. Tobáceos	Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo Sistemas conjugados: NO-SE / NE-SO Direc. de Max. Apertura NNO	Potasica (bt±mag±Feld. K) Arg. Interm. (Illita/esmectita) Filica (cz-ser-py) Argílica (arcillas-limonitas) Propilítica (ep, py-ca)	py-cpy py-cc-cv-dg Cu nativo	cz ± CB cly, ser, esp FDP-K tm	Pórfido (Cu-Au) 32.3 MT (Med+Ind) 0.39% Cu, 0.44gr/T Au 35.4 MT (Inferido) 0.40% Cu, 0.27gr/T Au Cont. Met. (Med+Ind) 0.45 Moz Au 280 Mlb Cu

ABREVIATURAS

Mena				Ganga					
py	pirita	cc	calcocita	cz	cuarzo	ser	sericita	ba	baritina
apy	arsenopirita	dg	digenita	aln	alunita	ep	epídota	cly	clay-arcillas
en	enargita	id	ídaita	prf	pirofillita	ca	calcita	esp	especularita
lz	luzonita	cpy	calcopirita	bt	biotita	CB	carbonatos	tm	turmalina
cv	covelita	Cu nativo	cobre nativo	Feld. K	feldespato potasico	lm	limonitas	S nativo	azufre nativo
						jar	jarosita		

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En Sabina, el centro volcánico tipo escudo de Turputa es un sistema de cinco unidades volcánicas, desde fases basálticas-traquiandesíticas en la etapa de pre-mineralización, fases más explosivas en la etapa de mineralización (Brechas freáticas), hasta una etapa post-mineralización caracterizada por diques y domos lavas de composiciones andesítica y dacítica principalmente.

Se ha determinado tres direcciones principales de distensión regional para los eventos de pre-mineralización, mineralización y post-mineralización, siendo de N325°, N 0°-7° y N 13° respectivamente, esto apoyado por las evidencias de relleno asociado a estructuras principales.

Las alteraciones hidrotermales tienen un fuerte control estructural que limitan sus contactos con la roca inalterada y siguen una tendencia NE (Noreste) de dimensiones 12 Km. x 4 Km. (Huella), entre las asociaciones representativas tenemos; Silicificación (cuarzo masivo-granular), Argílica Avanzada (cuarzo-alunita-dickita±pirofilita), Argílica (caolín-illita±esmeclita±pirita) y Propilítica (clorita±epidota±pirita).

Se ha determinado cinco eventos de mineralización, representando mayor interés los eventos II (Pirita II±Arsenopirita -Rutilo II) relacionado a mineralización de Au, III (Enargita-Luzonita) como el evento de alta sulfuración, con sulfosales de Cu dentro de la Lithocap y IV (Covelita-Digenita±Idaíta) por enriquecimiento secundario de sulfuros primarios de Cu, lo que, confirmaría niveles de transición a sistemas porfíricos en profundidad dentro de la Lithocap. El intemperismo posterior libero el Au de los sulfuros primeros en las zonas de oxidación

En Sabina y Arasi existen similitudes litoestratigráficas, con alternancia de niveles de lavas y volcanoclásticos (Grupo Sillapaca), hacia el SO en Pinaya, la estratigrafía muestra secuencias más antiguas como son el Grupo Puno y Tacaza.

Los sistemas conjugados NO-SE (Andino) y NE-SO (Trasandino), adquieren gran interés, ya que, como resultado de esta intersección se generan los sistemas tensionales EO, siendo zonas favorables de mayor apertura estructural con una dirección promedio para Arasi, Sabina y Pinaya de N-S.

Las asociaciones de alteración hidrotermal para Sabina, Arasi y Pinaya son variables y están relacionadas con los sistemas porfíricos de Cu-Au, mientras que Sabina (Lithocap) y Arasi (Epitermal de Alta Sulfuración) muestran transiciones y niveles altos de estos sistemas respectivamente, Pinaya evidencia niveles profundos de estos sistemas como un típico pórfido de Cu-Au.

Los estilos de mineralización en Sabina, contribuyen a un modelo en el cual se especula que el origen de la mineralización de los eventos III y IV relacionados a sulfosales y sulfuros de enriquecimiento secundario de Cu, pueden estar asociados a un pórfido de cobre en profundidad, similar a Pinaya.

Se han reconocido 2 eventos principales de mineralización asociados a periodos de actividad volcánica y estadios de deformación registrados por INGEMMET en el sur del Perú durante el Cenozoico, siendo el evento del Mioceno Medio el más importante en cuanto a magnitud y concentración de valores económicos de Au.

La erosión genera un contraste marcado, siendo mayor la silicificación preservada con respecto a las envolturas argílicas en Pinaya y Arasi, en comparación con Sabina, donde es mayor el porcentaje de la envoltura argílica. Las profundidades de la zona de oxidación es variable mientras en Pinaya y Arasi se ha delimitado hasta 200 metros, en Sabina llega hasta los 80 metros, encontrándose a estas profundidades niveles mixtos de óxidos-sulfuros.

Las cuencas transtensivas o tipo pull-apart adquieren interés exploratorio, en Sabina estos eventos pre-mineralización controlaron el emplazamiento del centro volcánico Turputa y posteriormente las zonas de alteración hidrotermal.

Los recientes trabajos de INGEMMET dentro de la franja metalogenética XXI son de carácter regional, con el presente informe se propone una época metalogenética cuyo rango oscila desde el Oligoceno Tardío hasta el Mioceno Medio y agrupa depósitos Epitermales de Alta Sulfuración (Au), Polimetálicos (Ag-Cu-Pb-Zn) en cuerpos de reemplazamiento y filoneanos, así como, Pórfidos de Cu-Au.

Se recomienda realizar estudios geocronológicos a fin de establecer edades de los eventos previos, coetáneos y posteriores a la mineralización, de esta manera, dar continuidad a las conclusiones de presente informe y enriquecer con mayor información esta zona sur del Perú.

Se recomienda reforzar los diagramas McCross con colección de registros para métodos estereográficos que complementen esta primera aproximación estructural.

Se recomienda orientar las exploraciones futuras a estructuras EO (Este-Oeste) o de similar tendencia, ya que, serían las estructuras tensionales favorables para concentrar mineralización económica.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, R., Muñoz, L., Cerpa, L. (2012): Caracterización petrográfica de las rocas volcánicas cenozoicas en el sur del Perú: cuadrángulos de Condoroma Y Ocuwiri. XVI Congreso Peruano de Geología, 16, Lima, PE, 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 4 p.

Aguilar, R., Cerpa, L., Cereceda, C. (2010): Evolución del Volcanismo Cenozoico en el Corredor Pañe-Luli-Yauri, Sur del Perú. XV. Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9, Cusco p. 904-906

Báez, D., Rodríguez, R. & Jacay, J. (2009): Estratigrafía del Paleozoico superior y estilo estructural del borde occidental de la Cordillera Oriental, localidad Sicuani. XII Congreso Geológico Chileno Santiago, 22-26 Noviembre, 2009.

Benavides, V. (1999): Orogenic evolution of the Peruvian Andes: the andean cycle. In: Skinner, B.J., ed. Geology and ore deposits of the Central Andes. Soc. Economic Geologists, Littleton, CO, Special Publication 7, 61-108.

Camus, F., (2003): Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile. SERNAGEOMIN, 267 p. Santiago, Chile.

Carlier, G., Carlotto, V., Lorand, J., Liegeois, J., Fornari, M., Soler, P. & Cárdenas, J. Magmatismo y Estructuras Cenozoicas en el Altiplano sur peruano: Implicancias Geodinámicas. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Lima, Octubre 2006.

Carlotto, V., Cerpa, L., Cárdenas, J., Quispe, J. & Carlier, G. (2005): Paleogeographic, structural and magmatic evidences for the existence of different lithospheric blocks in the Central Andes: Samples from southern Peru and northern Chile. 6th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2005, Barcelona), Extended Abstracts: pp. 146 - 149.

Carlotto, V. & Cárdenas, J. ¿El evento tectónico compresivo del Eoceno en el Perú: Resultado de un proceso de subducción plana? XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Lima, Octubre 2006.

Carlotto, V., Cardenas, J. & Carlier, G. (2008): The lithosphere of Southern Peru: A result of the accretion of allochthonous blocks during the Mesoproterozoic. 7th International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG 2008, Nice), Extended Abstracts: 105-108.

Cereceda, C., Cerpa, L., Torres, D., Muñoz, L. & Aguilar, R. (2010): Características Geoquímicas del Volcanismo Cenozoico del Sur del Perú en el sector Condoroma-Ocuviri: Implicancias en la Estratigrafía Volcánica y Mineralización. XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9, Cusco p. 911-914

Cereceda, C., Cerpa, L., Mamani, M., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., & Rodríguez, G. (2010): Estratigrafía Volcánica Cenozoica del Sur del Perú, en el límite Cordillera Occidental – Altiplano (Arequipa, Cusco y Puno). XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9, Cusco p. 834-837

Cerpa, L., Carlotto, V., Perelló, J. Cárdenas, J. (2004): Características Estructurales en la Región de Andahuaylas-Yauri (Sur de Perú) y la Relación con la Cordillera de Domeyko (Norte de Chile). Curso Latinoamericano de Metalogénia UNESCO-SEG-2004. Vol. Resúmenes Extendidos. 15-19. Mendoza-Argentina. Agosto 2004.

Cerpa, L., Cereceda, C., Torres, D., Muñoz, L., Aguilar, R., Martínez, J., Siesquen, D. & Chacón, A. (2012): Controles tectono-magmáticos en el sur del Perú (72°-70°30' y 14°-16°S): implicancias metalogenética. XVI Congreso Peruano de Geología, Lima, PE 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 5 p.

Chumbe, M., Cereceda, C., Cerpa, Luis., Condorhuamán, L., Muñoz, L., Martínez, J., Aguilar R. & Torres, D. (2012): Estudio petrográfico de las rocas volcánicas cenozoicas en el sur del Perú y sus implicancias con la mineralización. XVI Congreso Peruano de Geología, Lima, PE 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 5 p.

Clark, A.H., Farrar, E., Kontak, D.J., Langridge, R.J., Arena, F., Francem L.J., McBride, S.L., Woodman, P.L., Wasteneys, H.A., Sandeman, H.A. and Archibald, D.A. (1990): Geologic and Geochronological Constraints on the Metallogenic Evolution of the Andes of Southern Peru. Econ. Geo. Vol. 85, pp. 1520-1583.

Fornari, M., Baldellon, E., Espinoza, F., Ibarra, I., Jimenez, N. & Mamani, M. (2002): Ar-Ar dating of late Oligocene-Early Miocene volcanism in the Altiplano. International Symposium on Andean Geodynamics, 5, Toulouse, FR, 16-18 September 2002, Géodynamique andine: résumés étendus. Paris:IRD 2002, pp. 223-226.

Jillard, E. & Santader, G. La Tectónica Polifásica en escamas de la zona Mañazo- Lagunillas (Puno, Sur del Perú). Boletín IFEA 1992, 21 (1): pp. 35-58.

Kennan, L. Large-scale geomorphology in the central Andes of Perú and Bolivia: Relation to tectonic, magmatic and climatic processes in: *Geomorphology and Global Tectonics*. 2000, pp 167-192.

Mamani, M., Navarro, P., Carlotto, V., Acosta, H., Rodríguez J., Jaimes, F., Santos, Alan., Rodríguez, R., Chávez, L., Cueva, E & Cereceda, C., 2010, Arcos Magmáticos Meso-Cenozoicos del Perú. XV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9, Cusco pp. 563-570

Mamani, M., Ibarra, I., Carlier, G. & Fornari, M., 2004, Petrología y geoquímica del magmatismo alcalino de la zona noroeste del Altiplano peruano (departamento de Puno): In: J. Jacay & T. Sempere (eds.), *Nuevas Contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento del sur del Perú*, Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial N°5 (2004), p. 157-174.

Martinez J.A., Perspectivas de nuevos depósitos con base en un arreglo estructural caótico en el distrito de Guanajuato – México. Compañía Minera Las Torres – Reporte Interno. 34 pp.

McCoss A., 1986, Simple construction for deformation in transpression/transtension zones. *Journal of Structural Geology* N° 6, pp. 715-718.

McCrea, J. (2006): Technical Report on the Pinaya Gold-Copper Property, South Central Peru, 43-101 Report Prepared for Acero-Martin Exploration Inc., 46 pp plus appendices.

Medina, R. & L. Valdivieso, L. (2009): Informes Internos del Proyecto Sabina. Compañía Minera Ares SAC.

Muñoz, L., Cerpa, Luis., Aguilar, R., Cereceda, C. & Torres, D. (2012): Evolución tectónica-estructural del corredor Paratía-Ocuviri, Puno, sur del Perú: implicancias en el emplazamiento de centros volcánicos y depósitos minerales. XVI Congreso Peruano de Geología, Lima, PE, 23-26 setiembre 2012, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú 2012, 4 p.

Perelló, J., Carlotto, V., Zárate, A., Ramos, P., Posso, H., Neyra, C., Caballero, A., Fuster, N., Muhr, R., 2003: Porphyry-Style Alteration and Mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas- Yauri Belt, Cuzco Region, Perú; *Economic Geology*, Vol. 98, pp 1575 – 1605.

Pinto, R. (2002): Transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel en Kupfertal, distrito minero de Yanacocha, Cajamarca, Perú.

Quispe, J. (2004): Petrografía, Geoquímica e Implicancias Metalogenéticas de los Volcánicas de Sureste del Perú: Zona de Mazo Cruz (Puno), Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería. 165 p.

Quispe, J., Carlotto, V., Acosta, J., Macharé, J., Chirif, H., Rivera, R., Romero, D., Huanacuni, D. & Rodríguez, R. (2008): Mapa metalogenético del Perú 2008: herramienta esencial para las exploraciones mineras. XIV Congreso Peruano de Geología y XIII Congreso Latinoamericano de Geología, 6 p. Edit. Soc. Geol. Perú. CD.

Rodríguez, R., Acosta, H., Cueva, E. & Carlotto, V. (2010): Dominios y estilos estructurales en el Altiplano y Borde oeste de la Cordillera oriental del sur del Perú. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 (2010), Cusco p. 810-813.

Salas, J. & Quijano, J. (2006): Proyecto Sabina. Informe interno. Compañía Minera Suroeste SA. pp6.

Sánchez, A. & Zapata, A., 2001: Actualización de la geología de los cuadrángulos de Sicuani (29-t), Ñuñoa (29-u), Acusan (29-v), Lambian (29-x), Sandía (29-y), San Ignacio (29-z), Yauri (30-t), Azángaro (30-v), Patina (30-x), La Rinconada (30-y), Condoroma (31-t), Ocuvi (31-u), Juliana (31-v), Callarla (32-t) y Acora (32-x) INGEMMET, Carta Geológica Nacional.

Sébrier, M., Lavenue, A., Fornari, M. & Soulas, J.P. (1988): Tectonics and uplift in central Andes (Peru, Bolivia and northern Chile) from Eocene to present. *Géodynamique*, 3, p. 85-106.

Sempere, T., Jacay, J., Carlotto, V., Martínez, W., Bedoya, C., Fornari, M., Roperch, P., Acosta, H., Acosta, J., Cerpa, L., Flores, A., Ibarra, I., Latorre, O., Mamani, M., Meza, P., Odone, F., Oros, Y., Pino, A. & Rodríguez, R. Sistemas Transcurrentes de Escala Litosférica en el sur del Perú, Nuevas Contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento del sur del Perú, Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial N°5 (2004), p. 105-110.

Sempere, T. & Jacay, J. Estructura tectónica del sur del Perú (Antearco, Arco y Altiplano Suroccidental) XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Lima, Octubre 2006.

Sillitoe, R.H. (1985): Ore-Related Breccias in Volcanoplutonic Arcs. *Econ. Geo.* Vol. 80, pp. 1467-1514. 1985.

Sillitoe, R.H. (2000): Gold-Rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. SEG Reviews Vol. 13, 2000, p. 315-345.

Tosdal R. M., Farrar E. & Clark, A. (1981): K-Ar geochronology of the late cenozoic volcanic rocks of the Cordillera Occidental, Southernmost Peru. Journal of Volcanology and Geothermal Research, Vol. 10, pp. 157-173.

Zapata, A. & Valdivieso, L., 2010: Informes Internos del Proyecto Sabina. Compañía Minera Ares SAC.

Páginas Webs:

Proyecto Sabina Informe de Exploración.

ftp://190.223.63.156/Para_TUKARI/JC%20Ventosilla/03_Sabina/Reportes/Sabina_AZM_2012.pdf

Reportes Técnicos de Pinaya:

<http://www.amgold.ca/resources/reports/05302011PinayaTechReport.pdf>

http://www.amgold.ca/resources/figures/ASD_Drill_Hole_Location_Map_April_2008.pdf

http://www.amgold.ca/resources/reports/July_2006_Pinaya_43-101_Technical_Report_by_James_McCrea.pdf

http://www.amgold.ca/resources/reports/October_2006_Pinaya_43-101_Technical_Report_by_Douglas_Blanchflower.pdf

Evolución Tectónica y Metalogenética de la Litosfera del sur del Perú: Resultado de la Acreción de Bloques Alóctonos.

<http://es.scribd.com/doc/220620636/TT-178-Final>

Quang, C., Clark, A., Lee, J. and Hawkes, N. (2005) Response of Supergene Processes to Episodic Cenozoic Uplift, Pediment Erosion and Ignimbrite Eruption in the Porphyry copper-gold Province of Southern Peru. Econ. Geo. Vol. 100, pp. 87-114.

<http://economicgeology.org/content/100/1/87.abstract>

ANEXOS

ANEXO I: RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Listado Minas y Prospectos

Nº	Nombre	Este	Norte	Datum	Zona	Metalogenia	Tipo	Etapas	Estado
1	Accocollo	287,900	8,306,700	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filoneano	Anomalia-Prospecto	Inactiva
2	Antonio Raymondi	277,400	8,312,800	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filoneano	Mina	Inactiva
3	Arasi	304,000	8,313,000	PSAD-56	UTM-19S	Au	Diseminado	Mina	Activa
4	Berenguela	332,600	8,269,200	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Ag,Mn	Cuerpos	Mina	Activa
5	Cacurani	288,600	8,299,400	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Au	Diseminado	Proyecto	Inactiva
6	Callatía	290,900	8,296,500	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Au	Diseminado	Anomalia-Prospecto	Inactiva
7	Cata	285,700	8,308,900	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva
8	Condorama	276,900	8,314,400	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Activa
9	El Cofre	350,643	8,297,851	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Activa
10	Inmaculada	314,400	8,305,000	PSAD-56	UTM-19S	Au,Ag	Filonenano	Mina	Inactiva
11	Palca	313,151	8,309,814	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva
12	Parihuana	314,500	8,314,800	PSAD-56	UTM-19S	Au	Diseminado	Anomalia-Prospecto	Inactiva
13	Pinaya	286,900	8,276,400	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Au	Pórfido	Proyecto	Activa
14	Pomasi	319,500	8,302,300	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva
15	Quilca	314,900	8,306,200	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva
16	Raquel	311,000	8,308,700	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva
17	Sabina	303,508	8,289,960	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Au	Diseminado	Proyecto	Activa
18	San Salvador	315,100	8,272,200	PSAD-56	UTM-19S	Cu	Mantos	Mina	Activa
19	Santa Bárbara	323,200	8,266,900	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Pb,Ag	Filoneano	Mina	Activa
20	Santa Catalina	322,700	8,268,500	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Pb,Ag		Mina	Activa
21	Tacaza	315,518	8,271,316	PSAD-56	UTM-19S	Cu,Pb,Ag	Mantos	Mina	Activa
22	Yayunchaca	321,200	8,298,000	PSAD-56	UTM-19S	Ag,Pb,Cu,Zn	Filonenano	Mina	Inactiva

Cuadro 2. Resultados de Ensayes químicos por roca total (Elementos Mayores).

ELEMENTOS MAYORES											
Muestra	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Total
119965	64,36	0,75	15,88	4,22	0,05	1,73	2,82	3,90	4,52	0,35	98,58
119967	60,04	0,98	16,55	5,95	0,09	2,87	4,48	3,80	3,73	0,39	98,88
119968	59,21	0,64	14,60	4,00	0,10	2,03	4,88	2,71	3,55	0,23	91,95
119971	58,71	1,02	16,88	6,23	0,15	2,14	4,89	3,96	3,45	0,43	97,86

Cuadro 3. Listado de muestras para estudios minerográficos.

N°	Sondaje	Área	Muestra	Descripción	Foto
1	DDHSA1001	Chaquella	119004	Zona mixta - Bx freática, clastos opalinos con Py diss +/- 1%, matriz inyección de cuarzo granular con OxFe 8 - 10% (Jarosita>hematita).	
2	DDHSA1001	Chaquella	119171	Zona de Sulfuros - Bx, clastos opalinos. Py diss y en venillas 3-5%, calcosina en venillas 5% y trazas de bornita?.	
3	DDHSA1002	Chaquella	119238	Zona mixta - Bx freática, clastos opalinos con Py diss 2%, matriz inyección cuarzo granular beige. OxFe 2-4% (Jarosita>hematita>goetita).	
4	DDHSA1002	Chaquella	119316	Sulfuros>Oxidos. Bx, clastos opalinos. Py diss 2%, venillas y diseminación de calcosina 3-4%. OxFe <1% en fracturas.	