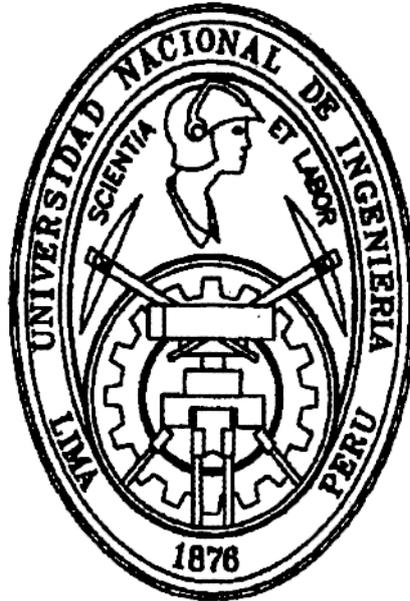


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA



**“GEOLOGÍA Y EXPLORACIÓN DEL YACIMIENTO DE
SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD”**

TESIS

Para obtener el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

FERNANDO SÁEZ RIVERA

PROMOCIÓN 2001-II

LIMA – PERÚ

2005

“GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD”

INDICE

RESUMEN.....	1
CAP. 1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Introducción	2
1.2 Planteamiento del problema de tesis.....	2
1.3 Objetivos del estudio	2
1.4 Metodología de trabajo.....	2
1.5 Ubicación del yacimiento.....	3
1.6 Accesibilidad	6
1.7 Historia y Trabajos Anteriores.....	6
1.8 Geografía.....	7
CAP. 2. GEOLOGIA REGIONAL.....	10
2.1 Geomorfología.....	10
2.2 Estratigrafía Regional.....	11
2.3 Rocas Intrusivas	16
2.4 Geología Estructural.....	21
2.5 Alteraciones Regionales.....	25
2.6 Geología Económica.....	25
CAP. 3. GEOLOGIA LOCAL.....	28
3.1 Geomorfología.....	28
3.2 Estratigrafía Local.....	28
3.3 Rocas Intrusivas.....	32
3.4 Geología Estructural.....	35
CAP. 4. MINERALIZACION DEL AREA DE SALPO.....	37
4.1 Veta Salpo.....	37
4.1.1 Afloramientos.....	37
4.1.2 Mineralogía y paragénesis.....	41
4.1.3 Texturas.....	41
4.1.4 Petrografía y Alteraciones hidrotermales.....	44
4.1.5 Geoquímica	46
4.1.6 Zonamiento.....	48
4.1.7 Controles de mineralización.....	50

4.2 Veta Milluachaqui.....	50
4.1.1 Afloramientos.....	50
4.1.2 Mineralogía y paragénesis.....	54
4.1.3 Texturas.....	54
4.1.4 Petrografía y Alteraciones hidrotermales.....	57
4.1.5 Geoquímica	59
4.1.6 Zonamiento.....	61
4.1.7 Controles de mineralización.....	63
4.3 Otras Vetas Importantes.....	63
Sector Intracaldera:	
4.3.1 Veta Salpito.....	63
4.3.2 Veta Jesucito.....	63
4.3.3 Veta Serpentina-Achupalla.....	64
Sector Borde de la Caldera:	
4.3.4 Veta Raquel.....	64
4.3.5 Veta Izamari- Johita.....	64
Cuadro de Vetas en el área de la mina Salpo.....	66

CAP. 5. DISCUSION DE RESULTADOS Y ELABORACION DEL MODELO GEOLOGICO PROSPECTIVO..... 67

5.1 Cuadro metalogenético regional.....	67
5.2 Modelo geológico-genético.....	69
5.3 Aplicación en la exploración.....	74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 75

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 76

ANEXOS80

Sección I: ESTUDIOS PETROGRAFICOS Y MINERAGRAFICOS.....	81
Sección II:GEOQUÍMICA-CORRELACION PEARSON.....	94
Sección III: ANÁLISIS POR PYMA.....	103
Sección IV: ESTUDIO ESTRUCTURAL.....	108

INDICE DE FIGURAS:

Figura N 01: Mapa de Ubicación.....	4
Figura N 02: Mapa de Acceso.....	6
Figura N 03: Columna Estratigráfica Regional.....	19
Figura N 04: Mapa Geológico Regional.....	20
Figura N 05: Imagen LandSat (Area Otuzco-Julcán).....	23
Figura N 06: Columna Estratigráfica Local.....	33
Figura N 07: Mapa Geológico Local.....	34
Figura N 08: Análisis y Modelo Estructural.....	36
Figura N 09: Sectores de la Veta Salpo.....	40
Figura N 10: Secuencia Paragénética Veta Salpo.....	41
Figura N 11: Alteración Hidrotermal Veta Salpo.....	44
Figura N 12: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Runatullo.....	46
Figura N 13: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Chuco.....	47
Figura N 14: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Portugal.....	47
Figura N 15: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Ushcos.....	48
Figura N 16: Zonamiento Veta Salpo.....	49
Figura N 17: Sectores de la Veta Milluachaqui.....	53
Figura N 18: Secuencia Paragénética Veta Milluachaqui.....	54
Figura N 19: Alteración Hidrotermal Veta Milluachaqui.....	57
Figura N 20: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Esperanza Alta.....	59
Figura N 21: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Esperanza Baja.....	60
Figura N 22: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Cortada.....	60
Figura N 23: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel La Guardia.....	61
Figura N 24: Zonamiento Veta Milluachaqui.....	62
Figura N 25: Mapa de Vetas de la Mina Salpo.....	65
Figura N 26: Mapa Metalogenético.....	68
Figura N 27: a) Mapa Isópaco: Formación Chicama-Oyón, b) Intrusión del Batolito Costanero (Cretacio Superior-Paleoceno).....	69
Figura N 28: Esquema de evolución Geológica de Salpo.....	69
Figura N 29: Modelo de Fases de Mineralización y Alteración en las Vetas Principales.....	72
Figura N 30: Modelo del Sistema Hidrotermal de Alteración.....	73

RESUMEN

El yacimiento de Salpo, localizado en Otuzco, La Libertad; emplazado dentro la franja volcánica del Grupo Calipuy; consiste de 3 Sectores de vetas: Sector de vetas intracaldera de rumbo NW: donde destacan la veta Salpo con mineralización polimetálica con oro y la veta Milluachaqui con mineralización de plata, Sector de vetas radiales a la Caldera, y Sector de Vetas Periféricas de rumbo NW y E-W; emplazadas en el borde de la Caldera Quinga y parte central y periférica de la Caldera Salpo.

Este yacimiento se encuentra dentro de un sector metalogénico de yacimientos epitermales de baja sulfuración y vetas Polimetálicas con (Ag-Au) de edad 16-7 millones de años y dentro del corredor estructural Huamachuco-Santa (Quiroz, 1997).

La veta Salpo de 5 Km. de largo con rumbo N50-60°W y alto buzamineto, es una veta de relleno dextral normal con lazos sigmoides y con mineralogía de cuarzo, metales base, oro, minerales de plata; con alteración propilítica sobreimpuesta alteración sericítica y sobreimpuesta alteración argílica; geoquímica con buena correlación Au-Ag-As-Hg con metales base y zonamiento de metales base (Ag Au-Galena esfalerita-Calcopirita) con sobeimpresion Au-Ag.

La veta Milluachaqui de 3 Km. de largo con rumbo N40-60°W y 60° SW de buzamiento, es una veta de relleno de falla normal dextral con ramales y con mineralogía de cuarzo, rodonita, oxidos de manganeso, minerales de plata y oro; con alteración propilítica sobreimpuesta alteración sericítica y sobreimpuesta alteración argílica; geoquímica con buena correlación Au-Ag con metales base y zonamiento de minerales de plata (Platas Rojas-Cobres Grises argentíferos-Galena argentífera-Metales Base) y una zona de enriquecimiento secundario de plata-cobre.

El modelo de evolución geológico genético del yacimiento de Salpo tiene todas las fases de evolución de una caldera hasta la etapa resurgente donde se emplaza la mineralización económica en dos fases de mineralización.

La aplicación a la exploración es la importancia estructural de la formación de vetas económicas con rumbo NW y E-W (formadas por tectónica Quechua I y II) ubicadas en la parte central y periférica de estructuras de calderas (Yacimientos de Salpo, Machacala y Urumalqui relacionados a la Caldera Quinga).

CAPITULO I : GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

La presente tesis se realizó a partir de un programa de exploración realizada por una Compañía Minera, donde se realizaron trabajos de cartografía, exploración y muestreo de nuevas estructuras, rehabilitación de antiguas labores, perforación diamantina. Teniendo en cuenta que el distrito de Salpo ha sido explotado desde la época de los españoles hasta 1984, es decir podría estar depletado, y actualmente se encuentra paralizada debido principalmente al financiamiento y a la falta de apoyo para efectuar labores de exploración y desarrollo de los yacimientos.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Se necesita mejorar la cartografía geológica y estructural para poder orientar la búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas.
- Se necesita contar con estudio más detallados de la mineralización de las vetas más importantes para establecer un control mineralógico que permita aplicarlo a nuevas estructuras mineralizadas en el área.
- Falta de un modelo geológico / genético que permita orientar la exploración de otros yacimientos similares.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar mapas geológicos y estructurales.
- Ubicación de nuevas estructuras mineralizadas.
- Determinar los controles de mineralización, mineralogía y paragénesis.
- Plantear un cuadro metalogenético regional.
- Plantear un modelo geológico-genético.
- Aplicación a la exploración.
- Presentación de resultados y discusión para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo.

1.4 METODOLOGIA DE TRABAJO

GABINETE

Primera etapa donde se recolectaron estudios anteriores del área de Salpo y yacimientos cercanos, planos de ubicación, planos geológicos regionales (INGEMMET). Se obtuvieron planos topográficos (1:5000) de fotorestitución, en donde se realizaron los trabajos de cartografía. Se obtuvo una imagen Satelital LandSat del área de Otuzco-Julcán, donde se interpretaron la geología regional, estructural y anomalías de color (arcillas y óxidos). Se preparó la logística para salir al campo.

CAMPO

Reconocimiento geológico del área. Se realizó el cartografiado (1:5000): geológico, estructural, vetas y alteraciones. Se realizó un muestreo de vetas y estructuras (no disponible). Se recolectaron muestras para estudios petrográficos y minerográficos.

GABINETE

Se realizó el mapa geológico local. Se realizó el estudio petrográfico y minerográfico, donde se obtuvo la secuencia Paragénética y de Alteraciones Hidrotermales. Se efectuó la identificación de arcillas con PYMA, para un mejor control de las alteraciones. Preparación del informe final y presentación de resultados.

1.5 UBICACIÓN DEL YACIMIENTO

El yacimiento de Salpo se encuentra ubicado en el Departamento de La Libertad en el flanco oeste de la Cordillera Occidental, en la Provincia de Otuzco, Distrito de Salpo; al este de Trujillo (Figura No 01).

Ocupa el espacio geográfico de la margen izquierda del río Moche, siendo el río Chanchacap (afluente del río Moche) el límite norte del área.

Otras localidades cercanas al área de Salpo son: el Distrito de Carabamba al sur; la capital de Provincia de Otuzco al norte; el Distrito de Agallpampa y la capital de Provincia de Julcán al este (Figura No 01). Más al este de Julcán se encuentra Santiago de Chuco, Quiruvilca, Angasmarca y Huamachuco (Figura No 01).

Las minas más cercanas a Salpo son: Machacala al sur y al este Quiruvilca, Comarsa y Alto Chicama.

Coordenadas Geográficas:	78°36´ 08°00´	Longitud Oeste Latitud Sur
--------------------------	------------------	-------------------------------

Coordenadas UTM del área:	762000 E – 770000 E 9112000 N - 9118000 N
---------------------------	--

La altitud varía entre los 3000 y 3800 msnm.

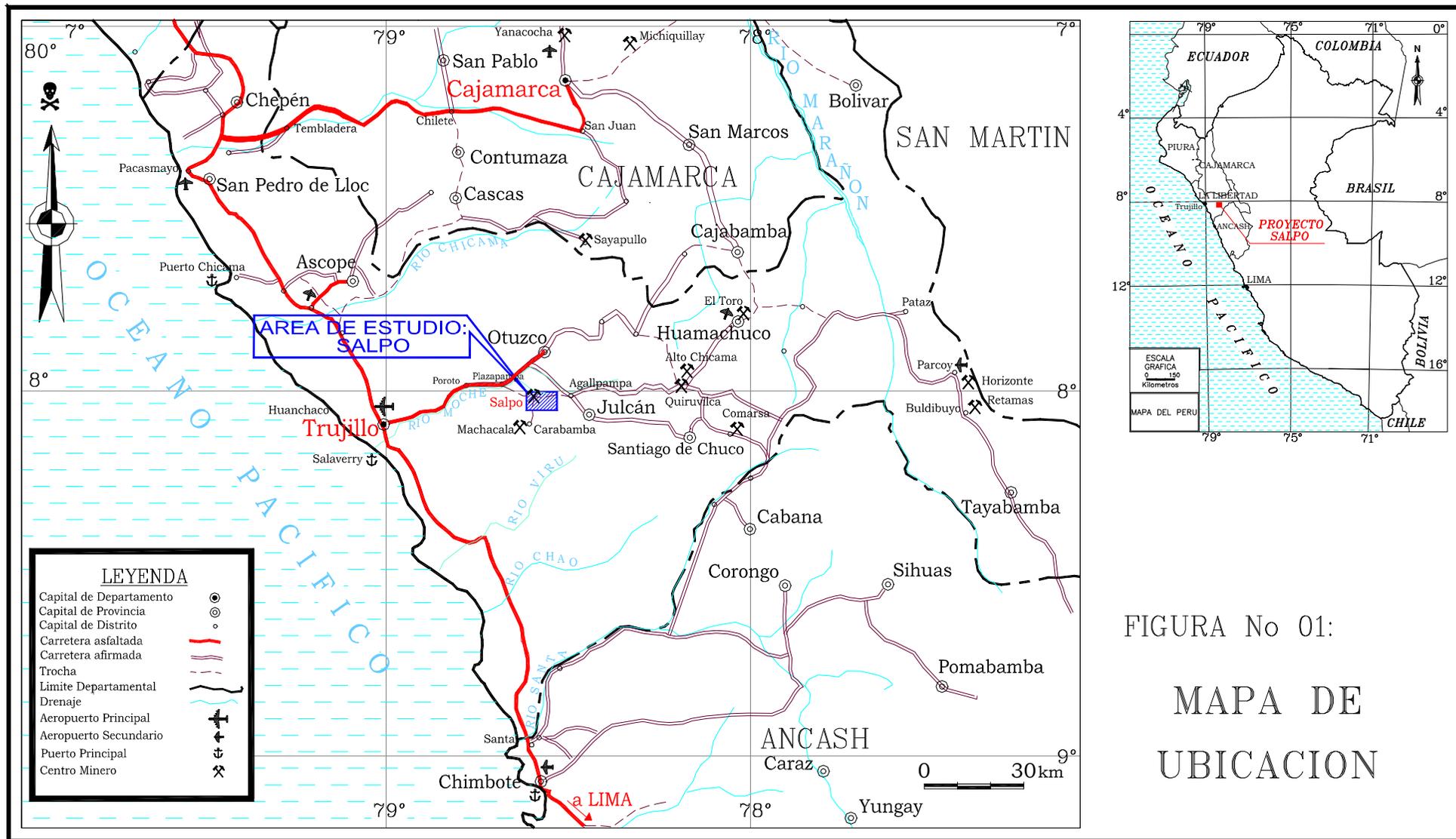


Figura No 01: MAPA DE UBICACIÓN: Salpo se encuentra ubicado al este de Trujillo, Departamento de La Libertad, cerca de Agallpampa, Julcán y Otuzco. Más al este se encuentran las minas de Quiruvilca, Alto Chicama y Comarsa.

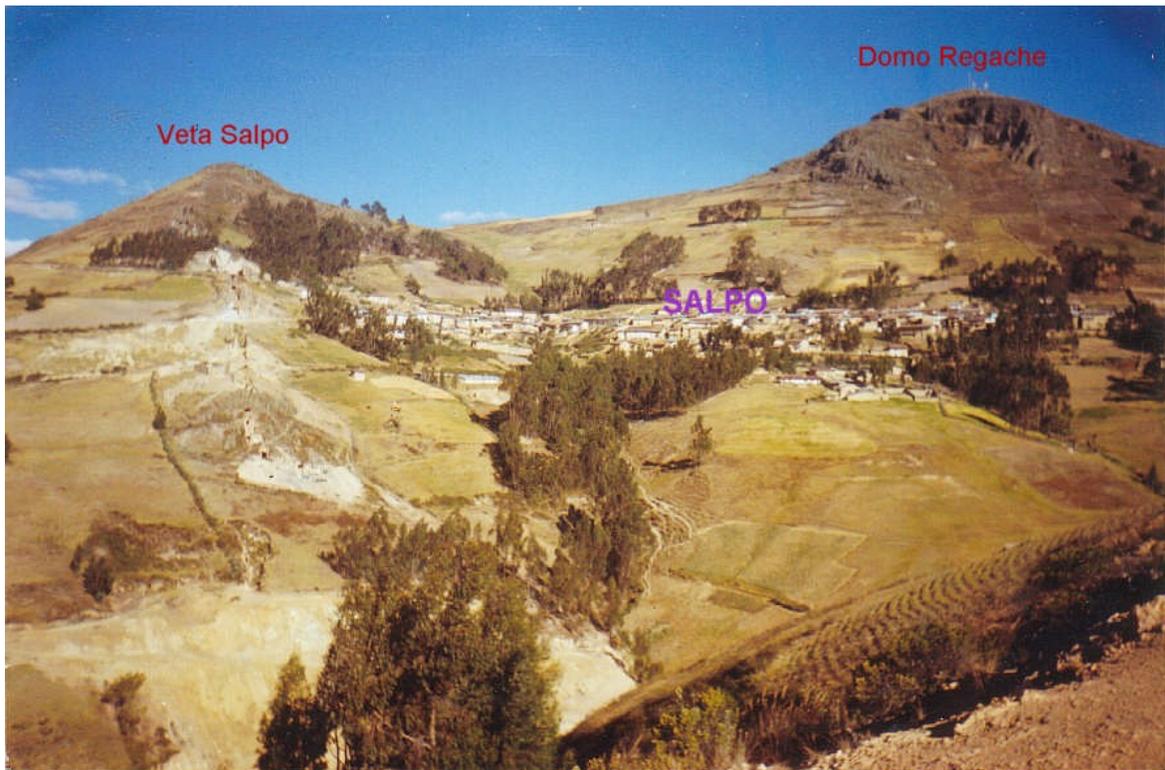


Foto 1: Vista de Salpo al sur, Cerro Regache formado por un domo dacítico, y la veta Salpo Sector Runatullo, notese la intensa explotación y la alteración argílica a ambos lados de la veta.

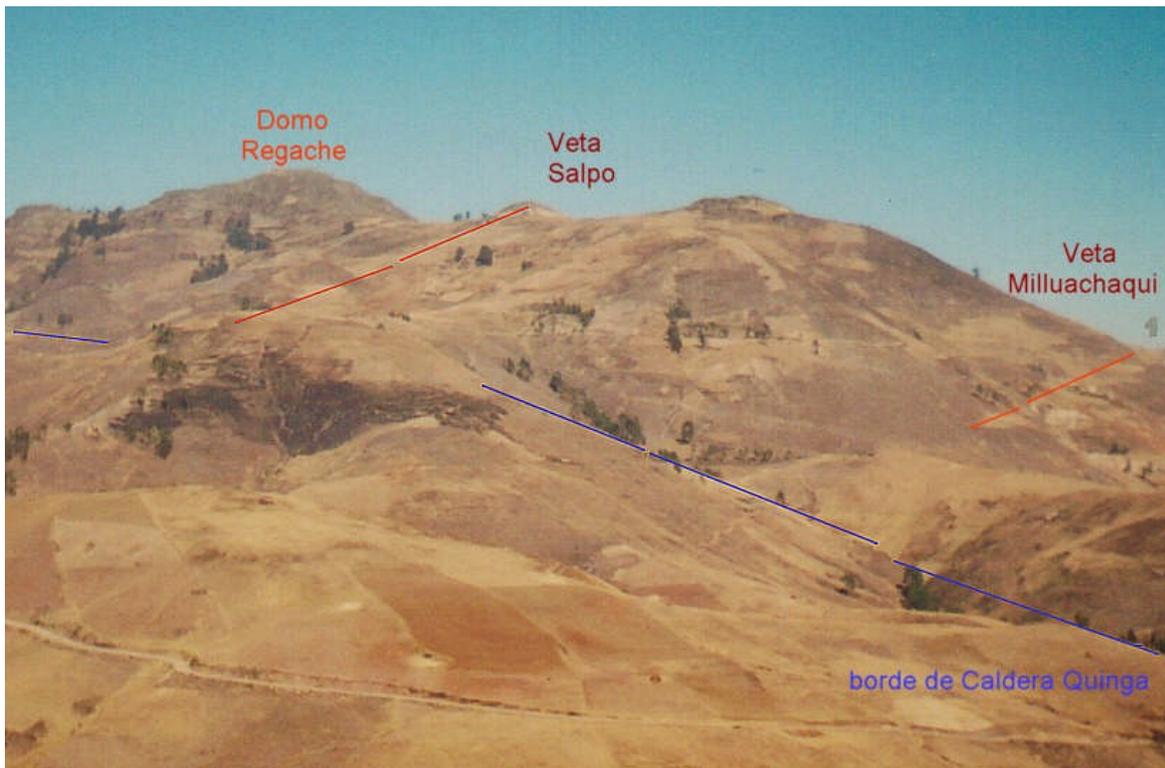


Foto 2: Vista de las Vetas Salpo y Milluachaqui al oeste. Nótese el cambio de relieve a los lados de la caldera Quinga.

1.6 ACCESIBILIDAD

El acceso a Salpo se realiza siguiendo la carretera Trujillo-Otuzco hasta el desvío en el caserío de Plazapampa, luego se continua por una trocha hasta llegar a Salpo. Se puede llegar también siguiendo la carretera afirmada hasta Agallpampa y tomando un desvío (trocha) al oeste hacia Salpo.



Figura No 02: Mapa de Acceso: De la carretera asfaltada Trujillo-Otuzco se llega a un desvío en el caserío de Plazapampa (50 Km.) donde se encuentra el desvío (trocha carrosable) hacia Salpo (21 Km.).

El acceso a partir de Lima se hace siguiendo el siguiente itinerario (Figura No 02):

RUTA	DISTANCIA	VIA	TIEMPO
Lima-Trujillo	550 Km.	Asfaltada	8 horas
Trujillo- Plazapampa	35 Km.	Asfaltada	40 minutos
Plazapampa-Salpo	21 Km.	Trocha	1 Hora

Siguiendo el itinerario hacia Trujillo-Cruce a Otuzco-Agallpampa-Salpo se demora 3 horas en llegar.

1.7 HISTORIA Y TRABAJOS ANTERIORES

Dos etapas de explotación (Petersen, 1999a):

- 1.- Colonial: explotación de minerales de la zona de óxidos (cerargirita y plata nativa)
- 2.- Moderna: explotación de sulfuros y sulfosales:
 - 1922 – 1940: Northern Peru Mining and Smelting (vetas argentíferas)
 - 1947 – 1954: CIA. Minera Runatullo (explotación de las veta Salpo)
 - 1976 – 1984: CIA. Minera Salpo (explotación de las vetas Milluachaqui y Salpo nivel Runatullo).
- 1967: el INGEMMET realiza la geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa; elaborado por Cosio, A. y Jaén, H.

- 1978: La mina Salpo fue estudiada por Balarezo y Stephan (1978) como parte del programa de asistencia a la Minería del INGEMIN y de la misión de Cooperación Minera Peruano – Alemana; donde se tiene planos de las labores principales, en sección y planta, y un estudio preliminar de la mineralización y paragénesis.
- 1989: el INGEMMET con Paz, M. y Galloso, A. realizan un reconocimiento Geológico-Minero del área sur de Salpo.
- 1994: TVX Minera del Perú realizó una evaluación Geológico-Minera preliminar del distrito minero Ag-Au de Salpo, elaborado por Calvo, G. y Guevara, N. Obteniendo leyes promedio desfavorables y reducido potencial para una minería de operación subterránea.
- 1995: Pan American Silver Perú S.A. examina Salpo tomando muestras en las vetas Milluachaqui y Salpo; con valores promedio desfavorables.
- 1996: SIMSA hizo un reconocimiento preliminar de Salpo, Machacala y Urumalqui, realizando estudios de imagen satelital Landsat determinando anomalías de color y estructuras, los trabajos de campo descartaron ocurrencias minerales de interés.
- 1998: Por ultimo Pan American Silver habilita labores subterráneas en las vetas Milluachaqui y Salpo, dio un informe expresando que no estaba interesado en el proyecto porque las leyes de Ag eran menores que las esperadas, porque existen serios problemas con la metalurgia y además también la propiedad estaba muy dividida.
- Actualmente, 2003 y 2004: esta siendo explotada informalmente utilizando métodos de cianuración para la recuperación de plata y oro.

La actividad minera se encuentra paralizada debido principalmente al financiamiento y a la falta de apoyo para efectuar labores de exploración y desarrollo de los yacimientos.

1.8 GEOGRAFIA

Sus principales características topográficas y climáticas son:

1.8.1 Relieve

En la configuración de la superficie se distinguen en general, una zona de perfiles abruptos y otra oriental que pertenece a la puna.

La zona abarca gran parte del flanco disectado de los Andes, de topografía escarpada con valles profundos y encañonados que descienden con fuerte pendiente hacia la costa. El sector más oriental corresponde a la puna y se caracteriza por superficies más o menos onduladas, de 3,500 a 4,000 m. de altitud, sobre las cuales se levantan algunas cadenas de cerros. Esta región ha sido afectada por erosión glaciar y fluvial que han dado origen a valles que en la actualidad se encuentran en proceso de encañonamiento (Cosio, 1967).

1.8.2 Clima

En el fondo de los valles del flanco andino el clima es templado y semiárido, mientras que en la puna es frío y sub-húmedo (Cosio, 1967).

A partir de los 1,000 m.s.n.m. se produce un incremento rápido de las precipitaciones pluviales, anotándose las máximas descargas arriba de los 2,000 m.s.n.m (Cosio, 1967).

El clima en el área de Salpo se clasifica como de húmedo y frío andino, por su altitud.

La temperatura promedio de la localidad de Salpo se estima en 10°C, siendo variado a lo largo del año, en los meses de Julio y Agosto, a pesar de ser una estación seca es la época mas fría del año, existiendo diferencia entre el sol y la sombra, haciendo descender las temperaturas cuando aparecen las nubes, como también las heladas en las madrugadas (Díaz, W. 2001); mientras que en Enero y Febrero que son los meses de lluvia, no tiene temperaturas tan bajas.

1.8.3 Flora y Agricultura

La principal actividad económica de la región es la agricultura, esta se desarrolla mayormente en los valles de Chicama, Santa Catalina y Virú. En los valles citados se cultiva principalmente caña de azúcar en tal magnitud y rendimiento que constituye el 55% de la producción nacional (Cosio, 1967).

En los valles subsidiarios, las áreas agrícolas se circunscriben a las angostas terrazas fluviales y los productos principales son, maíz, trigo, cebada, papas, yucas, leguminosas, cítricos y alfalfa (Cosio, 1967).

En las cabeceras de los numerosos tributario y en las planicies andinas, los cultivos son escasos y poco variados debido, en unos casos, al fuerte declive de los terrenos que no permite la formación de suelos profundos, y en otros a las condiciones climáticas existentes ya que el área corresponde a una transición hacia la región de la puna, en el área de Salpo los cultivos son mayormente papa, trigo, cebada. Mientras que existe una cobertura vegetal típica de la zona formada en un 40% por el Kikuyu (césped andino) (Díaz, W. 2001).

Las especies vegetales principales son: Tuna (*Opuntia* spp.), Salvia (*Salvia* sp.), Eucalipto (*Eucaliptus* spp.) (Díaz, W. 2001) Achupaya, y otras menores son las cactáceas y acacias.

1.8.4 Fauna y Ganadería

Las zonas ganaderas se encuentran en las serranías de La Libertad, especialmente en las cabeceras de los valles Chicama, Moche, Santa Catalina y Virú, donde se efectúa la crianza de ganado ovino, vacuno, equino, caprino y porcino (Cosio, 1967).

Mientras que las especies típicas del área de Salpo son: zorro andino (*Dusicyon culpaeus*), Cuy silvestre (*Cavia tschudii*), picaflor gigante (*Patagona gigas*), Gallinazo (*Coragyps atratus*), Paloma pequeña (*Leptotila verreauxi*), Tortolita (*Columbina cruziana*), Guarda caballos (*Crotophaga sulcirostris*), Carpintero (*Venilionis* sp.) (Díaz, W. 2001), zorro, venado y conejo silvestre.

1.8.5 Comercio e industria

La exportación de azúcar y el intercambio de productos entre las diferentes ciudades del Departamento de La Libertad, constituye el desenvolvimiento económico de la región (Cosio, 1967).

1.8.6 Hidrografía

Los ríos Virú, Moche y Chicama constituyen los principales cursos de drenaje de la región (Cosio, 1967).

Río Virú.- Este río se forma por la unión de los ríos Carabamba y Huacapongo que tienen sus nacientes en la puna dentro de los cuadrángulos de Salaverry y Santa Rosa. Su cuenca de drenaje tiene 1,961 km² (Cosio, 1967).

Río Moche- El río Moche se forma por la confluencia de los ríos Otuzco y Simbal, estos a su vez reciben numerosos tributarios, como el río Chanchacap (Norte de Salpo). La cuenca del río Moche tiene una extensión de 2,691 km² (Cosio, 1967).

Río Chicama- Se forma por la confluencia de los ríos Huancay y Pinchadai en el lugar denominado Chuquillanqui. La mayor longitud del Chicama se desarrolla dentro de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry. La cuenca del Chicama es de 5,086 km² (Cosio, 1967).

La precipitación anual en el área de Salpo es de 800 mm. Variando desde los 500 mm. en su nivel más bajo hasta unos 1000 mm. en su nivel más alto (Díaz, W. 2001).

1.8.7 Edafología

De acuerdo a la nomenclatura usada en el Mapa Agrológico del Perú del S.C.I.P.A. (Dr. Matthew Drowdoffee 1960), los suelos de la región estudiada se clasifican en:

A.- Suelos de la Costa:

1. Aluviales 2. Lithosol desértico 3. Regosol desértico.

B.- Suelos de la Sierra:

1. Lithosoles de las pendientes áridas occidentales de los Andes

2. Asociación valles andinos

3. Asociación Puna.

Los suelos aluviales se encuentran en los valles del área formando las terrazas aluviales y los abanicos de deyección. Físicamente son suelos de textura ligera a media, profundos o superficiales. Son suelos aptos para una gran variedad de cultivos propios de la zona (Cosio, 1967).

Los suelos coluviales se hallan formados por materiales gruesos (gravas) mezclados con limo y arcilla que han sufrido poco transporte, se localizan hacia la base de los cerros o en las pampas adyacentes (Cosio, 1967).

Según el sistema de clasificación de suelos elaborado por el INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales); le corresponde al distrito Minero de Salpo la asociación de suelos lithosoles andino dístico, y como subdominantes a los suelos andosol, y como inclusiones los lithosoles andinos eutricos, cambisoles y kastanozems (Díaz, W. 2001).

1.9 ARQUEOLOGIA

Según algunos historiadores en el Distrito de Salpo los restos arqueológicos que existen corresponderían a la cultura Chalpu, los cuales son: Las ruinas de cerro Hundor, cerca del caserío de Purrupampa; Alto Cogón, cerca de Cogón, es la ruina principal; Ruinas cerro la Cruz, al pie del caserío Regache; Ruinas Cuidista, con viviendas de piedra; Ruinas de Regache, antigua construcción de piedra; Ruinas de Shulgón; cerca de los caseríos de Shulgón (Díaz, W. 2001).

CAPITULO II : GEOLOGIA REGIONAL

2.1 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Regionalmente la zona estudiada se encuentra en la costa y sierra de los Departamentos de La Libertad. De Oeste a Este se distinguen tres unidades geomorfológicas (Cosio, 1967):

- a) Pampas costaneras
- b) Flanco disectado de los Andes
- c) Puna

2.1.1 Pampas costaneras

Se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m., y presenta notables ensanchamientos en las porciones correspondientes a los valles. Este por las cadenas de cerros bajos de los primeros contrafuertes andinos. Tiene una superficie más o menos llana, en la que destacan algunos cerros y colinas redondeadas. Las pampas costaneras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena (Cosio, 1967).

2.1.2 Flanco disectado de los Andes

Esta unidad se extiende entre las pampas costaneras y el borde altiplano, con altitudes que varían de 200 a 3,500 m. Está esculpida en rocas volcánicas y sedimentarias cuyas edades van desde el Jurásico superior hasta el Terciario inferior, y en rocas intrusivas del batolito andino. Se caracteriza por su fuerte pendiente y por estar intensamente disectada por numerosos valles profundos que corren generalmente de Noreste a Sudoeste. Todos los valles son jóvenes con sección transversal en "V", pisos estrechos y fuerte gradiente; sólo en sus tramos inferiores, correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus cauces tienen gradientes moderados (Cosio, 1967).

Se observa en la zona norte y oeste del área de Salpo donde se caracteriza por la fuerte gradiente con un relieve accidentado y pronunciado, causada por la disección del sistema hidrológico del río Moche, río Chanchacap y río Huaylas., originando pendientes de 50% a más de 70%, es decir pertenece a la formación de montaña de fuerte pendiente y topografía abrupta.

2.1.2 Puna

Se desarrolla en las zonas orientales de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry, aproximadamente desde los 3,500 m. de altitud. Se caracteriza por su topografía suave, más o menos ondulada, donde existen algunas elevaciones y cadenas de cerros con formas típicas de modelado glaciario. Dentro de esta unidad se aprecian profundos cañones esculpidos por los principales ríos de la región (Cosio, 1967).

Se le considera a esta superficie como equivalente a la superficie Puna de Mc Laughlín (1925).

2.2 ESTRATIGRAFIA REGIONAL

Generalidades

La columna estratigráfica regional en los cuadrángulos comprende una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas que en edad van desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente.

JURASICO SUPERIOR

2.2.2 Formación Chicama

Bajo esta denominación, asignada por Stappenbeck (1929), se describe una gruesa serie sedimentaria compuesta principalmente de lutitas pizarrosas, lutitas arenosas y ocasionales horizontes de areniscas, que tienen una amplia distribución en los cuadrángulos de Otuzco y Chocope.

La formación Chicama está representada por gruesos paquetes de lutitas de color negro, gris negruzco, gris verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas y fosilíferas; ocasionalmente son nodulares y fisibles, presentando en algunos lugares marcada laminación. Las lutitas se hallan intercaladas con lechos delgados de cuarcita gris blanquecina, arenisca friable de colores pardo y marrón, de grano grueso a medio subredondeado, y escasos bancos de tufos de naturaleza intermedia hasta de 15 m de grosor. El conjunto se presenta cortado por diques y sills de andesita y diabasa, así como por pequeños cuerpos de granodiorita y diorita a biotita de grano fino (Cosio, 1967).

El espesor estimado para la formación Chicama es mayor de 500 m (Cosio, 1967).

En el área de Salpo se le encuentra a la Formación Chicama en la zona central norte del área, como limoargillitas de capas medianas a gruesas con laminaciones, infrayace en discordancia angular al Grupo Calipuy.

Relaciones estratigráficas.- En el área de Otuzco la formación Chicama (Titoniano) infrayace concordantemente a las areniscas Chimú (Valanginiano inferior) (Cosio, 1967) .

Suprayacente con discordancia angular se encuentran los volcánicos andesíticos de la formación Casma en la hoja de Salaverry (Cosio, 1967).

Edad y correlación.- La fauna fosilífera esta constituida en su totalidad por ammonites (Stappenbeck 1929) indica una edad Titoniana.

La formación Chicama tiene una amplia distribución en el área estudiada, y con las mismas características se extiende en los cuadrángulos vecinos de Chepén y Cajamarca por el Norte y a Cajabamba y Santiago de Chuco por el Este (Cosio, 1967). Se le correlaciona con la parte inferior del grupo Yura del área de Arequipa (Jenks, 1948) y con la formación Sarayaquillo del Oriente peruano (Kummel, 1949). Sus horizontes superiores son equivalentes a la parte basal de la formación Puente Piedra de los alrededores de Lima (Rivera, 1951), y a la formación Oyón de los Andes Centrales (Cosio, 1967).

CRETACEO INFERIOR

GRUPO GOYLLARISQUISGA: **FORMACION CHIMU**
 FORMACION SANTA
 FORMACION CARHUAZ
 FORMACION FARRAT

NEOCOMANO - APTIANO

2.2.3 Formación Chimú

La formación Chimú representa los horizontes inferiores del Cretáceo, se expone principalmente en el sector nororiental del cuadrángulo de Otuzco, donde se ubica la localidad típica (Baños Chimú). Originalmente fue descrita por Stappenbeck en la región del Alto Chicama bajo la denominación de "Cuarcitas del Wealdiano", posteriormente Benavides (1956) le dio categoría de formación.

Las cuarcitas Chimú aflora en diferentes lugares de la hoja de Otuzco, formando el núcleo de grandes anticlinales y los flancos de los sinclinales (Cosio, 1967).

Regionalmente la formación Chimú está constituida por paquetes generalmente gruesos de areniscas y cuarcitas blancas, grises hasta pardas, de grano fino a grueso y formas subredondeadas, con intercalaciones de lutitas pizarrosas de estratificación delgada y colores generalmente oscuros. En algunas áreas se aprecia un miembro medio lutáceo; lechos cuarcíticos con estratificación cruzada (Cosio, 1967).

La formación Chimú es de gran interés económico por cuanto en sus niveles arenosos se presentan intercalaciones de carbón de tipo antracítico y como metalotecto para yacimientos de Au Epitermal de alta sulfuración en brechas (Comarsa y Alto Chicama) y Pórfidos Cu-Mo-Au (La Arena).

El grosor de la formación en los afloramientos del área tiene 1500 m., mientras que al sudoeste tiene cerca de 600 m., en la localidad de Baños Chimú tiene 580 m (Cosio, 1967).

Relaciones Estratigráficas.- En sus diversos afloramientos las cuarcitas del Chimú muestran un contacto inferior concordante con la Formación Chicama, en tanto que en la parte superior es aparentemente concordante a la formación Santa.

Edad y correlacion.- De acuerdo a sus relaciones estratigráficas la formación Chimú es de Edad Valanginiano inferior a medio. Las Capas del Chimú tiene restos fósiles de: Weischelia peruviana, Thuites leptocladoides y Otozamites peruvianus (Cosio, 1967).

Se correlaciona con las cuarcitas de la Formación Hualhuani (Grupo Yura) en la región de Arequipa (Jenks, 1948).

2.2.4 Formación Santa

Descrita en el callejón de Huaylas como una secuencia marina compuesta de calizas oscuras, en parte dolomíticas, con algunas intercalaciones de lutitas negras.

En los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry se le ha estudiado como una serie lutácea, por su escaso espesor (Cosio, 1967).

Se compone de una serie interestratificada de lutitas negras a gris oscuras y calizas arcillosas negras, que pasan hacia la parte superior a lutitas oscuras con intercalaciones de limolitas y ocasionalmente capas de caliza, todo con un espesor promedio de 100 m (Cosio, 1967).

Relaciones Estratigráficas: Se presenta sobreyaciendo y concordante a la formación Chimú. Su contacto superior es concordante con la Formación Carhuaz.

Edad y correlación: Se le ha denominado como de edad Valanginiano superior (Benavides 1956) en su localidad típica.

2.2.5 Formación Carhuaz

Consiste de una gruesa secuencia lutácea que sobreyace a la Formación Santa. Su localidad tipo es en la ciudad de Carhuaz y fue estudiada inicialmente por Benavides (1955).

Aflora en la parte nororiental y central, en una faja ancha de rumbo E-W, del cuadrángulo de Otuzco (Cosio, 1967).

La formación Carhuaz está constituida por una gruesa secuencia de lutitas arenosas pardo rojizas, estratificadas en lechos delgados; contienen intercalaciones de limonitas marrón rojizo en capas gruesas y medianas, y lechos de cuarcitas pardo grisáceas con tonos rojizos; los niveles inferiores se presentan ocasionales capas delgadas de calizas negras de grano fino, los espesores son de 500 metros (Cosio, 1967).

La formación Carhuaz es un metalotecto como roca encajonante de yacimientos de Au epitermal de alta sulfuración en brechas (Shahuindo) y vetas Ag-Au-Cu (Sayapuyo e Igor)

Relaciones estratigráficas: Se encuentra sobreyaciendo a la Formación Santa, e infrayace a la Formación Farrat; su límite formacional queda marcado por un rápido cambio litológico en reducida distancia vertical (Cosio, 1967).

Edad y correlación: La edad de la Formación Carhuaz está comprendida en el intervalo Valanginiano superior – Aptiano (Cosio, 1967).

2.2.6 Formación Farrat

Su localidad tipo es la hacienda Farrat, ubicada en la margen izquierda del río San Jorge, en el ángulo noreste del cuadrángulo de Otuzco (Cosio, 1967).

Consiste principalmente de cuarcitas blancas y grises de grano grueso y mediano, estratificadas en bancos gruesos, algunos de ellos con estratificación cruzada, con intercalaciones de lechos de areniscas cuarzosas de color gris y grano medio; lutitas negras y gris oscuras, algunas veces micáceas, con restos de plantas, limolitas gris parduscas estratificados en capas medianas; ocasionalmente existen lechos delgados de arenisca blanca conglomerádica y conglomerados con rodados subredondeados de cuarcitas; los espesores son de 242 a 245 metros (Cosio, 1967).

Relaciones estratigráficas: Tiene un contacto inferior transicional con la formación Carhuaz; y un contacto superior, con discordancia paralela, con las rocas calcáreas de la formación Inca.

Edad y correlación: Esta formación es de edad Aptiana (posiblemente Aptiana superior)

ALBIANO – CENOMANIANO

2.2.7 Formación Inca

Su localidad tipo es los baños del Inca, 7 km. de la carretera Cajamarca – Celendín (Benavides, 1956).

Afloran en la esquina nororiental del cuadrángulo de Otuzco, constituyendo los flancos de dos sinclinales (Cosio, 1967).

Consisten de lutitas calcáreas de color gris claro conteniendo fósiles mal conservados; calizas gris oscuras en bancos delgados y calizas arenosas de tono pardusco. Tiene un espesor de mas o menos 100 metros (Cosio, 1967).

Relaciones Estratigráficas: Sobreyace en discordancia paralela a la Formación Farrat, mientras que tiene un contacto superior gradual con la Formación Chulec.

Edad y correlación: Esta formación es de edad Albiana inferior (Cosio, 1967), es equivalente a la Formación Pariahuanca de los andes Centrales (Benavides, 1956).

2.2.8 Formación Chulec

Esta formación aflora en la esquina noreste del cuadrángulo de Otuzco. Litológicamente consiste de calizas grises, calizas arenosas y lutitas calcáreas nodulares, de color gris oscuro. Tiene un espesor estimado de 250 metros (Cosio, 1967) .

De acuerdo a los fósiles se indica que esta formación tuvo lugar en un ambiente nerítico (Wilson, 1963).

Relaciones estratigráficas: Yace concordantemente a la Formación Inca, e infrayace concordante también a la formación Pariatambo (Cosio, 1967).

Edad y correlación: Se ubica en la parte inferior del Albiano medio, y se correlaciona con la Formación Crisnejas que aflora hacia el Este (Cosio, 1967).

2.2.9 Formación Pariatambo

Aflora también en la esquina noreste del cuadrángulo de Otuzco. Litológicamente consiste de calizas y margas de color gris oscuro, algunas veces nodulares, con intercalaciones de lutitas negras, estratificadas en capas delgadas y medianas. Su grosor estimado esta entre 150 y 200 metros. Sus características litológicas y fosilíferas indican que se han depositado en un ambiente marino de profundidad (Cosio, 1967).

Relaciones estratigráficas: Sobreyace concordantemente a la Formación Chulec, y no se observa un contacto superior (Cosio, 1967).

Edad y correlación: Esta formación corresponde a la parte superior del Albiano medio (Benavides, 1956). Se correlaciona, hacia el este, con la parte superior de la Formación Crisnejas.

CRETACEO SUPERIOR

2.2.10 Grupo Casma

Descrito por Trottereau (1963) en los cuadrángulos de Casma y Chimbote como una secuencia mixta volcánico (subacuático) – sedimentaria.

Aflora al oeste del Batolito Costanero como una secuencia de piroclásticos, derrames andesíticos y riolíticos que alcanzan un espesor de 1600 metros en el valle de Virú (Cossio, 1967).

Entre los valles de Virú y Santa, tiene una longitud de 60 km y su ancho máximo es de 25 km; este afloramiento consiste de metavolcánicos oscuros de naturaleza andesítica y dacítica, cortados por numerosos diques de microdiorita, andesita y algunos de aplita (Cossio, 1967).

Relaciones estratigráficas: Suprayace discordantemente a la Formación Chicama (Jurásico Superior), mientras que su techo se encuentra descubierto (Cossio, 1967).

Edad y correlación: El Grupo Casma es de edad Albiana superior hasta el Cenomaniano Inferior; se correlaciona con las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha de la región andina (Cossio, 1967).

TERCIARIO INFERIOR

EOCENO - MIOCENO

2.2.12 Grupo Calipuy

Descrito por Cossio (1964) como el volcanismo que representa al magmatismo efusivo que siguió al emplazamiento del Batolito Costanero, originalmente fue considerada como una formación y luego elevado a la categoría de Grupo por Wilson, J.

Su localidad típica es la Hacienda Calipuy, sierra de la Libertad, y se extiende hacia el sur hasta el NE de Lima y al norte hasta Lambayeque, Piura y Cajamarca.

El afloramiento de estos volcánicos cubre una extensa parte de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry.

En el cuadrángulo de Otuzco esta compuesto, litológicamente, en su parte inferior por derrames andesíticos y dacíticos muy alterados, de colores gris y rojizo, textura porfirítica, estratificados en bancos gruesos y medianos; se intercalan con lutitas arenosas, y lechos de aglomerados marrón violáceos. La parte superior consiste de derrames dacíticos de textura porfirítica, aglomerados de naturaleza dacítica, latítica, cuarzolítica y tobas riolíticas y dacíticas blanco amarillento; todos ellos estratificados en bancos gruesos que muestran cierta lenticularidad; tiene un grosor mayor de 1450 metros (Cossio, 1967).

En el área de Salpo se aprecia al Grupo Calipuy sobreyaciendo a la Formación Chicama y al Batolito costanero.

Relaciones estratigráficas: Sobreyace en discordancia angular a las formaciones plegadas y erosionadas del Jurásico Superior y Cretáceo; infrayace a la Formación Huambos (Yacimiento de Yanancocha).

Edad y correlación: Su edad es post fase Inca (Eoceno) hasta Mioceno Superior; (Stewart , 1974) data al Grupo Calipuy no más de 33 millones de años hasta los 10 millones de años.

Se correlaciona con los Volcánicos Tembladera, Chilete y San Pablo, en el área de Cajamarca; mientras que en el Cuadrángulo de Chongoyape se divide en Volcánicos Llama (edad por K/Ar de 16 millones de años (Turner, 1997)) y Volcánicos Porculla (edad por K/Ar de 12 millones de años (Turner, 1997)) edades datadas en la Mina Yanacocha; en Piura la parte inferior se denomina Volcánicos Huancabamba.

PLIOCENO

2.2.13 Formaciones Pliocénicas

Afloramientos discontinuos de ignimbritas y tufos de composición ácida, generalmente dacítica; el espesor es variable, pero no excede los 200 m, el promedio es de 20 a 40 m. Son muy parecidas a las ignimbritas encontradas en el flanco occidental de los Andes del sur del Perú.

Relaciones estratigráficas: Sobreyace en discordancia erosional al Grupo Calipuy, mientras que su techo se encuentra expuesto y erosionado.

Edad y correlación: Su edad es post fase Quechua 2 (Mioceno Tardío) hasta el Plioceno. Se correlaciona con la Formación Huambos (Cajamarca), Formación Yungay, Formación Fortaleza y Formación Bosque de Piedras. Siendo datada la Formación Bosque de Piedras en una edad de 5.2 millones de años (Farrar y Noble, 1976).

2.2.14 Depósitos Cuaternarios

Esta formada por los antiguos conos de deyección de los ríos Chicama, Moche, Chao y Virú; en conjunto se trata de una llanura aluvial que esta surcada por los cauces de los ríos actuales; este material consiste de gravas, arenas y arcillas generalmente mal clasificadas; su grosor varia desde pocos metros hasta más de 200 metros (Cossio, 1967).

Los suelos coluviales se hallan formados por materiales gruesos (gravas) mezclados con limos y arcillas que han sufrido poco transporte, se localizan hacia la base de los cerros o en las pampas adyacentes (Cossio, 1967).

2.3 ROCAS INTRUSIVAS

2.3.1 Batolito de la Costa, Segmento Trujillo (Cobbing, 1981)

El Segmento Trujillo del Batolito Costanero aflora de Chimbote a Chiclayo con una longitud de 200 kilómetros de largo (Cobbing, 1981). Compuesto de grandes afloramientos de plutones y aislados stocks con dirección cordillerana (NW-SE) con extensiones variadas de 30 a 800 m².

El tipo de roca es de tonalita a tonalita-granodiorita, con plagioclasas euhedrales, con límites mirmekíticos de cuarzo-feldespato-K; clinopiroxeno y hornblendas zonadas con biotitas y opacos en rocas silíceas (Pitcher, 1985). Intruye a las Formaciones Cretácicas y Jurasicas. Infrayace discordantemente debajo del Grupo Calipuy.

El afloramiento de las rocas intrusivas en el área cubren el 60% del área correspondiente a los Cuadrángulos de Trujillo y Salaverry, mientras solo el 20% en los cuadrángulos de Chocope, Otuzco y Puemape (Cossio, 1967).



Foto 3: Vista de Pasto Bueno al N, se observan las Formaciones Chicama, Chimú y Carhuaz con sobreescurrentes, e intruidas por el Batolito de la Cordillera Blanca.



Foto 4: Vista del Batolito Costanero al N, afloramiento cercano a Salpo (al E).

Edad: La edad del Batolito se asigna del Cretáceo Superior al Terciario Inferior, fluctúa entre los 54 a 43 millones de años (Stewart, 1974).

2.3.2 Intrusiones Terciarias

Afloran como stocks aislados de composición Diorítica a Granodiorítica. Se observa que estos stocks cortan a las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy, en algunos casos se observa metamorfismo de bajo grado.

Se encuentra cortando secuencias sedimentarias Mesozoicas (Grupo Gollarisquiza) y secuencias volcánicas Terciarias (Grupo Calipuy).

La importancia de estos Stocks es que en contacto con rocas sedimentarias (cuarcitas) se han encontrado yacimientos Epitermales Au y Pórfidos Cu-Au (Comarsa, La Arena, Shahuindo).

Edad: Mediciones realizadas por (Stewart, 1974) al stock Terciario cerca del caserío de Purrapampa (Salpo) da una edad de 26 millones de años. Mientras que mediciones de rocas intrusivas similares en la mina Quiruvilca dan una edad de 20 millones de años (Sirvas y Hollister, 1979), los cuales serían comagmáticos con el Grupo Calipuy.

2.3.3 Batolito de la Cordillera Blanca

Aflora en la localidad de Conzuso (Pallasca-Ancash) hasta la localidad de Churín. Dividida en dos superunidades: Superunidad Cohup (más joven - parte norte) y Superunidad Carhuish (más antigua – parte sur) (Pitcher, 1985).

La Superunidad Cohup, emplazada en la parte norte, está compuesta por leucogranitos con abundante muscovita y acompañado de microgranitos con megacristales de feldepató-K (Pitcher, 1985).

Los granitoides de la Cordillera Blanca comprende una provincia metalogénica de mineralización polimetálica (Pb, Zn, Ag) como de Pórfidos de Cu-Mo, W (Pasto Bueno, Magistral, Compaccha).

Edad: La Superunidad Cohup (más joven, datado en 6 - 3 millones de años) y la Superunidad Carhuish (más antigua, datado de 11 - 9 millones de años) (Pitcher, 1985).

SISTEMA	SERIE	ROCAS INTRUSIVAS	ESTRATIGRAFIA	Espesor	Rocas Sedimentarias Volcánicas y Metamórficas	Yacimientos y Metalotectos
CUATERNARIO	Reciente		Depositos aluviales Depositos fluviales	0-140 m		
TERCIARIO	Plioceno	Batolito de la Cordillera Blanca	Formación Pliocénica	50-100 m	Ignimbritas de tufo de pómez y líticos	Pasto Bueno, Tamboras, Mundo Nuevo, La Victoria
	Mioceno		Superior Grupo Calipuy	> 1000 m	Tobas ácidas a intermedias intercalaciones de lavas	Veta Salpo, Quiruvilca Machacala, Urumsilqui Yanacocha, Tres Cruces
	Eoceno		Inferior		Lavas intermedias a ácidas intercalaciones de tobas	Veta Milluachaqui
	Paleoceno	Batolito de la Costa				
CRETACEO	Superior					
	Medio		Grupo Casma	Fm. Pariatambo 150-200 m Fm. Chulec 200-250 m	Lavas andesíticas y volcánicas Calizas, lutitas y areniscas calcáreas	
		Inferior		Grupo Gollayrisquizga	Fm. Farrat 500 m Fm. Carhuaz 500 m Fm. Santa 100-150 m Fm. Chimú 80-600 m	Cuarzitas arenosas blancas con intercalaciones de lutitas Cuarzitas arenosas rojizas y grises, areniscas y limolitas grises Calizas oscuras, limolitas Cuarzitas arenosas blancas, areniscas y limolitas
	JURASICO		Superior	Formación Chicama	800 - 1000 m	Lutitas friables, limoargilitas, pizarras y areniscas.

FIGURA No 03: COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL: se observa que los metalotectos más importantes son: Fm. Chimú y Fm. Carhuaz con yacimientos Epitermales y Porfidios; al Grupo Calipuy con yacimientos Epitermales; y el Batolito de la Cordillera Blanca con yacimientos de Tunsteno.

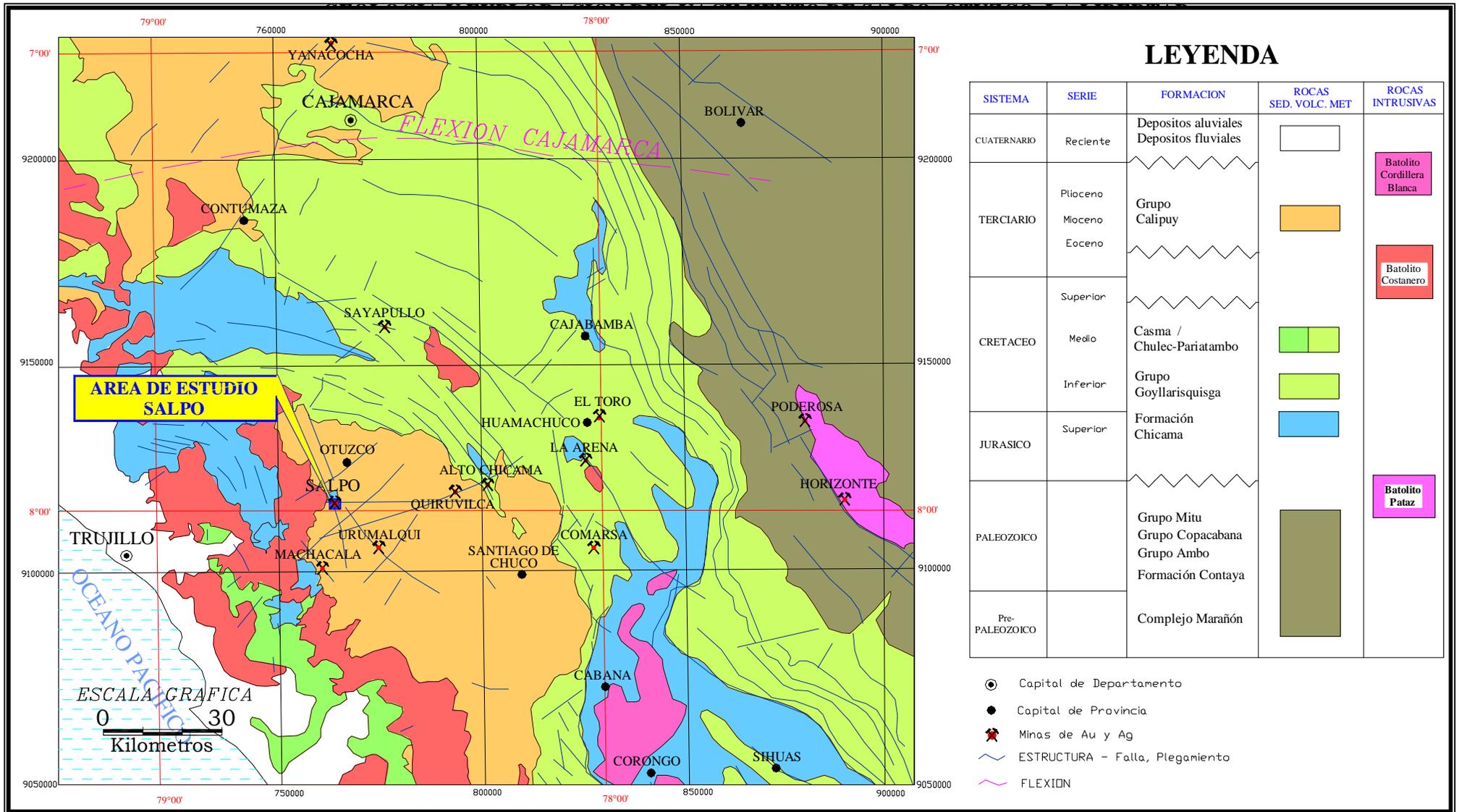


FIGURA No 04: MAPA GEOLÓGICO REGIONAL: Salpo, Machacala y Quiruvilca se encuentran en el Grupo Calipuy; al oeste se tiene el Batolito Costanero y el G. Casma; al este el Grupo Goyllarisquisga, F. Chulec, más al este Fm Paleozoicas y el Complejo Marañón. Se observan estructuras NO-SE (Andino), NE-SO (Trasandino) y E-W (ChimúAndes Trend) (Modificado de INGEMMET).

2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

Se describen separadamente las estructuras de acuerdo a los tipos de rocas.

2.4.1 Estructuras en rocas sedimentarias y volcánico-sedimentaria

En los afloramientos en la zona norte del cuadrángulo de Otuzco (Formaciones del Jurásico Superior y Cretáceo inferior), existen estructuras plegadas consistentes de una serie de anticlinales y sinclinales bien desarrollados y con numerosos pliegues secundarios, con pequeños cabalgamientos; estas estructuras son alargadas y tienen un rumbo promedio SE-NW y gradualmente se inflexionan hasta tomar una dirección Este-Oeste que es la que predomina en la región cercana a Otuzco. Estas anomalías se pudo haber originado según Cossio (1967) por:

- a) Proximidad al límite septentrional del límite de la cuenca titoniana (Formación Chicama) de los sedimentos mesozoicos en esta región (Reyes, 1974).
- b) Diferente comportamiento de las rocas que componen el substratum (Formaciones Mesozoicas).
- c) Posibles fallas de basamento, muy profundas de dirección E –W.

Las fallas normales tienen rumbo promedio NE, se presentan cortando a los pliegues y son en su mayoría dextrales.

2.4.2 Estructuras en rocas volcánicas

Las estructuras en el Grupo Calipuy consisten en anticlinales y sinclinales amplios, de flancos suaves, de 10° a 20°, originados con las orogenias Quechua (1, 2 y 3). Los principales sistemas de fracturamiento son: NW – SE (Andino), NE – SW (Trasandino) y E – W (Chimú Andes Trend).

2.4.3 Estructuras en las rocas intrusivas

Las rocas intrusivas presentan diversos sistemas de diaclasamiento; los principales sistemas son: NW – SE (Andino), NE – SW (Trasandino) y E – W (Chimú Andes Trend). El fallamiento de los plutones es principalmente de tipo normal (Cossio, 1967). Mientras que el Batolito de la Cordillera Blanca se encuentra controlado por fallas regionales de dirección andina y emplazadas generalmente al oeste del batolito.

2.4.4 Corredor Estructural Santa-Huamachuco

Es un cambio de orientación Andina de NNW a casi EW con una zona estructural transandina NNE, originadas por rotación de bloques como domino – en echelón (Tankard, 2002); este corredor estructural al igual que el corredor Chicama – Yanacocha posee alineamientos interpretados por imágenes satelitales (Quiroz, 1997). En este corredor se presentan fallas transversales al rumbo andino con eventos magmáticos alineados en la misma dirección y mineralización metálica.

Este corredor se puede aplicar a la zona de Salpo – Machacala – Quiruvilca – Alto Chicama - El Toro, alineándose con el río Moche (al igual que el río Chicama (Quiroz, 1997)) encontrándose en toda esta área alineaciones andinas (NW-SE), transandinas (NNE) y E-W (posible fallamiento de basamento cerca de Otuzco).

2.4.5 Estructuras Volcánicas

Encontradas generalmente en las rocas del Grupo Calipuy, las cuales están cortadas por numerosos domos, diatremas, diques e intrusiones poco profundas, como en los afloramientos del Grupo Calipuy en la mina Yanacocha (Turner, 1997).

En Salpo también se observan numerosos diques y domos que cortan al Grupo Calipuy.

2.4.6 Imagen Satelital LandSat (área de Otuzco)

En la imagen se observa tanto la topografía como anomalías de color (rojas-óxidos y blancas-arcillas); observándose que las anomalías de color blancas corresponden a los yacimientos Salpo, Machacala y Urumalqui (Figura No 05).

Se observan tres lineamientos principales: NW-SE (rumbo andino), NE-SW (rumbo trasandino) y E-W (Chimú Andes Trend). Además de numerosas formas y estructuras semicirculares de calderas y cráteres originados durante el vulcanismo del Grupo Calipuy.

Los yacimientos Salpo, Urumalqui y Machacala se ubican al borde de una estructura circular (Caldera resurgente Quinga), siendo las vetas principales relleno de fallas normales de dirección NW-SE (dirección andina); en la parte central de esta caldera se tiene un estratovolcán el C° Quinga.

En el área de Salpo se observa una estructura semicircular (Caldera resurgente Salpo) cuyo borde correspondería al río Chanchacap y ápice o centro al C° Regache (Domo Dacítico).

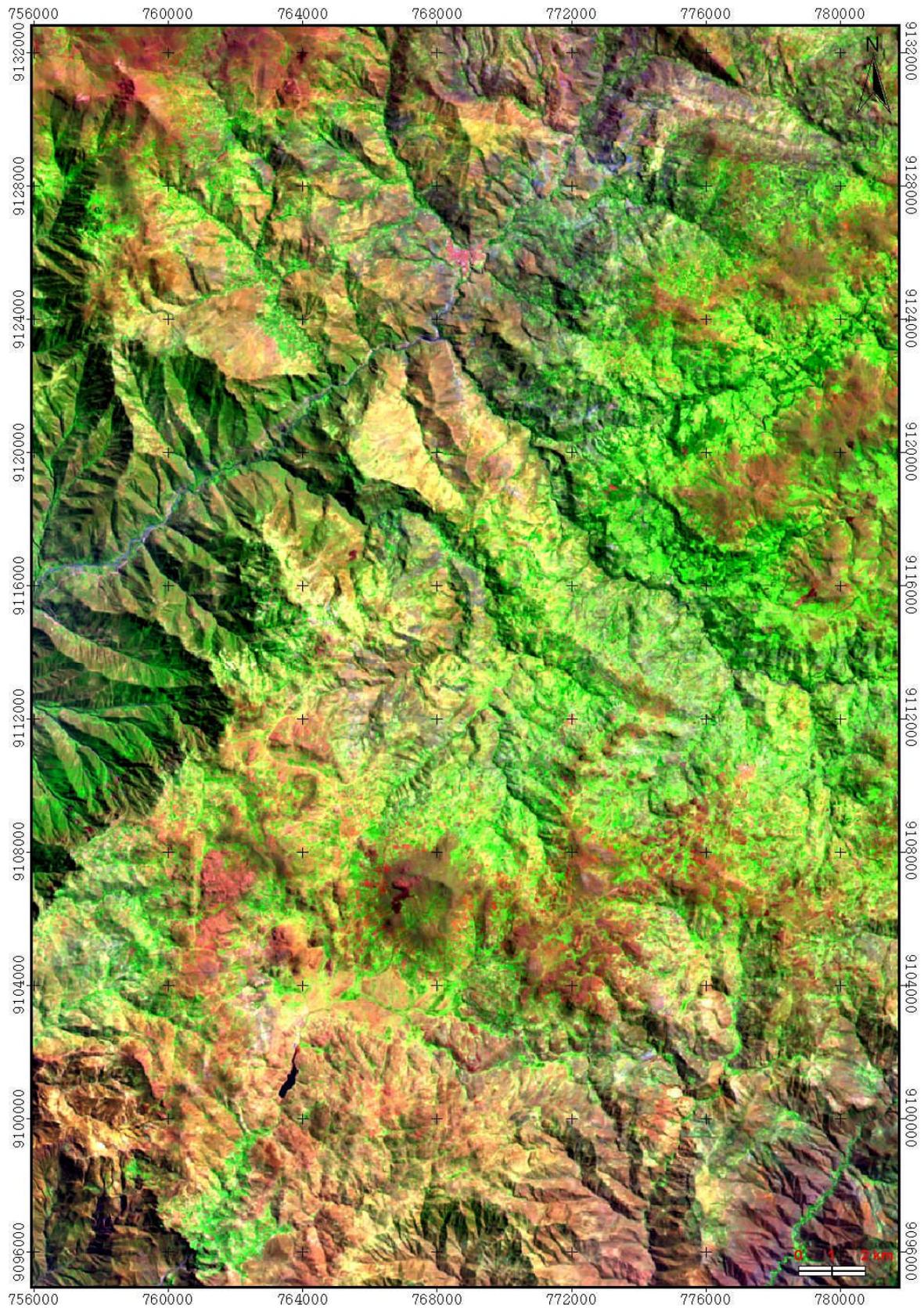


Figura No 05: Imagen LandSat (Area de Otuzco – Julcán): Se observa una caldera (Salpo-Machacala-Urumalqui) con un estrato volcán en la parte central (C° Quinga).

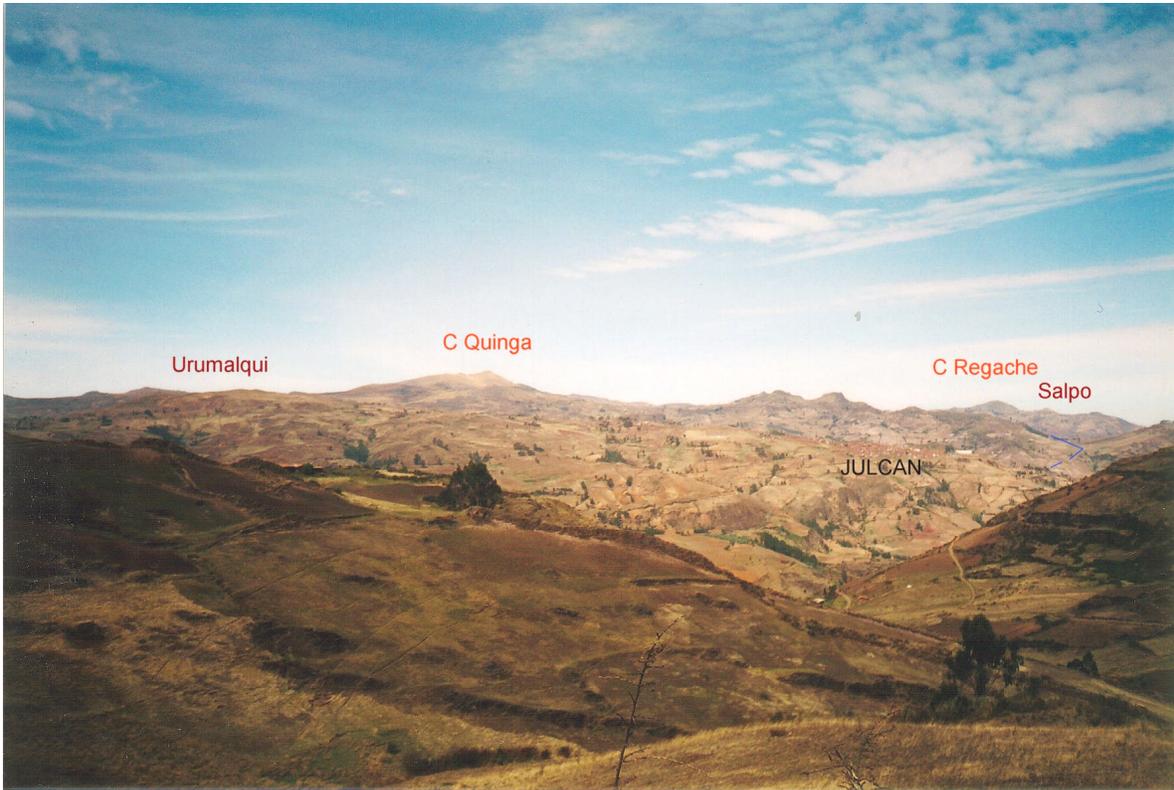


Foto 5: Vista de la Caldera Quinga al W, observese los yacimientos de Salpo y Urumalqui; y el cerro Quinga que es un estratovolcán, parte central de la Caldera.



Foto 6: Vista de la Caldera Salpo al W, nótese el bajo relieve de los volcánicos.

2.5 ALTERACIONES REGIONALES

En el mapa satelital LandSat, las anomalías de color (rojas-óxidos y blancas-arcillas) en la mayor parte de las rojas consisten de suelos con óxidos residuales (hematita-goetita) originados del intemperismo de las rocas lávicas andesíticas en su mayoría, también se observan en las rocas piroclásticas.

La alteración hipógena esta relacionada a áreas donde se ubican las vetas, donde se tiene una silicificación y argilización moderada de espesores, en las cajas, que no sobrepasan los 10 metros; en la imagen de satélite se observa las anomalías de arcillas (color blanco) en las vetas Salpo, Machacala y Urumalqui.

En el área cercana se observa una alteración propilítica de moderada a débil con ensambles de cloritas-epidota-carbonatos-pirita.

2.6 GEOLOGIA ECONOMICA

Cercanas al área de Salpo se tienen minas en producción como Quiruvilca, Comarsa, etc.

2.6.1 Mina Quiruvilca (Díaz, N. 1999)

Mina de Cu, Pb, Zn y Ag en la provincia de Santiago de Chuco, La Libertad. Son vetas emplazadas en el Grupo Calipuy (Flujos y brechas andesíticas), e Intrusivos (Stocks, diques y lacolitos andesíticos). Estructuralmente tiene fallas regionales dextrales y vetas que cortan la parte central de un estrato volcán; sus sistemas principales son N60-70°E y N85°E 85 SE. Su paragénesis es: Etapa I – Pirita, Etapa II – Metales Base, Etapa III – Sulfosales y Etapa IV – Carbonatos. Tiene un zoneamiento dentro de una estructura de caldera: vetas de enargita + pirita, seguida de una zona de transición: vetas de pirita + esfalerita + galena +- carbonatos, luego una zona de vetas de plomo-zinc: esfalerita + galena + carbonatos + estibina; por ultimo una zona: vetas de estibina abundante + esfalerita-galena (en menor proporción), cuarzo y carbonatos. Sus alteraciones son intensa sericitización, débil argilización y propilitización. Sus leyes en 1998 (producción) (Díaz, N. 1999): 49000 ton/mes @ Ag: 7 oz/tn; Zn: 4.66% y (en 1987) Cu: 2.85%; Pb: 1.97%.

2.6.2 Mina Sayapullo (Díaz, N. 1999)

Mina de Cu, Ag, Pb, Zn y Au al sur de Cajamarca. Son vetas emplazadas en la Formación Carhuaz (areniscas y limonitas) e Intrusivos de granodiorita. Las vetas son paralelas al eje del plegamiento de un sinclinal de rumbo NW-SE, echado al SW y dos anticlinales asociados. La mineralogía consiste de: Primaria: Cuarzo, pirita, molibdenita, arsenopirita, enargita, luzonita, Cobres Grises, esfalerita, galena, Sulfosales de Ag, argentita, estibina, calcita y rodocrosita. Secundaria: Calcosita, covelita, limonitas. Las alteraciones son: Silicificación y argilización. Las leyes (1951): Au 2.0 g/t; Ag 13 oz/t; Cu 2.1%; Zn 4.1%; Pb 1.5%. Datado en una edad de 14 millones de años (Toribio 2001).

2.6.3 Mina Machacala (Ylazaca, J. 1996)

Al suroeste de Carabamba (Figura No 04). Mina de Au, Ag, Cu, Pb y Zn. Son vetas del tipo relleno de falla abierta normal-dextral, con filones de cuarzo masivo, crustiforme, sacaroide y bandeado de colores de gris a blanco. Están emplazados próximos entre si, constituyendo un sistema NW-SE de longitudes de afloramiento que van de 0.5 a 3 km, sus potencias van de 1-3 metros, entrelazados por pequeñas vetas diagonales y formando lazos sigmoides. La roca encajonante son dacitas y andesitas porfiríticas (Grupo Calipuy). La mineralogía consiste de:

pirita – calcopirita – feibergita – galena y esfalerita con franjas de mena (clavos) irregulares de valores altos de Ag (Au).

2.6.4 Mina Urumalqui (Tumialán, 1982)

Al sur de Julcán (Figura No 04), veta de relleno de fallas sinestrales normales, de orientación N50W con alto buzamiento, y potencia de 1-5 metros; se encuentra emplazado en lavas y tobas andesíticas y dacíticas porfíricas (Grupo Calipuy). Aflora una longitud de 1.8 km con ramales de rumbo E-W, mientras hacia el SE la veta se divide en varios ramales (cola de caballo). La mineralización consiste de pirita-Cobres Grises, galena-esfalerita y valores atractivos de Ag (Au) y ganga de cuarzo y calcedonia.

2.6.5 Mina Alto Chicama (Araneda, 2003)

Al noreste de Quiruvilca. Cuerpo de Au epitermal de alta sulfuración (HS) en brechas sedimentarias de cuarcitas (Formación Chimú) en contacto con Volcánicos (Grupo Calipuy). Los ensambles de alteración hidrotermal son: cuarzo-alunita, cuarzo-diaspora-pirofillita, al igual que la mayoría de otros yacimientos de este tipo en el área (Comarsa, La Virgen). Recursos de 7.3 millones de onzas (6.2 millones en óxidos y 1.1 en sulfuros).

2.6.6 Mina Comarsa – Santa Rosa (Toribio, 2001)

Cerca de Angasmarca. Cuerpo de Au epitermal de alta sulfuración (HS) en brechas sedimentarias de cuarcitas (Formación Chimú) en contacto con un intrusivo Terciario con controles estructural (anticlinal), litológico y mineralógico (cuarzo-alunita). Los óxidos e hidróxidos de Fe, a partir de la pirita, conforman la zona de oxidación (Toribio, 2001).

2.6.7 Mina La Virgen (Díaz, N. 1999)

Al oeste de Huamachuco. Cuerpo de Au epitermal en brechas hidrotermales de cuarcitas (Formación Chimú) y Volcánicos (Grupo Calipuy). La mineralogía primaria: pirita, enargita, calcopirita y enriquecimiento de oro libre en brechas oxidadas con cuarzo y goetita. Recursos Minables en 1998 7.2 mTn @ 1.4 g/Tn Au, equivalente a 334000 onzas de oro.

2.6.8 Mina El Toro (Benavides, 1999)

Al este de Huamachuco. Cuerpo de Pórfido de Cu-Au, con vetas en la parte superior de alta ley de Au, explotado por minería subterránea. Datado en una edad de 18 millones de años (Toribio, 2001).



Foto 7: Vista de Quiruvilca al N, se observa las labores actuales y la cancha de relaves.(Foto tomada por el Ing. Jorge Merino).



Foto 8: Vista de Alto Chicama al NW (Foto tomada por el Ing. Jorge Merino).

CAPITULO 3: GEOLOGIA LOCAL

3.1 GEOMORFOLOGIA

La fisiografía de Salpo da forma a una configuración montañosa formada por laderas y colinas en el ámbito que comprende el área de la mina, presentando también en otras áreas laderas y colinas de relieve ondulado a semiaccidentado, además de cerros escarpados de relieve muy accidentado. (Díaz, W. 2001)

3.1.1 Flanco disectado de los Andes

Se observa en la zona norte y oeste del área de Salpo donde se caracteriza por la fuerte gradiente con un relieve accidentado y pronunciado, causada por la disección del sistema hidrológico del río Moche, río Chanchacap y río Huaylas., originando pendientes de 50% a más de 70%, es decir pertenece a la formación de montaña de fuerte pendiente y topografía abrupta.

3.1.2 Puna

Se caracteriza por su topografía suave, más o menos ondulada, donde existen algunas elevaciones y cadenas de cerros con formas típicas de modelado glaciar. Dentro de esta unidad se aprecian profundos cañones esculpidos por los principales ríos de la región (Cosío A. 1967). Se le considera a esta superficie como equivalente a la superficie Puna de Mc Laughlín (1925).

3.2 ESTRATIGRAFIA LOCAL (Figura No 07)

JURASICO SUPERIOR

3.2.1 Formación Chicama

La Formación Chicama aflora en la parte central norte del área, consiste de lutitas, limo arcillitas verde-amarillentas, rojizas y gris oscuras en bancos medianos a gruesos, fisibles y con algunas laminaciones, se presentan muy disturbada y con un metamorfismo incipiente o débil (limoarcillitas); infrayace en discordancia erosional y angular a las andesitas masivas del Grupo Calipuy, mientras que al NO del área se encuentra intruido por el Batolito Costanero. En esta área se tiene un espesor > 500 metros.

TERCIARIO INFERIOR

3.2.2 Grupo Calipuy

EOCENO (CALIPUY INFERIOR)

3.2.2.1 Volcánicos Chanchacap

Su base consiste de derrames de andesitas basálticas de grano fino moderadamente magnéticas, mayormente masivas y en estratos gruesos. Seguidamente hay una secuencia de lavas andesíticas – dacíticas de bancos gruesos, seguidas de aglomerados y autobrechas de lavas andesíticas gris violáceos a gris verdosos que alternan con derrames andesíticos porfiríticos violáceos de bancos medianos; y encima tobas de cristales dacíticas y andesíticas finas violáceas y gris verdosas; en el tope derrames andesíticos porfiríticos gris verdosos en



Foto 9: Afloramiento, al E, del Batolito Costanero e infrayaciendo el Grupo Calipuy. Se nota el cerro Regache, domo dacítico, cerca de Salpo.



Foto 10: Afloramiento, al NW, del Volcánico Chanchacap (Calipuy Inferior), Volcánico Milluachaqui y Volcánico Salpo (Calipuy Superior) cerca al poblado de Milluachaqui.

bancos gruesos, moderadamente magnéticos. Suprayace en discordancia angular a la Formación Chicama e infrayace en discordancia erosional y poco angular a los Volcánicos Milluachaqui y Salpo. Su espesor es de 800 metros.

MIOCENO (CALIPUY SUPERIOR)

3.2.2.2 Volcánicos Milluachaqui

En la base bancos medianos de tobas de cristales dacíticas gris claro de grano fino, seguida de una secuencia de tobas de cristales dacíticas de lapilli blanco grisáceo en bancos gruesos con derrames andesíticos hacia la base. Se encuentra suprayaciendo con discordancia ligeramente angular a los Volcánicos Chanchacap e infrayaciendo con discordancia erosional a los Volcánicos Salpo. Su espesor es de 300 metros.

3.2.2.3 Volcánicos Salpo

En la base tiene una secuencia de toba de cristales fina intercalada con lavas andesíticas en bancos medianos, luego tiene una secuencia de tobas de cristales y líticos dacíticas-riodacíticas con abundantes ojos de cuarzo y feldespatos y litoclastos de hasta 3 centímetros de diámetro, se encuentra suprayaciendo en discordancia erosional a los Volcánicos Milluachaqui y suprayaciendo en discordancia ligeramente angular a los Volcánicos Chanchacap. También se observa suprayaciendo al Batolito Costanero. Su espesor es de 500 metros.

PLIOCENO (FORMACIONES PLIOCENICAS)

3.2.3 Volcánicos Recientes

En la base se tiene un aglomerado lávico basal seguido de derrames andesíticos intercalados con tobas de cenizas finas en bancos pequeños, luego se tiene bancos gruesos de aglomerados de bombas y lapillis de pómez tubulares (tube pumice), de tamaño centimétricas a decimétricas, intercaladas con ignimbritas gruesas. Se encuentra suprayaciendo a los Volcánicos Salpo y a los Volcánicos Milluachaqui, en discordancia erosional. Se le considera de edad Pliocena. Su espesor es de > 50 metros.

3.2.4 Domos Dacíticos

Son domos alineados en dirección NE-SW, es decir transandina. Se encuentran cortando a los Volcánicos Milluachaqui, Volcánicos Salpo y Volcánicos Recientes, son domos de composición dacítica con flujos laminares de hasta 1 metro con una alteración pervasiva cuarzo-sericita. Se tienen tres domos en el área de Salpo.

3.2.4.1 Domo Palomar

Sus flujos son laminares de alto buzamiento de dirección N70E, en la parte central, estas laminaciones son de 15 a 50 cm. Las cuales se componen de cuarzo brechoide con alteración argílica y sericítica. Tanto al NW como al SE las laminaciones cambian de buzamiento dando la estructura del domo. Esta estructura se encuentra cortando tanto al Volcánico Milluachaqui como al Volcánico Salpo.

Foto 11: Se observa líneas de flujos del domo Palomar, buzando hacia la parte central del domo.



Foto 12: Se observa un litoclasto erosionado del Volcánico Plioceno. Además se ven clastos de pómez y líticos en la matriz de ceniza.



3.2.4.2 Domo La Cruz

Son flujos laminares de alto buzamiento y dirección NE-SO. Los flujos laminares son de cuarzo brechoide con óxidos, con laminaciones de 20 a 50 centímetros. Se encuentra cortando al Volcánico Reciente al pie del cerro Regache.

3.2.4.3 Domo Regache

Tiene flujos laminares buzando radialmente de la estructura central, la estructura central es un cuarzo masivo con líneas de flujo de sílice calcedónica, con hasta tres zonas de flujos laminares de alto buzamientos rodeándolo; las laminaciones son de cuarzo brechoide, brechas de explosión con óxidos y algunas zonas de sílice porosa. Esta estructura se encuentra cortando al Volcánico Salpo en el cerro Regache.

3.2.5 Depósitos Cuaternarios

Existen depósitos aluviales formados por el río Chanchacap, constituido por conglomerados fluvio-coluviales. Además de depósitos coluviales en la quebrada Escalón, lado oeste del área de Salpo.

3.3 ROCAS INTRUSIVAS

3.3.1 Batolito de la costa (Cretaceo Superior – Terciario Inferior)

Las rocas intrusivas afloran en el área suroeste, infrayaciendo al Grupo Calipuy y al Volcánico Reciente cerca al Cerro Cospa y extendiéndose hacia el oeste del área de estudio pasando la quebrada Escalón.

Las rocas del Batolito son dioritas equigranulares con biotita y otros ferromagnesianos (Piroxenos y Anfiboles); en los afloramientos se observa meteorización esferoidal y diaclasamiento NW-SE, NE-SW; infrayace con discordancia erosional al Grupo Calipuy e intruye a la Formación Chicama.

3.3.2 Intrusivos dioríticos Terciarios

Son intrusiones aisladas de composición Cuarzo monzodiorítica a diorítica equigranular hipidiomorfa, con una alteración propilítica leve. Aflora cerca al poblado de Purrupampa y en interior de la labor Runatullo (Veta Salpo). Datado por (Stewart et al. 1974) en 26 millones de años (Intrusivo Terciario de Purrupampa).

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

SISTEMA	SERIE	ROCAS INTRUSIVAS	ESTRATIGRAFIA	Espesor	Rocas Sedimentarias Volcánicas	Vetas
CUATERNARIO	Reciente			0-20 m	Depositos aluviales Depositos fluviales	
TERCIARIO	Plioceno		Formación Pliocénica	30-50 m	Discordancia Ignimbritas de tobas de pomez y liticos	Veta Salpo Veta Raquel, Veta Johita Veta Jesucito Vetas Radiales Veta Milluachaqui Veta Salpito, Veta Serpentina
	Mioceno	Intrusivos Terciarios	Grupo Calipuy	500 m	Discordancia (Orogenia Quechua II) VOLCANICO SALPO: Tobas de cristales dacítica con tobas finas hacia la base	
	Eoceno			300 m	Discordancia (Orogenia Quechua I) VOLCANICO MILLUACHAQUI: Tobas de Cristales con lavas and. hacia la base	
	Paleoceno			600 m	Discordancia (Orogenia Inca) VOLCANICO CHANCHACAP: Secuencia de lavas andesítica a dacíticas intercaladas con tobas andesíticas Lavas andesíticas masivas hacia la base	
CRETACICO		Batolito de la Costa		200 m		
	Superior					
JURASICO	Superior		Formación Chicama	>1000 m	Discordancia (Orogenia Peruana) Limoarcillitas verde amarillentas	

Figura No 06: Columna Estratigráfica Local: Las vetas económicas se encuentran en la base del Calipuy Inferior (Vetas Milluachaqui, Salpito y Serpentina) y en las tobas del Calipuy Superior (Vetas Salpo, Jesucito, Raquel).

3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la formación Chicama las fallas predominantes son E-W, alineadas con la falla regional Milluachaqui-Quiruvilca (Hollister, 1977a) y otras fallas cerca de Otuzco.

En el Grupo Calipuy existen fallas de rumbo NW-SE, fallas de rumbo andino; NE-SW fallas de rumbo traNsandino; ENE-WSW y E-W estructuras alineadas con los ejes de los anticlinales de las rocas Mesozoicas en el cuadrángulo de Otuzco.

El Calipuy Inferior se encuentra ligeramente plegado mostrando una discordancia erosional ligeramente angular con respecto al Calipuy superior, los ejes no están muy bien definidos, podrían ser fuerzas compresivas de dirección NE-SE a N-S (Tumialan 1982) .

Las vetas Salpo, Milluachaqui, Salpito, Virgencita, Jesucito tienen dirección N40°-60°W (Dirección andina) formadas post Orogenia Quechua II, emplazadas en el borde de la estructura circular en la quebrada Huaylas (Caldera resurgente Quinga con un ápice central en el cerro Quinga); mientras que las vetas Raquel y Andrea tienen dirección aprox. E-W (Fallas profundas de basamento reactivadas) (Figura No 08), emplazadas en otra estructura semicircular por el río Chanchacap (Caldera resurgente Salpo). Todas son vetas de relleno de fallas pre y sintectónicas, con textura crustiforme, brechoide y cuarzo oqueroso. Los sulfuros se encuentran masivos, en vetillas y diseminados.

El análisis estructural nos da un modelo donde primero se formaron las estructuras NNW-SSE (máxima potencia (fallas tensionales - T)) a NW-SE (fallas de cizalla (Shear - S)) (figura No 08) donde las estructuras son mayormente fallas normales dextrales (ej. Veta Salpo), formadas posterior a la orogenia Quechua II en un periodo de relajación a la compresión NE-SW; posterior se tienen estructuras ~ E-W (fallas tensionales - T)) a SEE-NWW (fallas de cizalla (Shear - S)) (Figura No 08) donde las estructuras son mayormente fallas normales dextrales (ej. Veta Raquel).

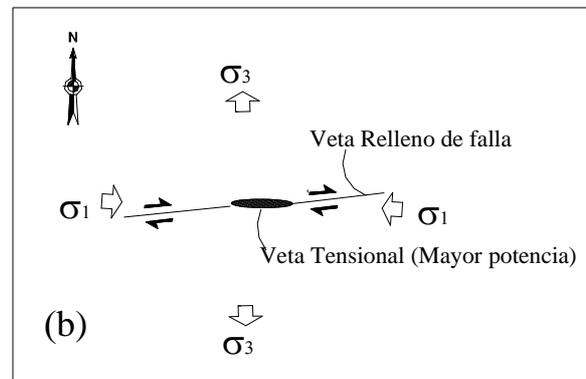
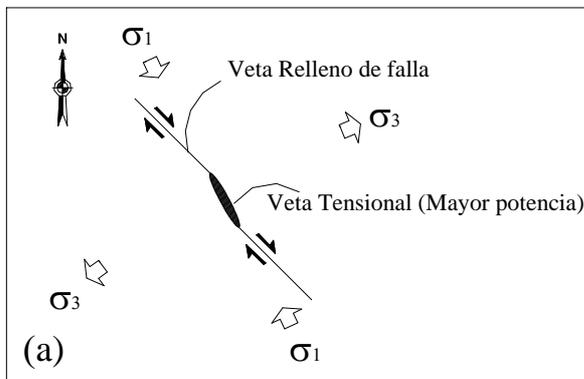
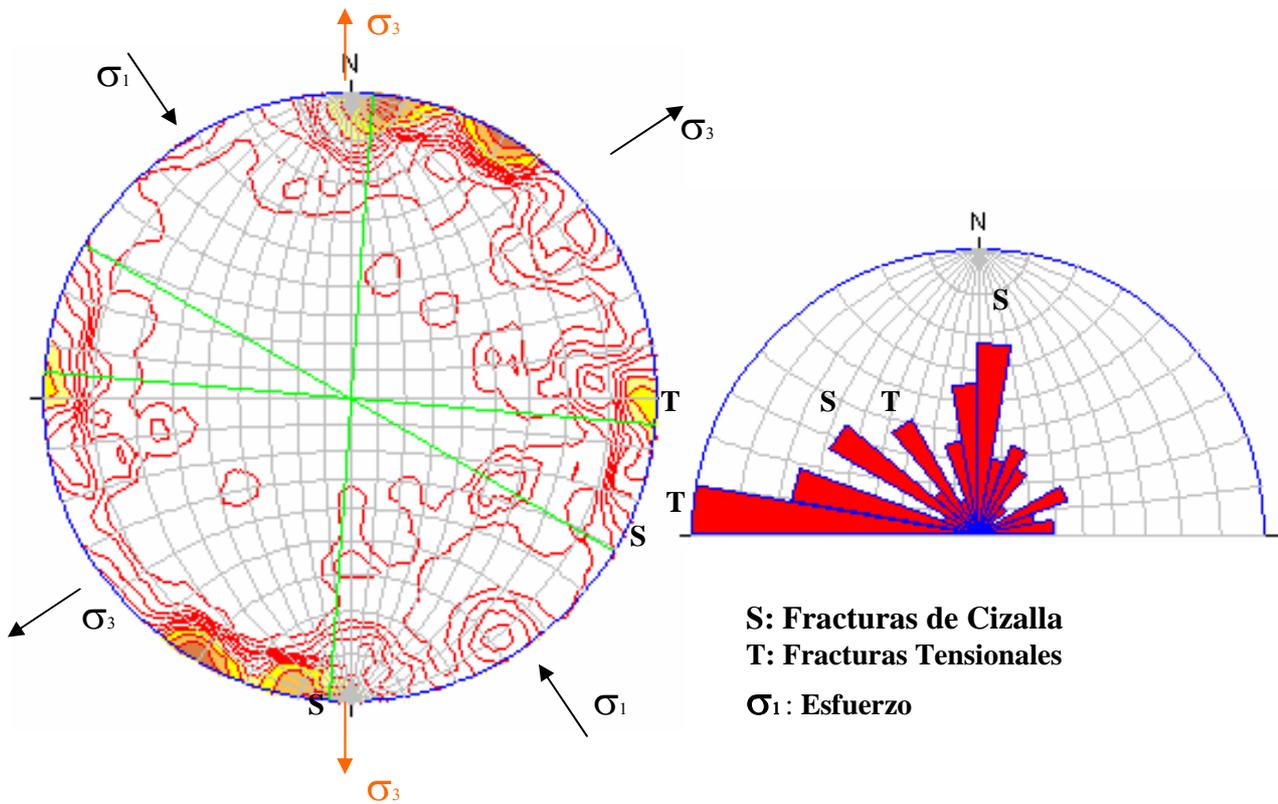


Figura No 08: Análisis y Modelo Estructural NW-SE (a) y E-W (b): (a) Se tiene un modelo estructural para las Vetas Salpo y Milluachaqui (NW-SE) con falla de rumbo dextral. (b) Se tiene un modelo estructural para la Veta Raquel (E-W) con falla de rumbo dextral (Modificado y adaptado de Bellot, 2003).

CAPITULO 4: MINERALIZACIÓN DEL AREA DE SALPO

4.1 VETA SALPO

Longitud total de la veta Salpo es de 5 km. desde la quebrada Huaylas, donde se pierde la veta, hasta el caserío de Ushcos donde se forma una estructura cola de caballo (horsetail). Tiene un rumbo que varia de N40°-70°W, buzamiento 70°SW, 90 y 80°NE, y ancho de 0.5 hasta 4 m; se le considera una veta de relleno de falla dextral normal. Al igual que varios lazos sigmoides en la veta. La mineralogía en superficie consiste de cuarzo, pirita, esfalerita, galena y calcopirita como minerales primarios y goetita, jarosita, hematita, calcosina, acantita, sulfatos de Cu, oxidos de Manganese y covelita como minerales secundarios.

4.1.1 AFLORAMIENTOS

Sector Chuco

Sector SE de la veta Salpo (Figura No 09), desde la quebrada Huaylas. Tiene un rumbo promedio de N65°W y buzamiento de 70°-85° SW y un ancho que varia entre 0.40 a 1.50 m. Esta compuesta en la labor Chuco mayormente de cuarzo hialino con óxidos (goetita, hematita y jarosita) y óxidos de manganese (manchas oscuras de psilomelano y pirolusita); en la quebrada Huaylas, en superficie, se observa sulfuros (galena, esfalerita, bornita, calcopirita y pirita) diseminadas en cuarzo; cruzando la quebrada Huaylas se observa nódulos de sílice calcedónica y opalina, algunos con textura colofome (limite SE de la veta Salpo). Cerca de la localidad de El Palomar se observa en superficie al cuarzo oqueroso con malaquita, calcocita y oxidos de hierro. La caja de la veta son lavas andesíticas y dacíticas violáceas (Calipuy Inferior) con silicificación de débil a moderada y argilización débil, en promedio de unos 1.5 m. de alteración a cada lado de la veta.

Sector Runatullo

Sector cercano a Salpo donde se encuentran numerosas labores (Figura No 09), al NW la veta se pierde en una falla. La veta tiene un rumbo promedio de N55°W, buzamiento promedio 70° SW y un ancho que varia de 4 a 2.5 m con lazos sigmoides donde se tienen mayores anchos. La mineralización esta compuesta, en la labor Runatullo, de cuarzo con óxidos diseminados, con sulfuros: pirita, esfalerita, galena, calcopirita, minerales de Ag y rodocrosita en algunos tramos. La textura es crustiforme y brechada. La caja esta compuesta de tobas dacíticas y riódacíticas (Calipuy Superior) con 3.0 m. de alteración a cada lado de la estructura. También se tiene, dentro de la estructura, a la roca brechada con Silicificación y argilización moderada.

Sector Portugal

Sector cercano al cementerio de Salpo hasta la mina Portugal (Figura No 09). La veta tiene un rumbo promedio de N50°-60°W, buzamiento promedio de 80°-85° NE y un ancho que varia de 2 a 0.8 m. La mineralización en superficie consiste de cuarzo con óxidos (goetita, hematita) en drusas, mientras en la labor Portugal es de cuarzo con pirita, calcopirita, calcocita, malaquita y goetita. La roca encajonante es la toba riodacítica (Calipuy Superior) con una alteración argílica moderada a fuerte de hasta 3 m. de ancho, a cada lado, seguida una alteración propilítica moderada de igual amplitud.

Sector Ushcos

Sector NW de la veta Salpo (Figura No 09). La veta tiene un rumbo promedio de N 40°-50°W, buzamiento de 75°-70° NE y un ancho de 2 a 1 m. En este sector la veta Salpo se ramalea en vetas de 1 m. (estructura cola de caballo) de ancho promedio y rumbo N60°E con alto buzamiento compuestas de cuarzo hialino y arenoso con óxidos (goetita, jarosita). La veta Salpo esta compuesta de cuarzo hialino oqueroso y cuarzo brechoide y vetillas entrecruzadas (estructura de lazos sigmoides) con óxidos (goetita, jarosita). La roca encajonante es la toba riodacítica (Calipuy Superior) con una alteración argílica moderada de una amplitud de 2 m., a cada lado.

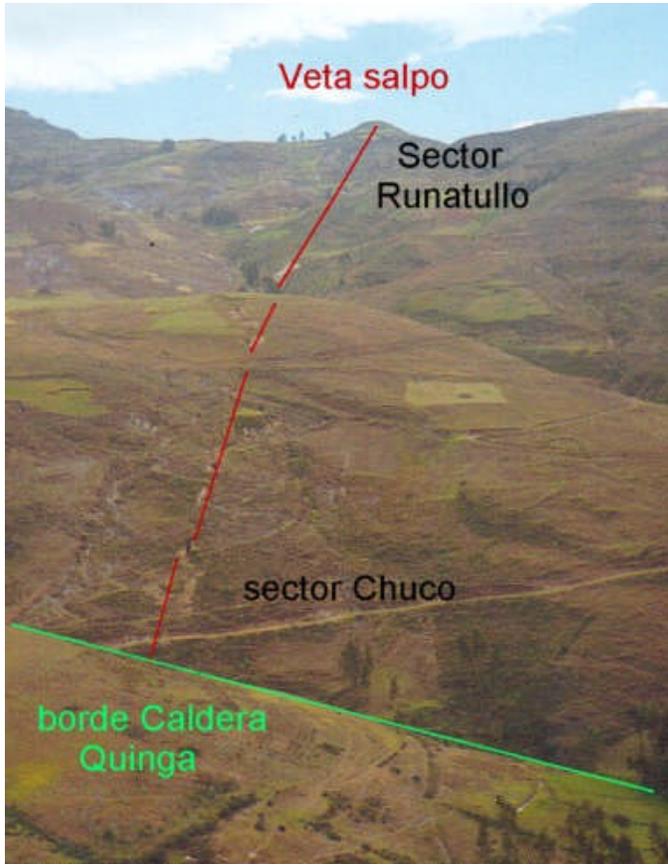
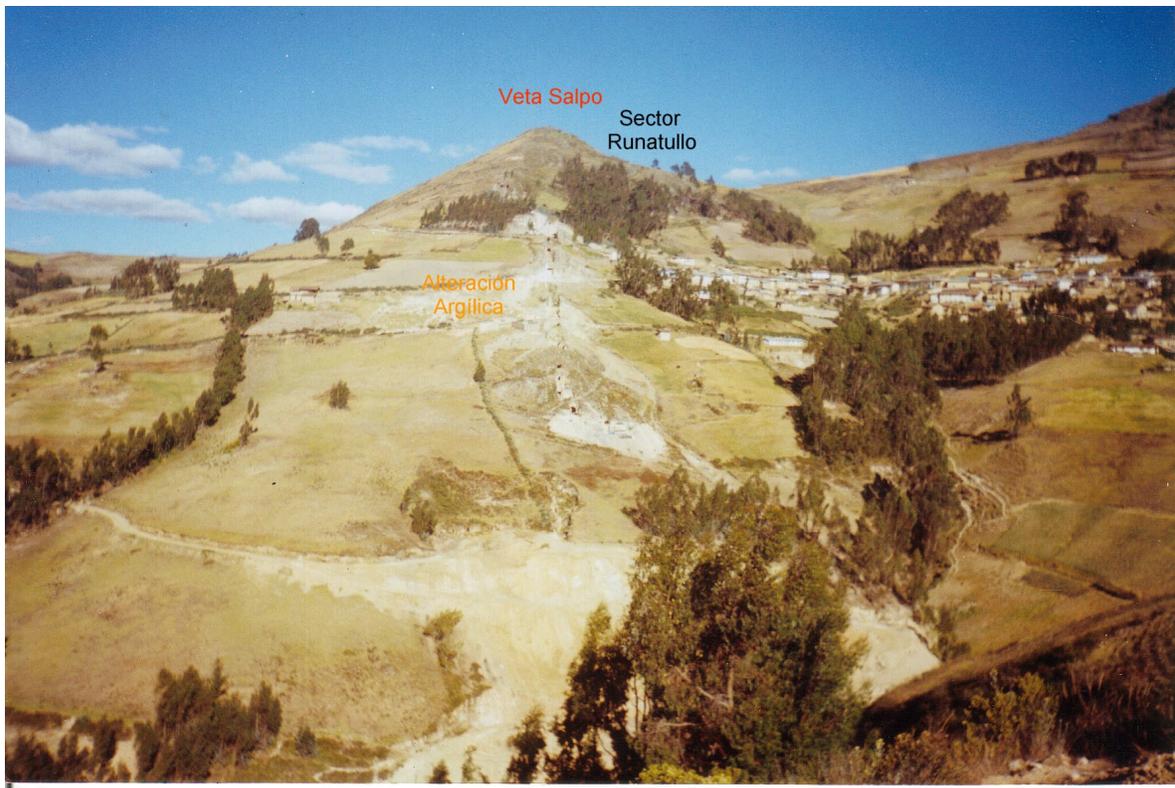


Foto 13: Se observa, al NW, el Sector Chuco (SE) de la Veta Salpo, donde se tienen varias labores antiguamente explotadas.

Foto 14: Se observa la Veta Salpo en el Sector Runatullo, mostrando un amplio halo de alteración Argílica.



GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

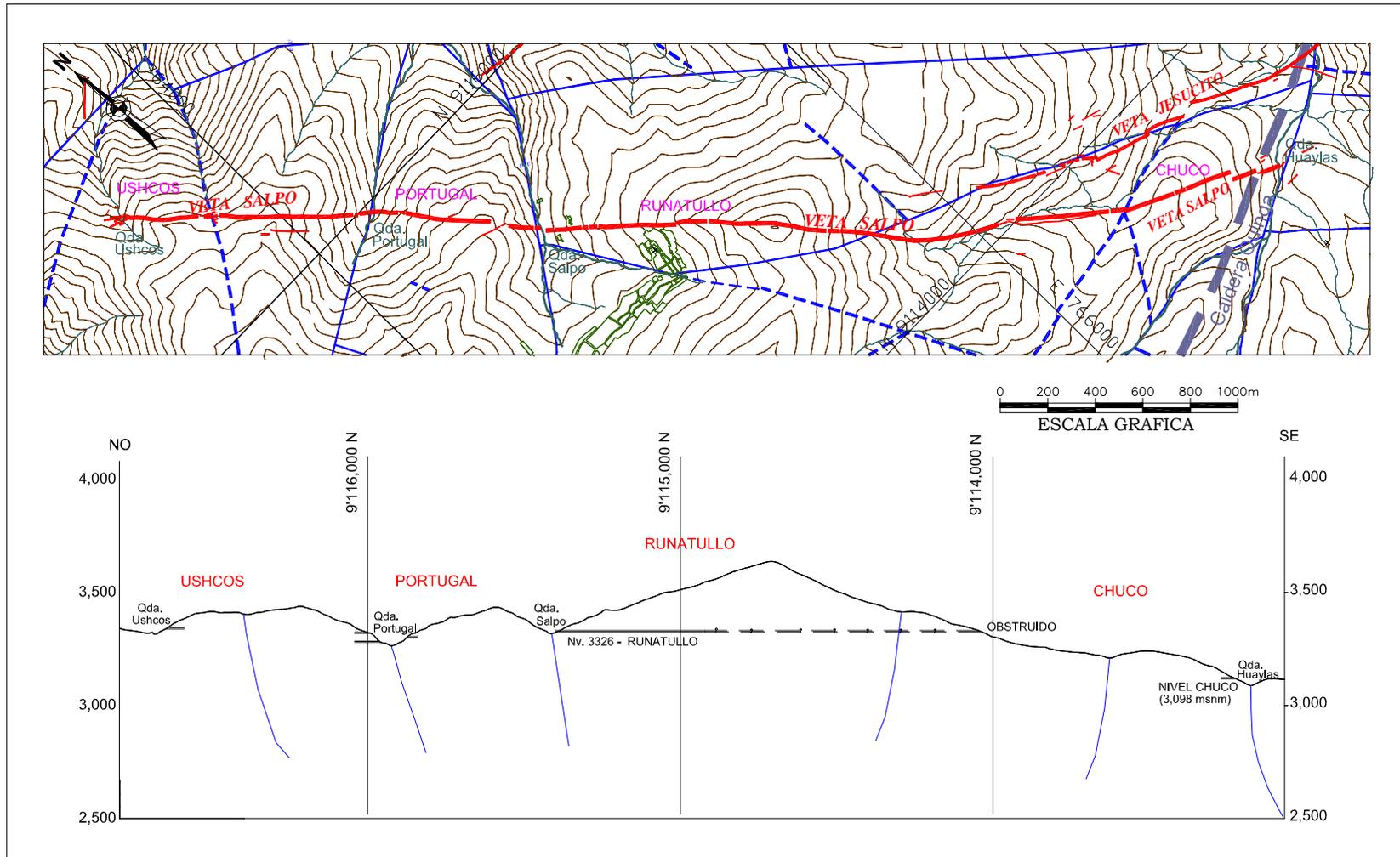


Figura No 09: Sección Longitudinal de la Veta Salpo: Se tiene 4 sectores: Sector Chuco parte SE de la veta donde se encuentra el borde de la caldera Quinga, Sector Runatullo parte estructural más alta, Sector Portugal tiene 3 labores y el Sector Ushcos (NW) donde la veta se ramifica (Cola de caballo).

4.1.2 MINERALOGIA Y SECUENCIA PARAGÉNÉTICA

De acuerdo al estudio mineragráfico realizado de muestras procedentes de la veta Salpo del nivel Runatullo (**ANEXO - Sección I**) (Figura No 10) se tiene la siguiente mineralogía:

Los minerales principales son: pirita, calcopirita, galena, esfalerita, covelita, bornita, calcosita, digenita, cobres grises, estefanita, acantita, polibasita-pearceíta, oro nativo, platas rojas, magnetita. Las gangas son cuarzo, sericita, óxidos de Fe y Mn (psilomelano). Pirita asociada a la esfalerita y a la calcopirita; mientras que la calcopirita está asociada a la esfalerita y galena; el oro nativo se encuentra asociado en la galena, y a veces calcopirita, en inclusiones dentro de la esfalerita, calcopirita y cuarzo; el oro también se encuentra asociado a la estefanita, cobres grises y acantita en inclusiones dentro de la esfalerita. Se encuentra un enriquecimiento supérgeno de Cu y Ag con reemplazamientos en los bordes de covelita, digenita, calcosita, bornita y acantita a los minerales anteriormente mencionados.

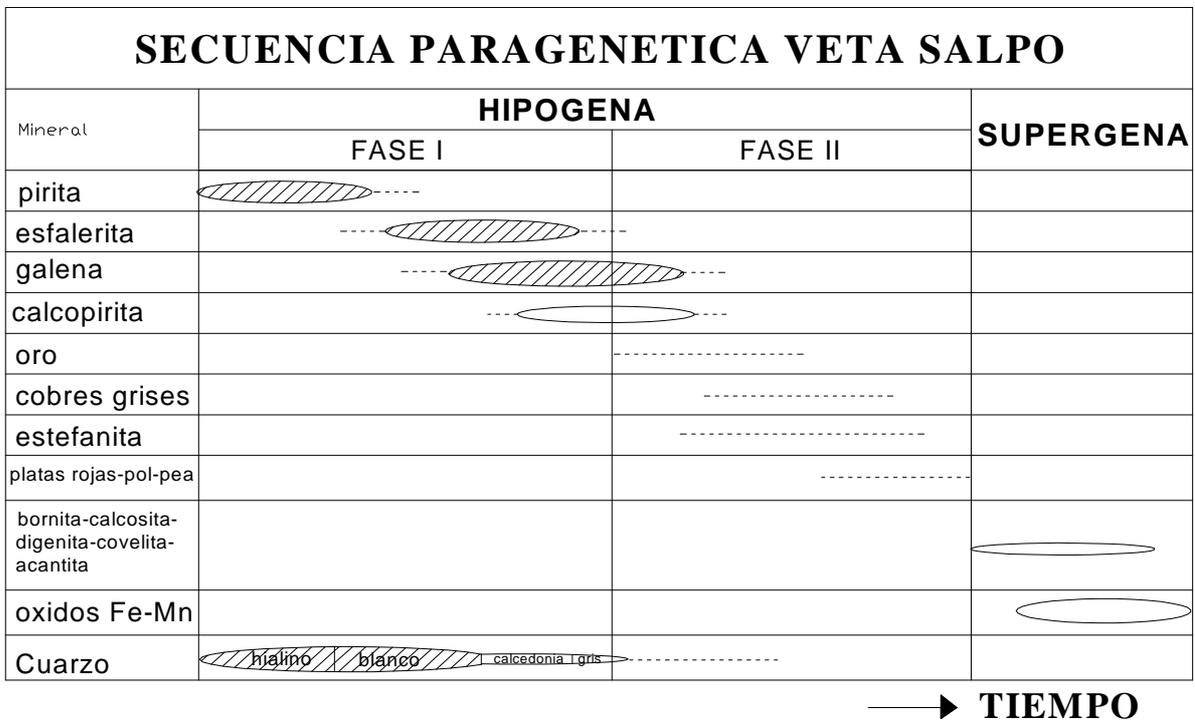


Figura No 10: Secuencia Paragénética Veta Salpo: Se observa dos Fases, la Fase I compuesta de Cuarzo-metales base (Cu-Zn-Pb-(Ag)) y una Fase II compuesta de galena-calcopirita-minerales de plata con oro (Cu-Pb-Ag-Au) y una Fase de enriquecimiento supérgeno de (Cu-Ag)

4.1.3 TEXTURAS

Predominan las texturas de relleno de espacios abiertos como: relleno de cavidades y drusas, texturas crustiformes, en peineta o en cresta de gallo, bandeadas, brechoides con estructuras de cockarda o escarapela.

Los minerales secundarios como la bornita, calcosita, digenita, covelita y acantita se encuentran con texturas de reemplazamiento; principalmente reemplazando a minerales de Cu y Ag. Mientras que los minerales de óxido de Fe y Mn, y calcedonias, se encuentran en texturas coliformes con algunos bandeamientos los cuales indican su formación a partir de coloides y de baja temperatura, estas texturas son las que menos predominan.



Foto 15: Muestra de Veta, con textura brechoide y drusica con Cuarzo (Qz), Sulfuros (Sf), Arcillas (ARCs) y óxidos de Fe (jarosita-goetita)

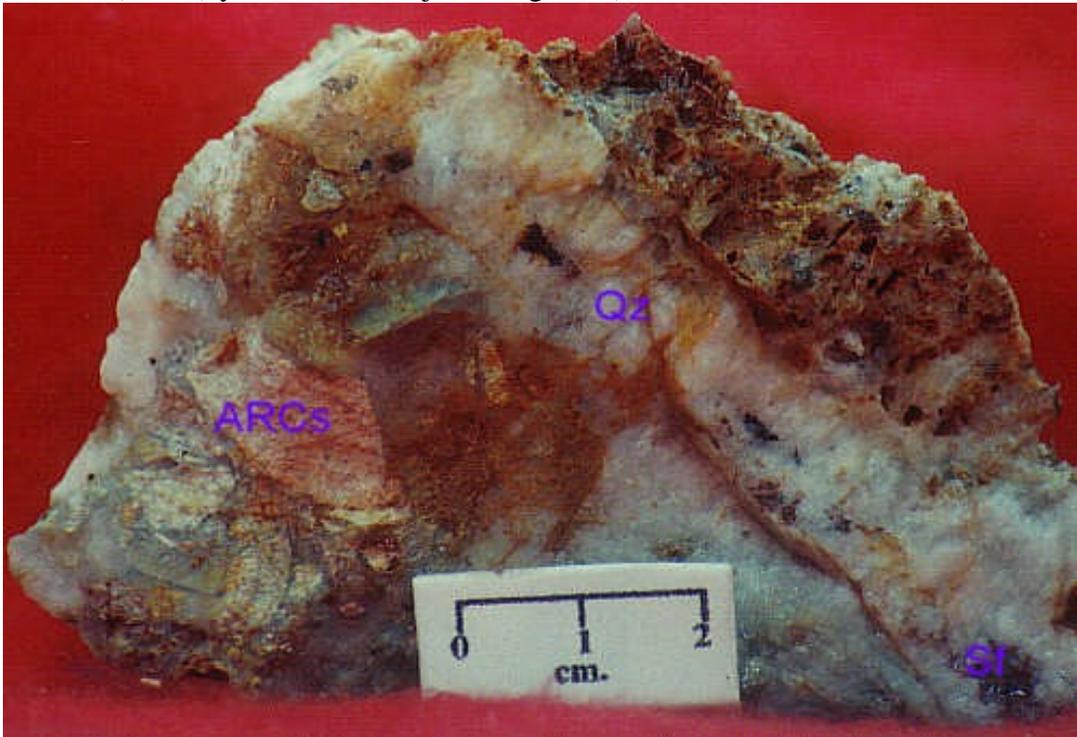


Foto 16: Muestra de Veta, con cuarzo (Qz) y sulfuros (Sf) de textura crustiforme y bandeada, se observa también textura brechoide con litoclastos de Arcillas (ARCs).

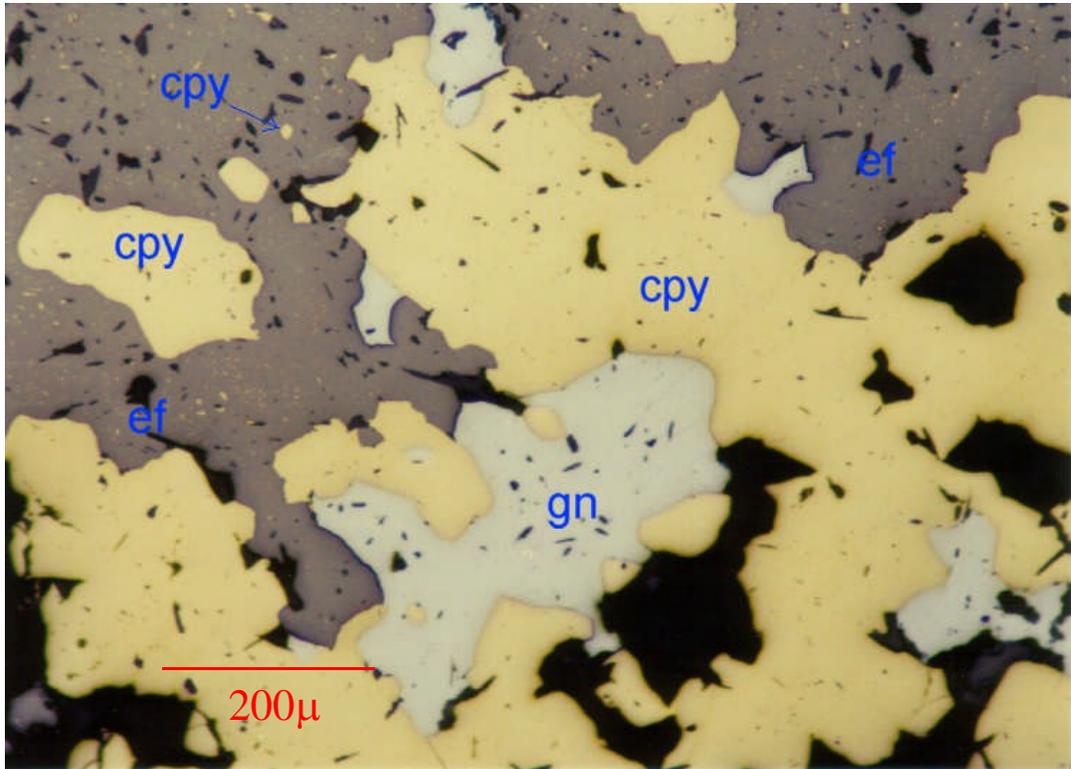


Foto 17: Se observa calcopirita (cpy) asociada a esfalerita (ef), con inclusiones de galena (gn) (FASE I de la Paragénesis). N//s.

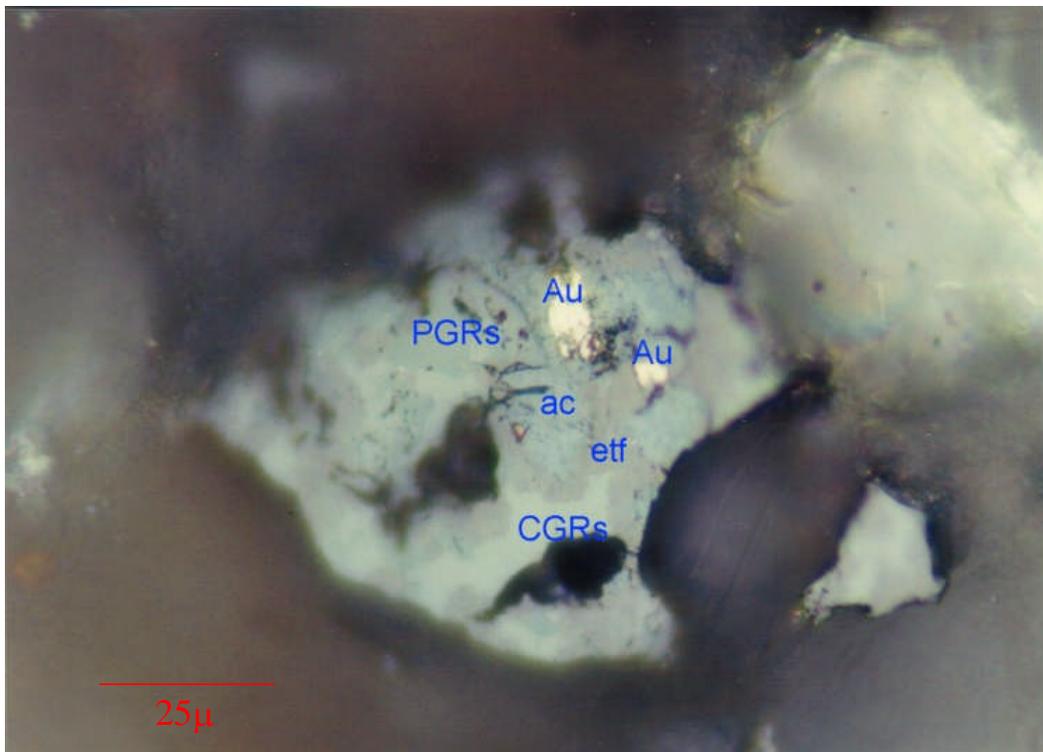


Foto 18: Oro nativo (Au) dentro de estefanita (etf), cobres grises (CGRs), platas grises (polibasita-pearceita) (PGRs) (FASE II) y acantita (ac) (Mineralización supérgena). N//s.

4.1.4 PETROGRAFIA Y ALTERACIONES HIDROTERMALES:

A partir de 3 muestras de roca tomadas cerca de la veta Salpo, Nivel Runatullo (**ANEXO - Sección I**) y 2 Muestras analizadas con Pyma (**ANEXO – Sección III**) se puede señalar:

- **Roca Andesítica**, del Volcánico Salpo (Calipuy Superior):

Andesita porfirítica de textura ofítica, con fenos de plagioclasas idiomórficas y cloritas de alteración, con matriz de cloritas y plagioclasas; la roca se encuentra alterada por:

- **Alteración propilítica (moderada):** con ensambles de cloritas-epidota-actinolita-opacos (pirita).
- **Alteración Silícea (leve):** Se encuentra cuarzo secundario

- **Brecha Hidrotermal**, Toba dacítica brechada (Calipuy Superior):

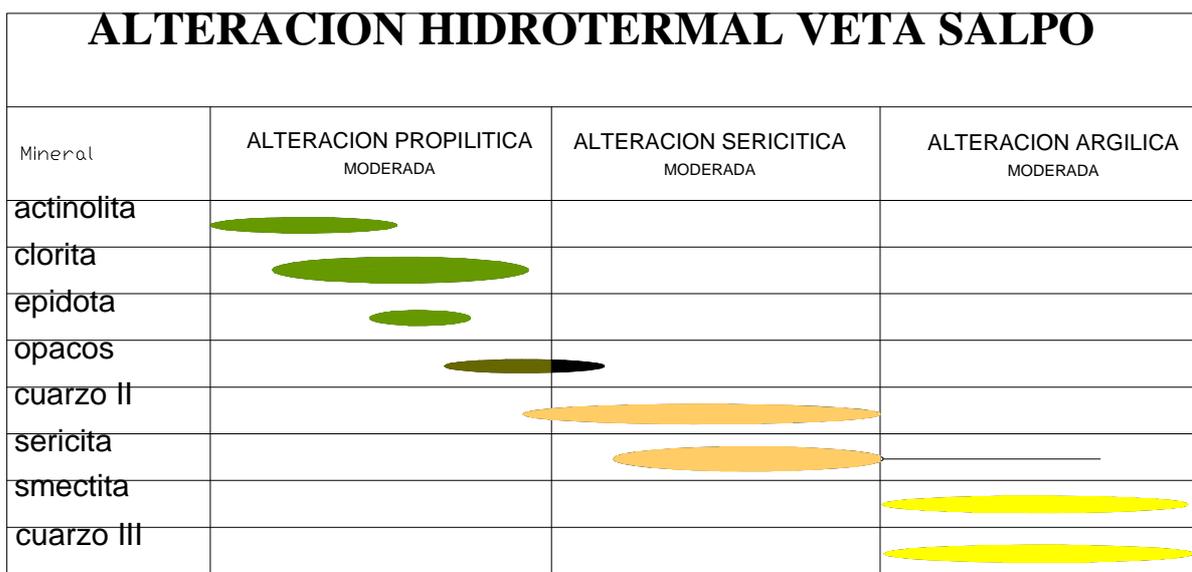
Roca Brechada con fragmentos de Toba dacítica obliterada por la alteración, se tienen moldes de Feldespatos alterados a arcillas-sericita-cuarzo, cuarzo primario con bordes reabsorbidos, moldes de biotita alterada a sericita-Oxidos de Titanio y Hierro. La alteraciones son:

- **Alteración Filica (Moderada):** Cuarzo II (fino)-sericita
- **Alteración Argílica (Moderada):** Cuarzo III (grosso) –Smectita-Ililita-(sericita)

- **Intrusivo Terciario**, Diorita alterada:

Corta a la veta Salpo en el Nivel Runatullo, consiste en una diorita inequigranular porfirítica gruesa con fenocristales de plagioclasas hipidiomórficas con bordes peritéticos y mimerkíticos, anfíboles (horblendas) alterados y piroxenos (augita) alterados; la alteración consiste en:

- **Alteración Propilítica (moderada):** con ensambles de: Clorita-Actinolita-epidota-opacos.
- **Alteración Argilica (leve):** con cuarzo secundario, en vetillas y diseminado, y Smectita-Ililita-(Sericita)



-----▶ **TIEMPO**

Figura No 11: Alteración Hidrotermal Veta Salpo: Alteraciones propilítica (actinolita-clorita-epidota-opacos), alteración Sericítica (cuarzo II-sericita-opacos), alteración argílica (cuarzo III- Caolinita- Smectita-Halloysita-(Ililita)).

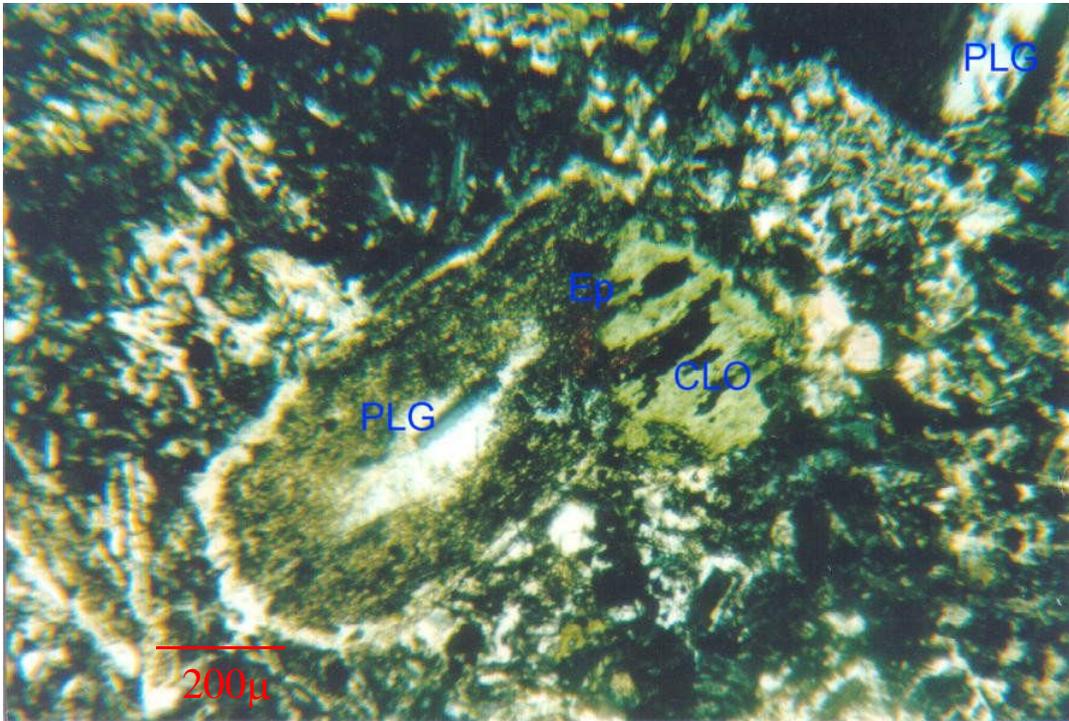


Foto 19: Se observa fenocristal de plagioclasa (PLG) alterándose a clorita (CLO) y epidota (Ep) (Alteración Propilítica) en una matriz fina de (PLG) y (CLO) alterándose a cuarzo secundario.

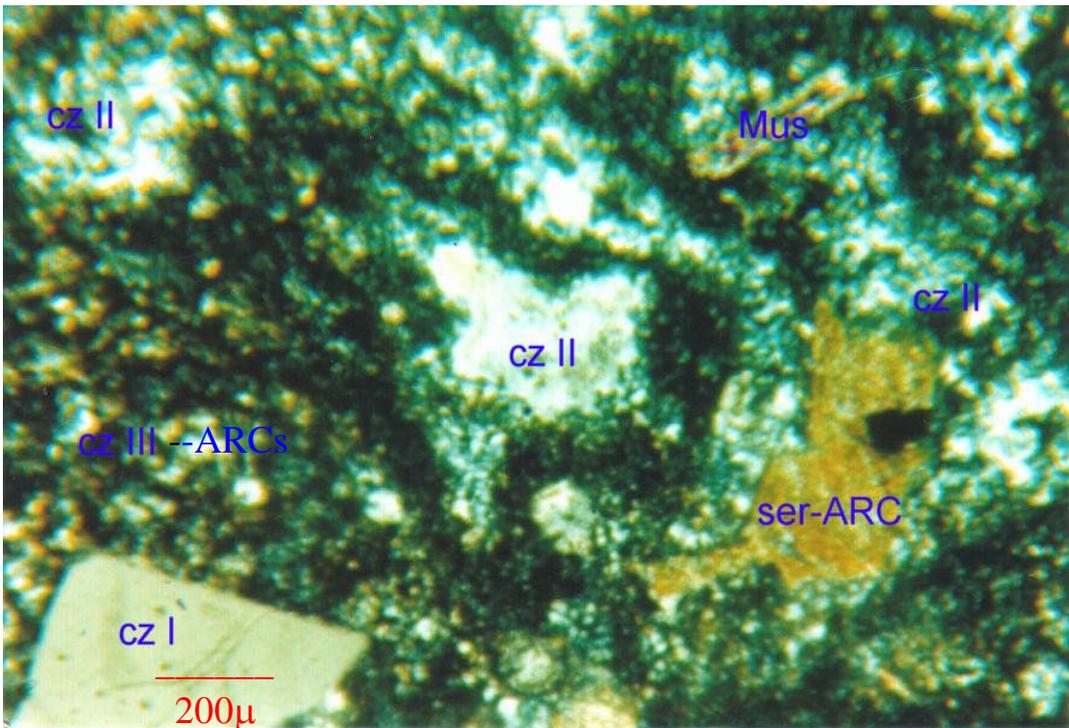


Foto 20: Se observa alteración Sericítica con cuarzo II, sericita y arcillas (Cz II-ser-ARCs) y la alteración argílica con cuarzo III y arcillas (Cz III-ARCs (smectita-illita)) ambas son pervasivas.

4.1.5 GEOQUIMICA (Correlación Pearson):

De acuerdo al estudio geoquímico (**ANEXO - Sección II**).

En el Sector Runatullo se tiene buena correlación entre Au-Ag-Hg-As además de correlación media entre estos y Cu y Sb; correlación media entre Pb-Te y entre Zn-Bi; y mala correlación entre Mo y los demás elementos. Lo que indica que los principales indicadores de la mineralización de Au-Ag son Hg-As-(Cu)-(Sb) mientras que el Te está mas asociado al Pb; y el Bi asociado al Zn.

A los lados de la Veta Salpo, Sector Chuco (SE de la veta) se tiene una zona de Cu-Mo y Pb-Au, con sobreimpresión de As-Te-Hg mientras en el sector Portugal se tiene Cu-Zn-Pb-(Ag-Au) y en el sector Ushcos (NW de la veta) se tiene correlación Cu-As-Mo-(Ag).

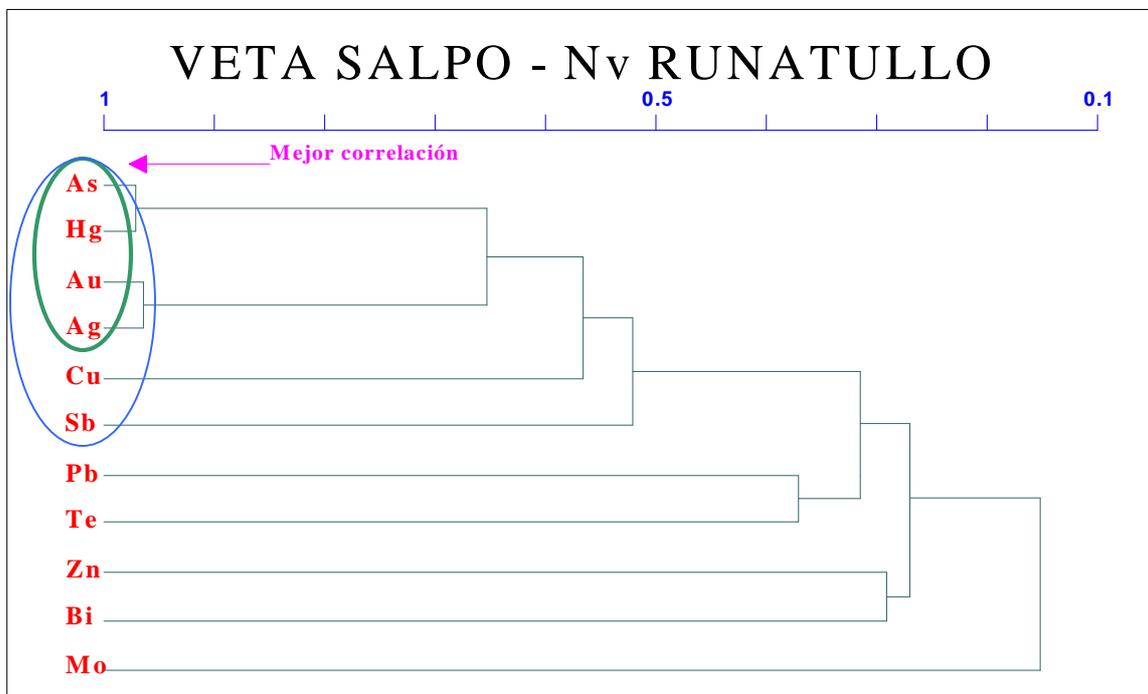


Figura No 12: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Runatullo: Se observa la buena correlación (As-Hg)-(Ag-Au)-(Cu)-(Sb); correlación intermedia entre Pb-Te y Zn-Bi mientras que el Mo no tiene buena correlación.

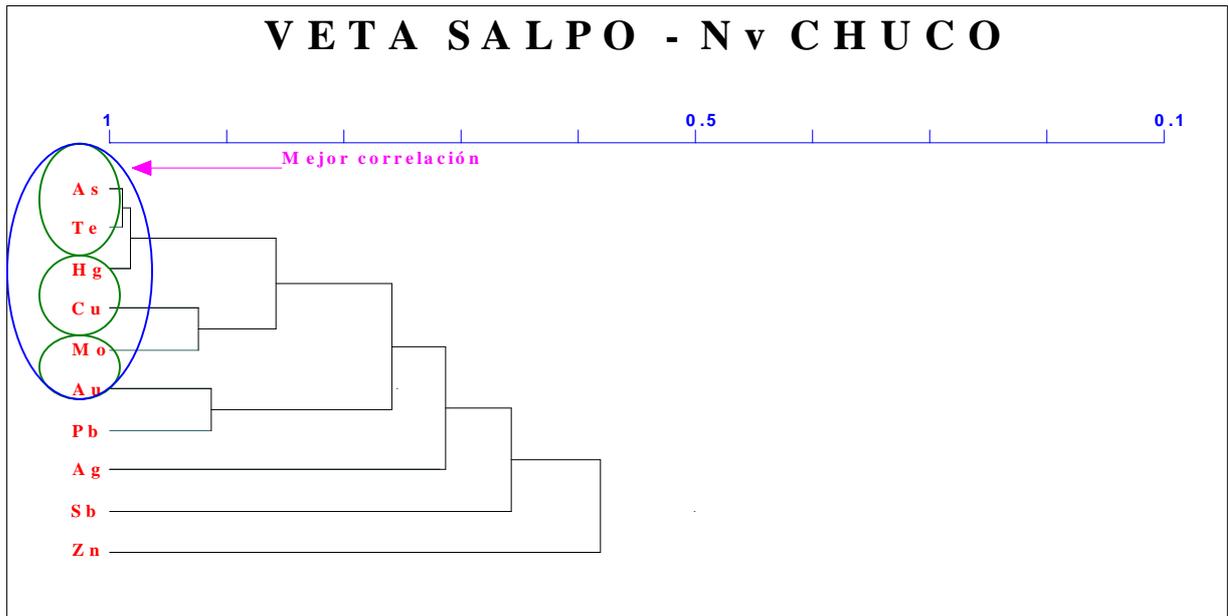


Figura No 13: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Chuco: Se observa buena correlación de As-Te-Hg, Mo-Cu y Au-Pb

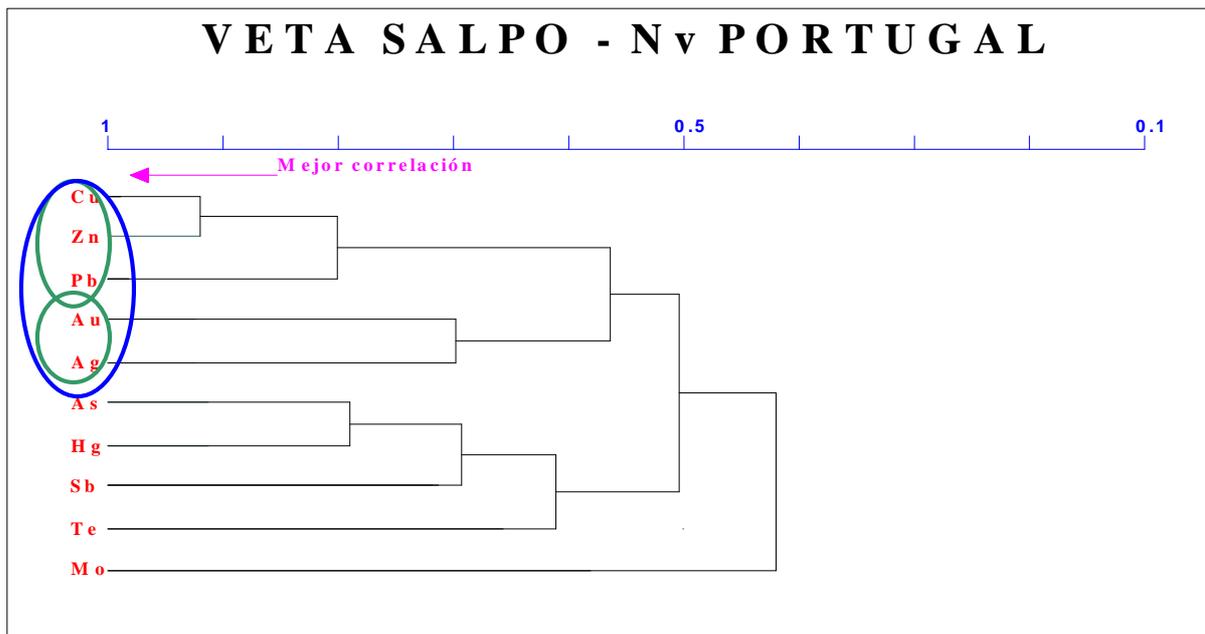


Figura No 14: Correlación Pearson, Veta Salpo, Nivel Portugal: Se observa buena correlación de Cu-Zn-Pb-(Ag-Au) (metales base con (Au-Ag)) y de As-Hg-Sb-(Te)

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

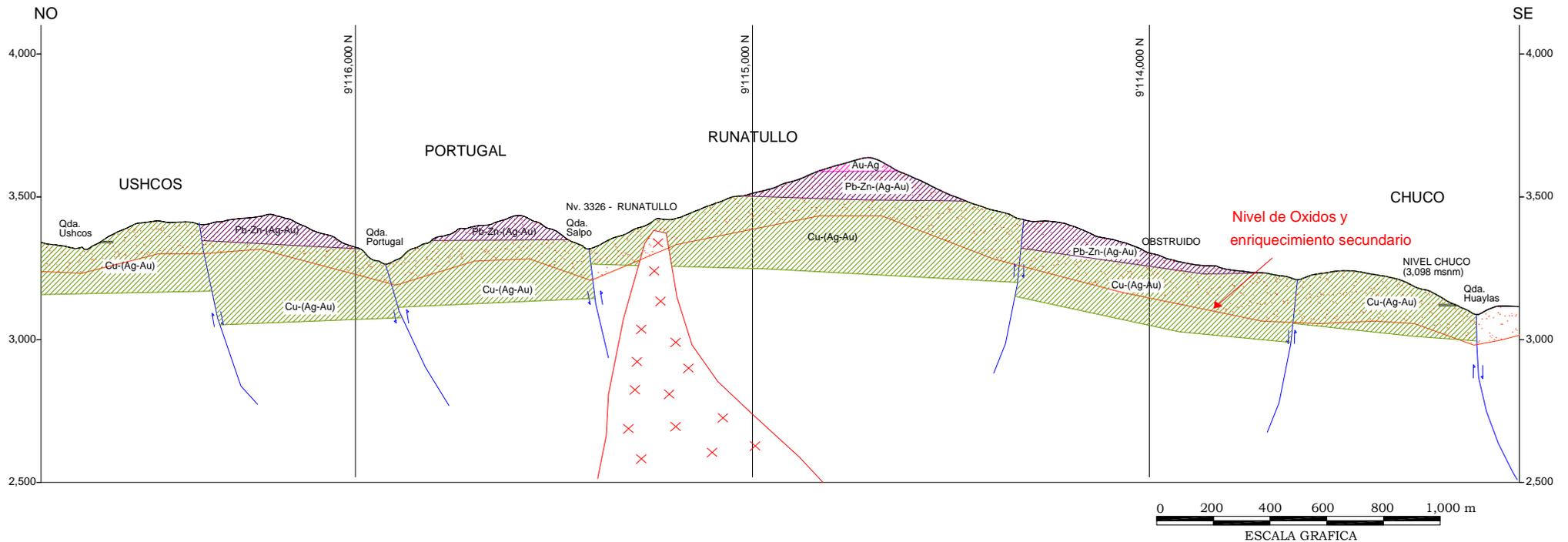


Figura No 16: Zonamiento Veta Salpo: Se observa 3 Zonas: La Zona de Au-Ag en el Sector Runatullo de hasta 80 m.(color magenta), la zona Zn-Pb-(Ag-Au) de hasta 150 m. (color violeta) y la zona de Cu (Ag-Au) de 200 m. a más (color verde). un intrusivo porfido diorítico (rojo). La zona de oxidos y enriquecimiento secundario tiene 150-200 m (línea roja).

4.1.7 CONTROLES DE LA MINERALIZACION

Control Estructural: Estructuras de relleno con fallas NW-SE dextrales (Modelo estructural Figura No 08) con lazos sigmoides distensivos, en borde de estructuras circulares (caldera resurgente Quinga); esto es evidenciado por las texturas crustiforme, brechas hidrotermales y otro tipos de textura de relleno de espacios abiertos así como los lazos sigmoides (tanto horizontales como verticales) y estructura de cola de caballo (Sector Ushcos). La mineralización económica (Clavos u Ore Shoot) se encuentran en los lazos sigmoides, siendo un lazo de mayor ley que el otro (Tumialán, 1982). Al igual que la mayoría de vetas de relleno de fallas normales la mineralización esta relacionada donde la veta tiene buzamiento vertical.

Control Mineralógico: La mineralización de metales preciosos (Au-Ag) se encuentra relacionada a la galena-calcopirita (Fase I) y estefanita-(Cobres grises) (Fase II) dentro de esfalerita-calcopirita-cuarzo y cajas con alteración cuarzo fino-smectita-caolinita de intensa a moderada.

Control Litológico: La alteración en las rocas intermedias (lavas andesíticas) consiste mayormente de alteración propilítica moderada (clorita-actinolita-opacos-epidota); mientras en las rocas félsicas (tobas dacíticas) consiste primero de alteración filica moderada (cuarzo II-sericita) luego alteración argílica leve a moderada (cuarzo fino-smectita-caolinita-illita-Halloysita), ambas alteraciones obliteran la roca original y son de mayor amplitud que en las rocas intermedias.

Control Geoquímico: Existe buena correlación entre As-Hg-Ag-Au-(Cu)-(Sb) en el Sector Runatullo (parte central) mientras en el Sector Chuco (borde SE de la veta) tiene buena correlación Hg-Te-As-(Cu-Mo)-(Pb-Au), mientras el Sector Ushcos (borde NW de la veta) tiene buena correlación Cu-As-Sb-(Ag)-(Mo)-(Hg), esta signatura geoquímica puede ayudar a encontrar yacimientos polimetálicos de similares características.

4.2 VETA MILLUACHAQUI

Veta de relleno de falla normal-dextral. La longitud total de la veta Milluachaqui es de 3 km. con un rumbo que varia de N40°-60°W y buzamientos de 60°-90° SW y ancho de 1 m. La mineralogía consiste de cuarzo, rodonita, minerales de Ag, esfalerita y galena como minerales primarios, alterandose a hematita, óxidos de Mn y acantita. Tiene un zonamiento vertical de los minerales hipógenos, y un enriquecimiento secundario de Ag y Cu.

4.2.1 AFLORAMIENTOS

Sector La Guardia

Sector SE de la veta (Figura No 17). La veta tiene un rumbo promedio de N40°W con 60°SW de buzamiento y ancho de hasta 2 m. Se encuentran las labores de La Guardia y Diana, las cuales corren a lo largo de una brecha volcánica y aglomerado con fragmentos de hasta 0.50m. y andesitas masivas, ambas de los Volcánicos Chanchacap del Calipuy Inferior, la mineralización consiste de cuerpos irregulares de cuarzo con óxidos (Goetita, Hematita) dentro de la roca argilizada y sericitizada. Cerca de la quebrada Huaylas se encuentra cuarzo calcedónico y opalino en stockworks y nódulos (sílice de baja temperatura).

Sector Esperanza

Sector cercano al caserío de Milluachaqui (Figura No 17), la veta tiene un rumbo promedio de N35°-40°W con 60°SW de buzamiento, el ancho promedio es de 1.0 m. Esta compuesta en las labores Esperanza Baja y Esperanza Alta de cuarzo hialino y lechoso con bandas botrioidales de rodonita, rodocrosita, óxidos de manganeso (psilomelano, pirolusita) y, sulfuros y óxidos de plata (acantita). Los sulfuros que se observan son: galena, esfalerita, pirita y calcopirita, los cuales se encuentran diseminados en el cuarzo; los óxidos son compuestos por hematita, goetita y pirolusita, también tiene sericita, arcillas y carbonatos.). Las cajas son de andesita masiva del Calipuy Inferior con argilización moderada y silicificación moderada, y pirita diseminada hasta un metro hacia las cajas. La mineralización es errática y diversas fallas transversales desplazan la estructura.

Sector Osvaldito

Sector NW de la veta (Figura No 17). La veta tiene un rumbo promedio de N50°-65°W, buzamiento de 75°SW a 90° y un ancho promedio de 1.0 m. La mineralización, en superficie, consiste de cuarzo hialino poroso con óxidos en bandas, algo botrioidales, de Fe y Mn (goetita, jarosita, psilomelano y pirolusita) con alteraciones sericítica y argílica de débil a moderada en drusas; la mineralización en las labores Osvaldito y Azula consiste de cuarzo hialino con bandas botrioidales de rodonita, rodocrosita y óxidos de hierro, manganeso y plata (goetita, pirolusita). La roca encajonante es la lava andesítica (base del Volcánico Chanchacap) con una alteración argílica moderada a débil y débil silicificación de hasta 1 m. de ancho, a cada lado de la veta.

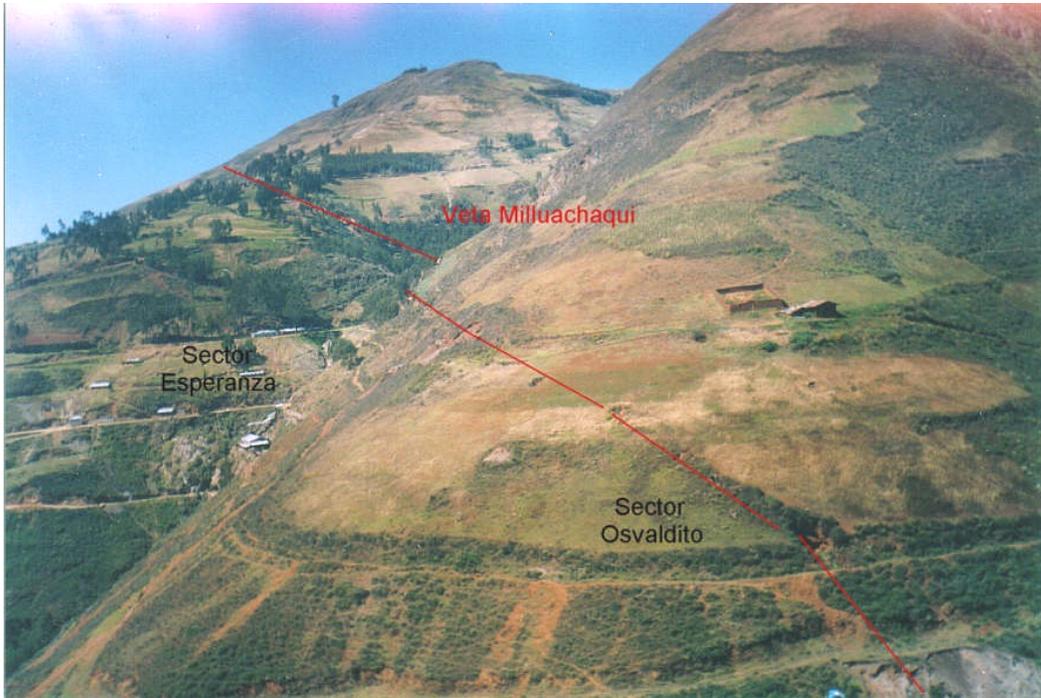


Foto 21: Vista de la Veta Milluachaqui, al SE, del Sector Osvaldito y Esperanza, con antiguas instalaciones.

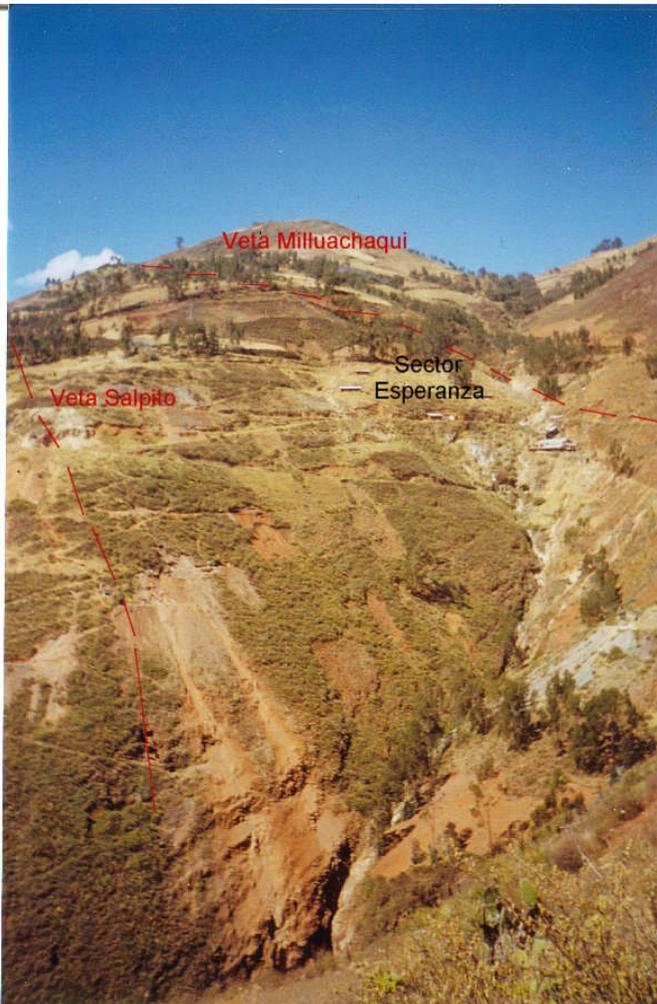


Foto 22: Vista de la Veta Milluachaqui y Salpito, al SE, notese la alteración argílica en las vetas.

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

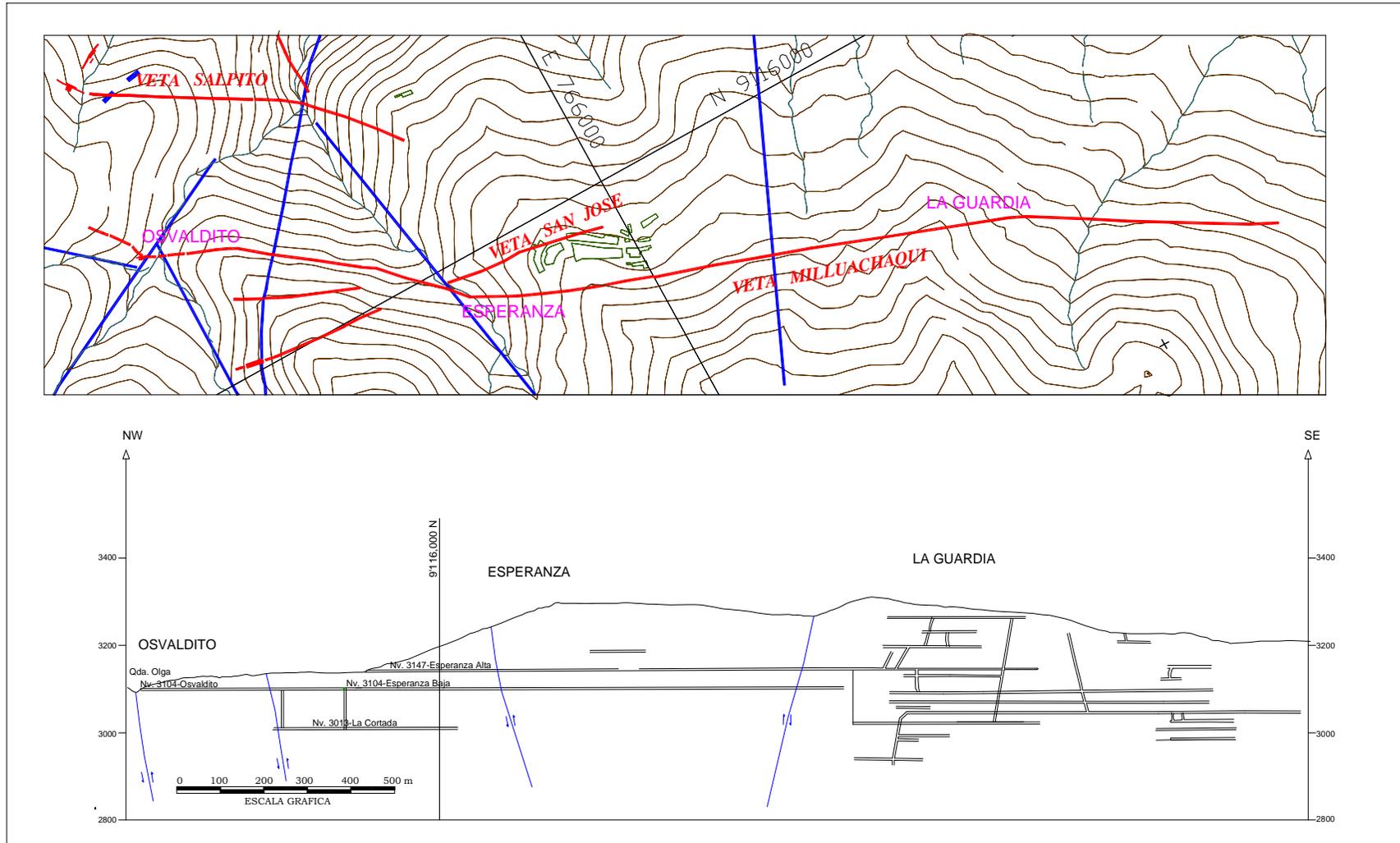


Figura No 17: Sección longitudinal de la Veta Milluachaqui: Se observa 3 sectores, sector La Guardia al SE, sector Esperanza con las labores Esperanza alta y baja y la Cortada, y el sector Osvaldito al NW con las labores Osvaldito y Azula.

4.2.2 MINERALOGIA Y SECUENCIA Paragénética

De acuerdo al estudio minerográfico adjunto en el (ANEXO - Sección I).

Los minerales presentes son: Estefanita, acantita, galena, esfalerita, pirita, calcopirita, covelita, cobres grises, oro nativo. La ganga compuesta por cuarzo, rodonita, rodocrosita, óxidos de Mn (Psilomelano, pirolusita) y Fe. La estefanita y acantita se encuentran asociadas a galena, esfalerita y calcopirita, reemplazando a la rodonita (plata ligada a la rodonita (Tumialán, 1982)); los cobres grises se encuentran asociados a calcopirita y galena; el oro nativo se encuentra en la calcopirita. Se observa pirolusita con otros óxidos de Mn en bandas de textura coloforme (baja temperatura) dentro de playas de rodocrosita y rodonita. Se tiene un enriquecimiento supérgeno de Ag y Cu con minerales de acantita, covelita y óxidos de Mn-Ag, con muy poca limonita (Figura No 18)

Mineral	HIPOGENA		SUPERGENA
	FASE I	FASE II	
pirita			
esfalerita			
calcopirita			
galena			
oro			
cobres grises			
estefanita			
platas rojas-pol-pea			
bornita-calcosita-digenita-covelita-acantita			
oxidos Fe-Mn			
Cuarzo			
Rodonita			
Carbonatos			

—▶ **TIEMPO**

Figura No 18: Secuencia Paragénética de la Veta Milluachaqui: Se observa dos Fases, la Fase I compuesta de Cuarzo-Rodonita-Carbonatos-metales base (Cu-Zn-Pb) y una Fase II compuesta de galena y minerales de plata con oro (Pb-Ag-Au), y con un enriquecimiento supérgeno de (Cu-Ag) y óxidos de Manganeseo.

4.2.3 TEXTURAS:

Al igual que en la Veta Salpo existen estructuras de relleno de espacios abiertos, texturas drusicas, crustiforme, de cockarda (escarapela o radial), bandeadas y brechoides; al igual que texturas coloformes de los oxidos de Manganeseo, pero se tiene en igual proporción ambos tipos de textura evidenciando una formación a menor temperatura con respecto a la Veta Salpo. Se observan texturas de reemplazamiento de los minerales de enriquecimiento supérgeno: acantita– covelita-oxidos de Mn y Ag.

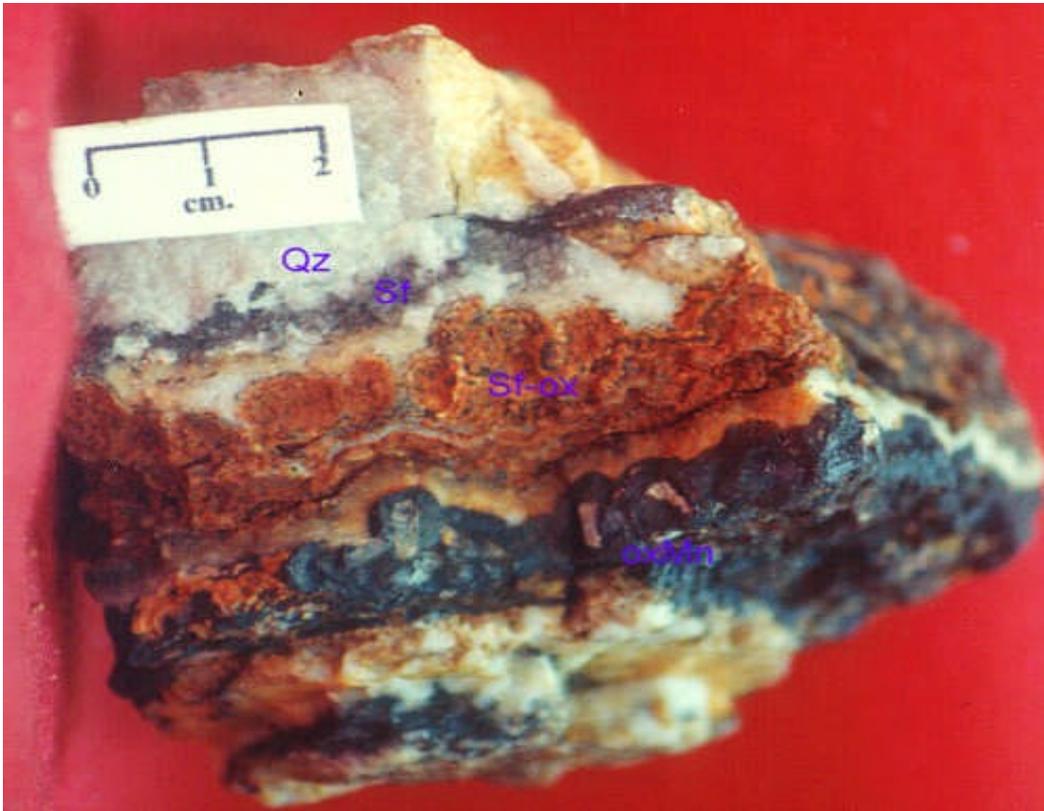


Foto 23: Muestra de veta, con textura bandeada de cuarzo (Qz), Sulfuros (Sf), Sulfuros-óxidos (Sf-ox), óxidos de Manganeso (oxMn), de textura coloforme.

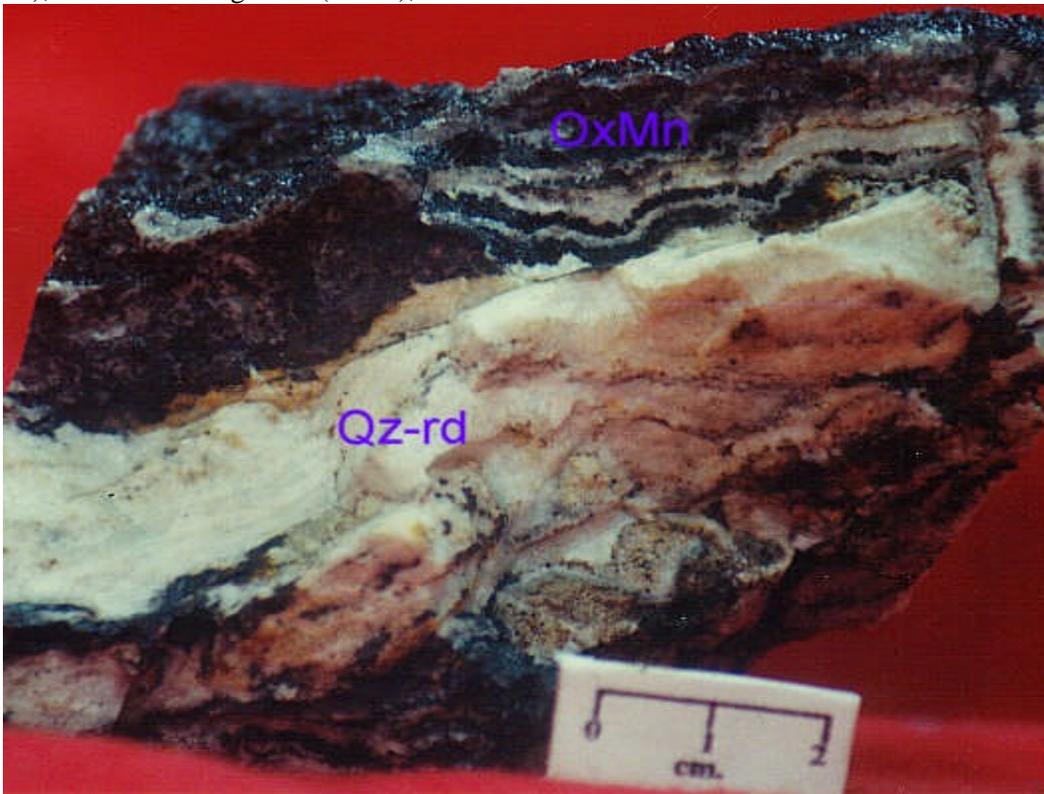


Foto 24: Textura bandeada cuarzo-rodonita (Qz-rd) y textura coloforme de óxidos de Mn (oxMn)

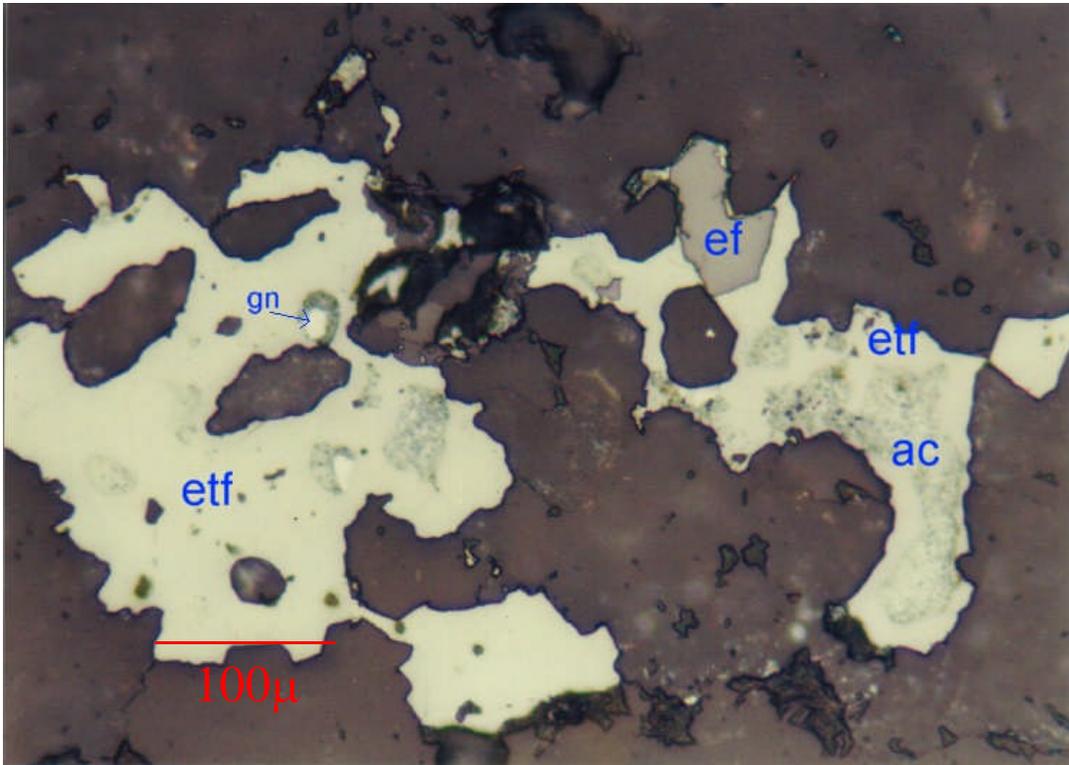


Foto 25: Estefanita (etf) (FASE II) con inclusiones de galena (gn) y esfalerita (ef) (FASE I), alterada a acantita (ac). (Mineralización Supérgena). N//s

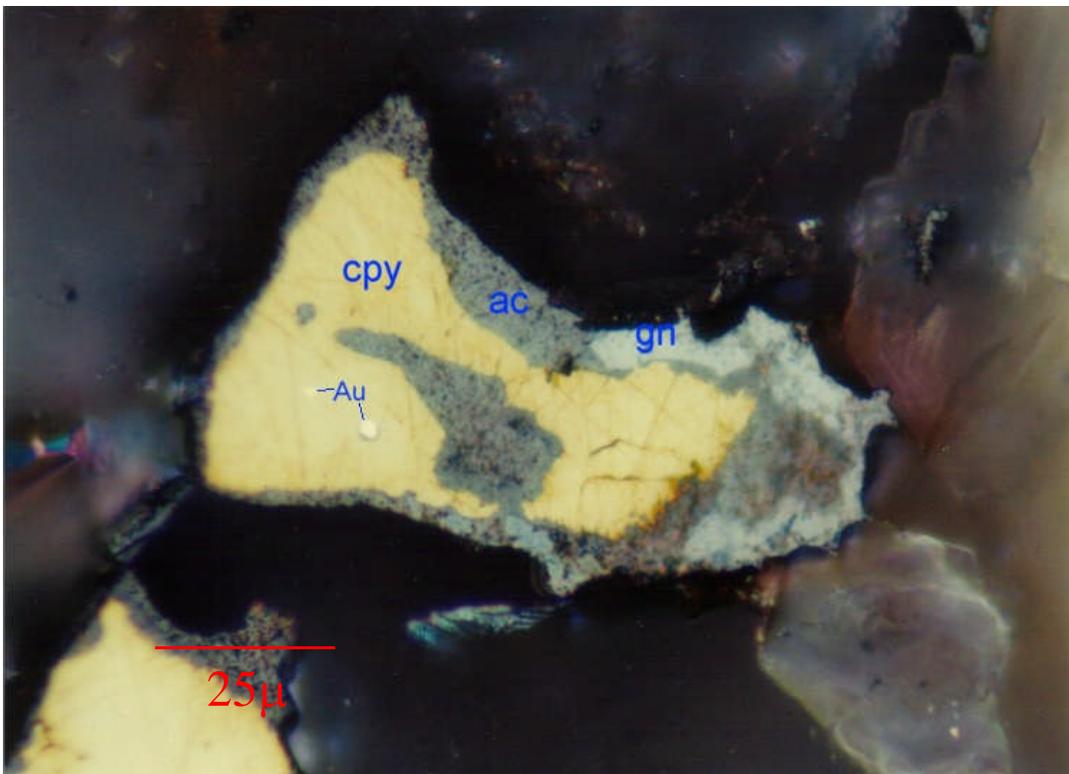


Foto 26: Se tiene dos inclusiones de oro nativo (Au) (FASE II) dentro de un grano de calcopirita (cpy) (FASE I) que tiene una corona de acantita (ac) (Supérgena) y galena (gn). N//s.

4.2.4 PETROGRAFIA Y ALTERACIONES HIDROTERMALES

En base a 2 muestras tomadas cerca de la veta Milluachaqui, Nivel Esperanza baja (**ANEXO – Sección I**) y 2 muestras analizadas con Pyma (**ANEXO –Sección III**) se concluye:

- **Roca andesítica**, del Volcánico Chanchacap (Calipuy Inferior):

Andesita glomeroporfídica con fenos de plagioclasas idiomórficas, molde de Anfíboles, vesículas desvitrificadas rellenas de cloritas-sericita o zeolitas, matriz criptocristalina alterada a cloritas, sericita y arcillas. La alteraciones son:

- **Alteración Propilítica (moderada):** con ensamble cloritas-opacos o zeolitas
- **Alteración Sericítica (moderada):** con ensamble de sericita
- **Alteración Argílica (leve):** con ensambles de: smectita-sericita-cuarzo secundario

- **Brecha hidrotermal**, de Toba dacítica del Volcánico Chanchacap (Calipuy Inferior):

Toba dacítica brechada, con fenos de cuarzo primario corroídos, moldes de cristales (feldespatos) y moldes líticos (tobas y lavas) obliterados por la alteración, matriz obliterada también por la alteración. La alteraciones son:

- **Alteración Sericítica (intensa):** con ensambles de: sericita-cuarzo II (fino).
- **Alteración Argílica (moderada):** con ensambles de: smectita-sericita y cuarzo III (fino) disseminado y venillas.

La alteración supérgena intensa con presencia de óxidos de Mn y Ag (psilomelano), y sulfuros de Cu y Ag (covelita y acantita); encontradas en los niveles Esperanza alta y Esperanza baja (Zona de enriquecimiento supérgeno), esta mineralización es parecida a la encontrada en la mina Caylloma (Tumialán, 1982) y en Arcata.

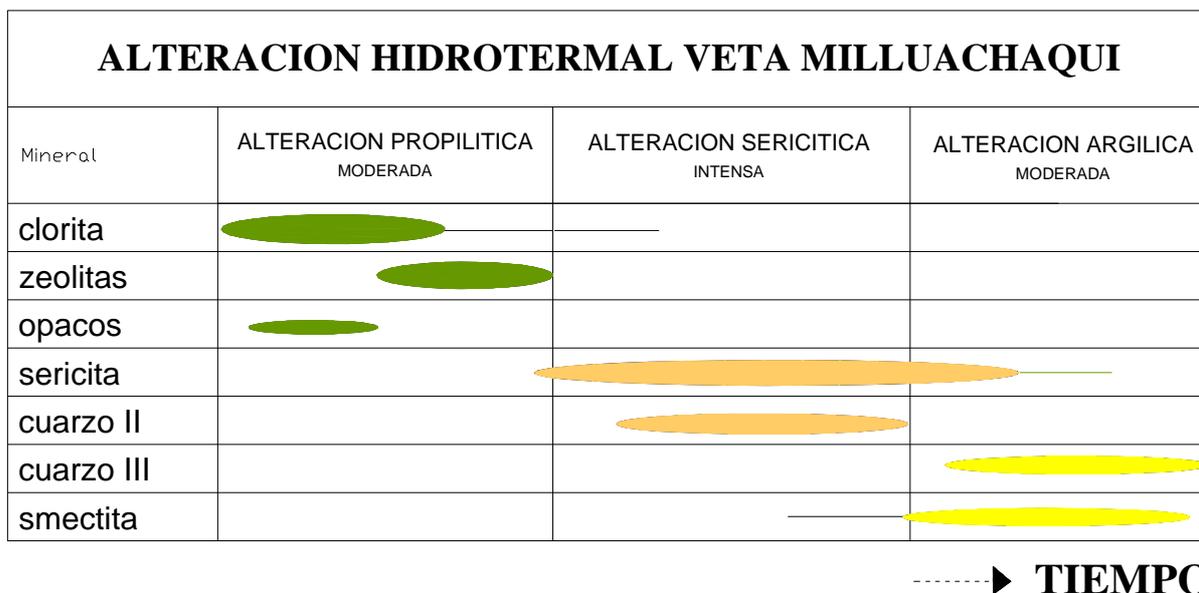


Figura No 19: Alteraciones Hidrotermales Veta Milluachaqui: Se observa la alteración propilítica moderada (clorita-opacos-zeolitas), alteración Sericítica intensa (sericita-cuarzo II-(smectitas)) y alteración argílica moderada (smectita-cuarzo III-sericita)

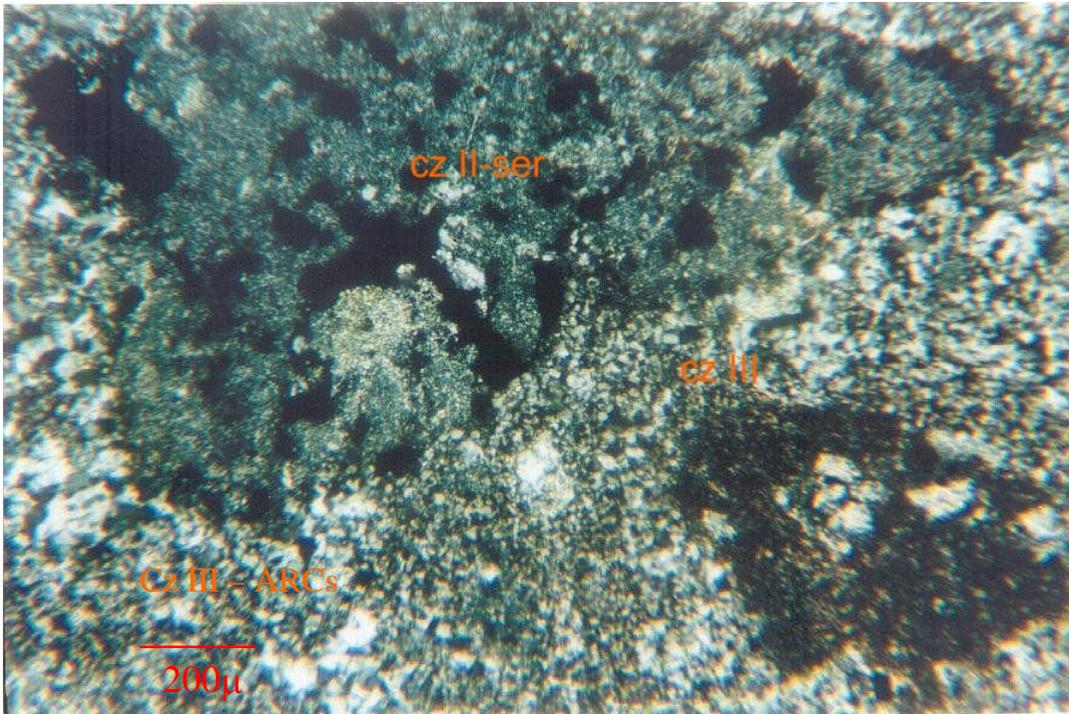


Foto 27: Se observa alteración sericítica de un clastos con cuarzo II y sericita (cz II-ser) con posterior alteración argílica Cuarzo III y arcillas (Cz III-ARCs (smectita)).

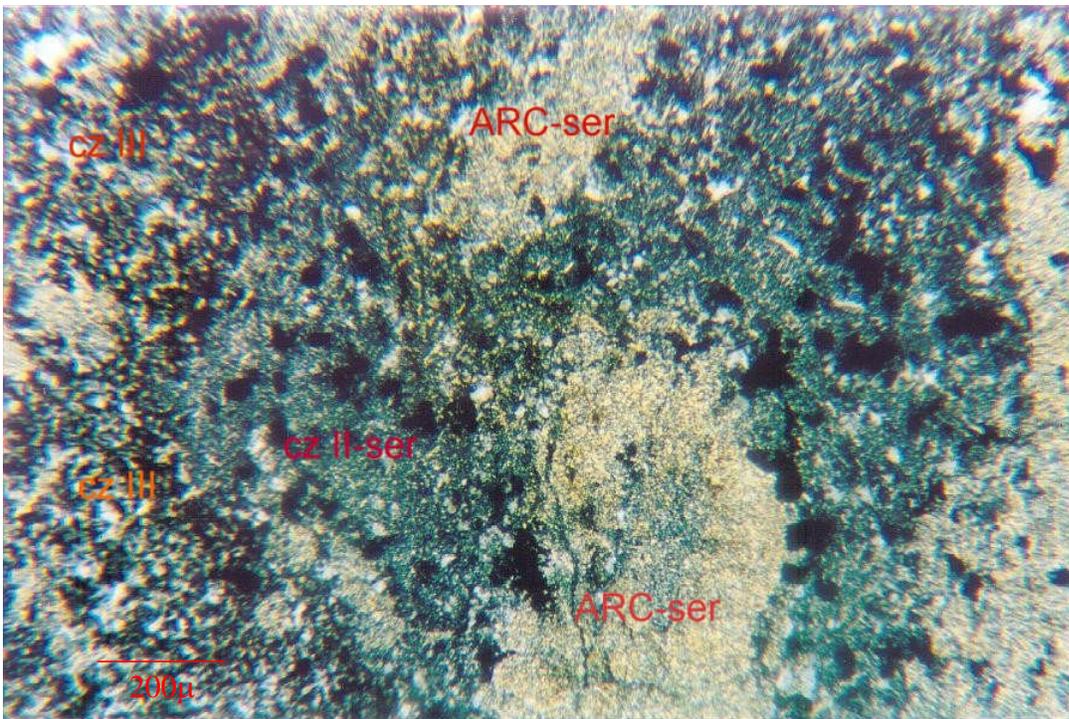


Foto 28: Se observa alteración sericítica (Cuarzo II-sericita (CzII-ser)) y posterior alteración argílica (Cuarzo III-Arcillas(Smectita)-sericita) (CzIII-ARC-ser).

4.2.5 GEOQUIMICA (Correlación Pearson)

De acuerdo al estudio geoquímico (ANEXO - Sección II).

Se tiene en los niveles superiores (Esperanza Alta y Esperanza Baja) buena correlación entre Au-Ag pasando al nivel inferior con mejor correlación entre los metales base (Pb-Zn-Cu).

Se tiene una zona con una buena correlación entre Au-Ag-Pb-Sb-(Zn-Te) en la parte superior (Nivel Esperanza Alta) (Figura No 20) y Au-Ag-Pb-(Cu-Zn) en La Guardia (Figura No 23) (ambas están en la Zona de Galena argentífera), pasando a Au-Ag-Cu-(Pb-Zn-Te) en el nivel intermedio (Nivel Esperanza Baja) (Figura No 21) y luego, en el nivel inferior (Nivel Cortada) (Figura No 22) se tiene Pb-Zn-Cu-(Te-Hg) (Zona de Metales Base) mientras que el Au se correlaciona con As y la Ag se correlaciona con Sb.

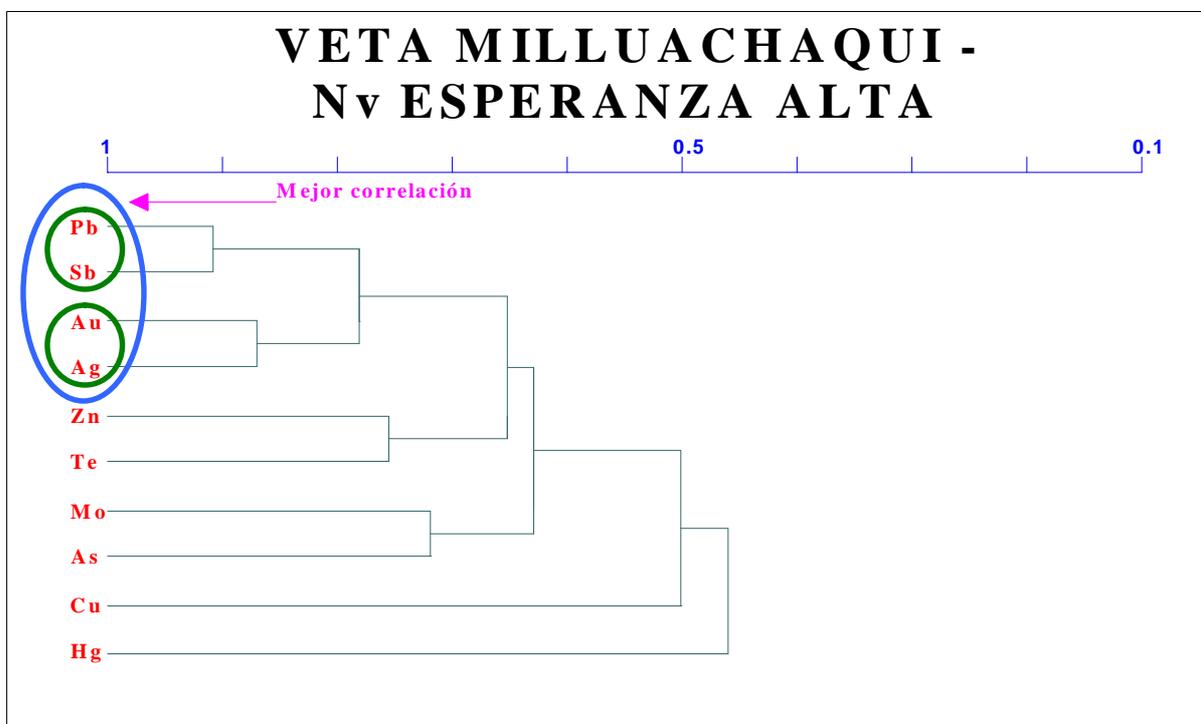


Figura No 20: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Esperanza Alta: Se observa buena correlación (Pb-Sb)-(Au-Ag); otras buenas correlaciones son Zn-Te y Mo-As mientras el Cu y Hg tienen correlaciones intermedias con los demás elementos.

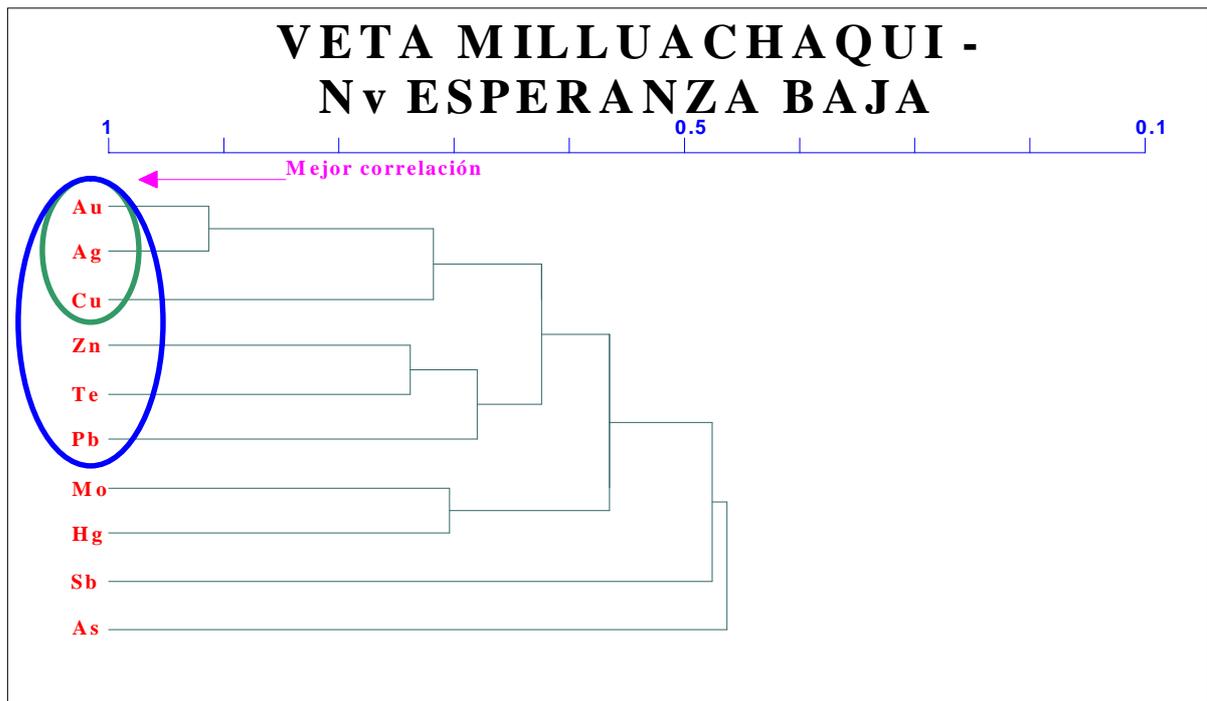


Figura No 21: Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Esperanza Baja: Se observa buena correlación (Au-Ag)-Cu; otras buenas correlaciones son Zn-Te-Pb y Mo-Hg, existe correlación intermedia entre Au-Ag y metales base (Pb-Zn-Cu); mientras el Sb y As tienen correlaciones intermedia con los demás elementos.

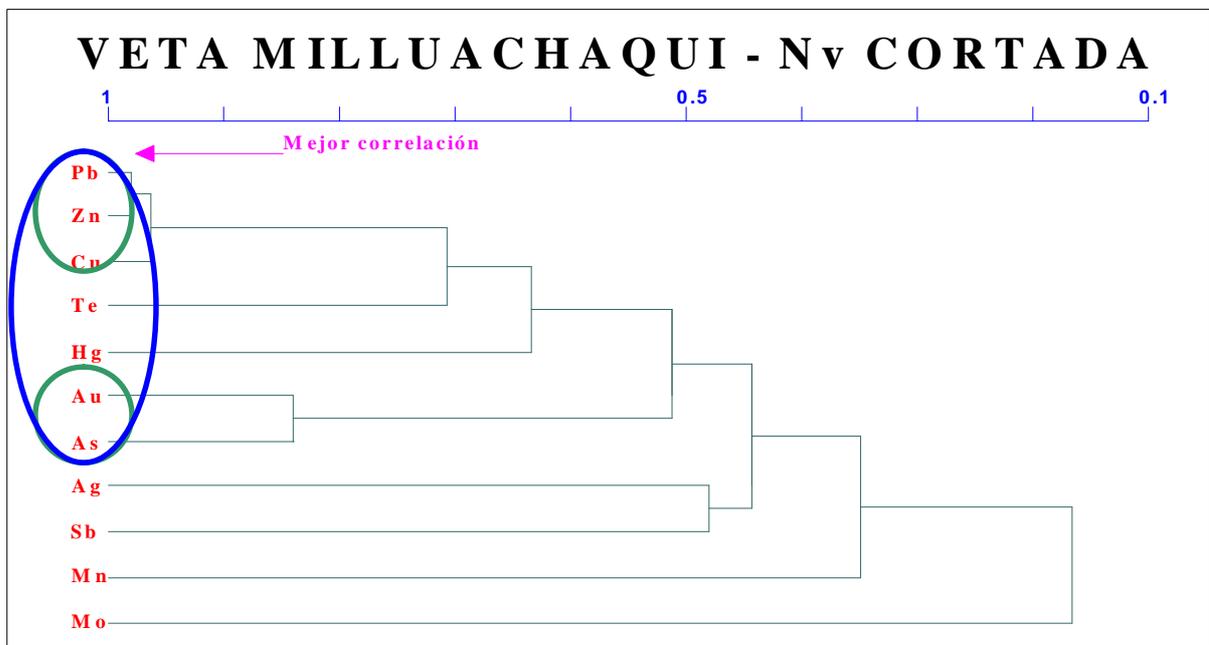


Figura No 22: Diagrama de Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel Cortada: Se observa buena correlación Pb-Zn-Cu-(Te); buena correlación Au-As; mientras que correlación intermedia entre Ag-Sb y los demás metales; el Mn y Mo tienen correlación baja con los demás metales.

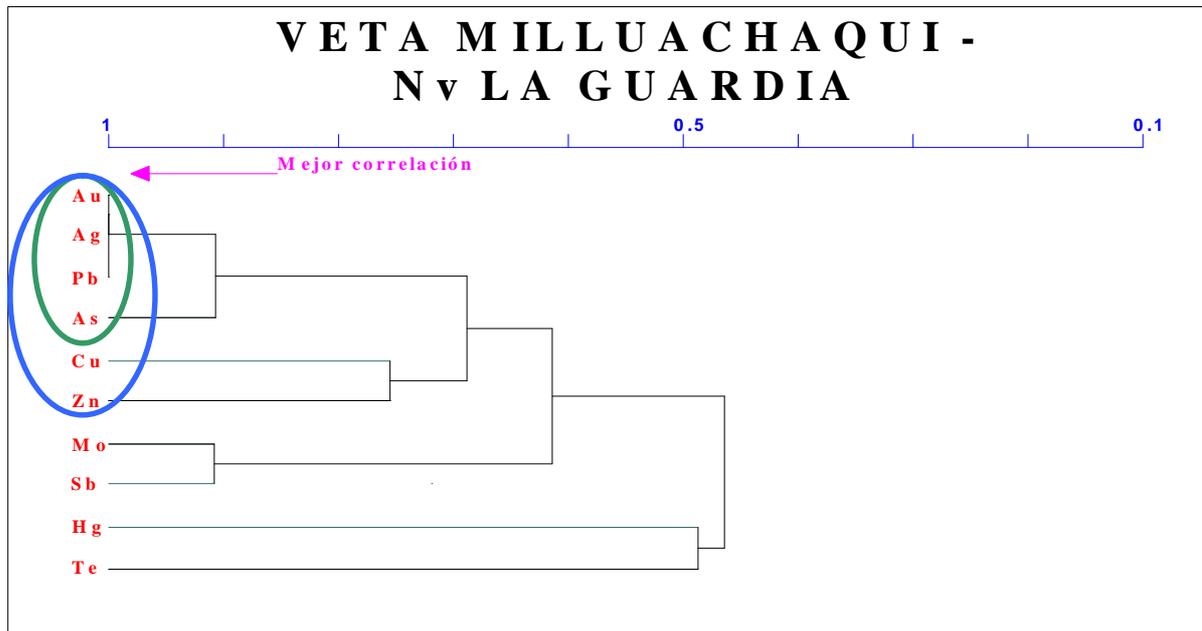


Figura No 23: Diagrama de Correlación Pearson, Veta Milluachaqui, Nivel La Guardia: Se observa una buena correlación Au-Ag-Pb-As-(Cu-Zn), también de Mo-Sb y regular correlación Hg-Te.

4.2.6 ZONAMIENTO

En la labor La Guardia se tiene el siguiente zonamiento vertical según (Hollister 1977) (Figura No 24):

- Menas tipo Bonanza: Zona de Pirargirita-Polibasita-Acantita-Cobres Grises(Ag)
- Menas Ag-Pb: Zona de Galena-Esfalerita-(Ag)
- Menas de la Zona Basal: Zona de Metales Base

En las labores Esperanza Alta y Baja se tiene un zonamiento vertical con Ag-Au-Pb (estefanita, acantita, galena argentífera) en la parte superior, seguida por una zona de Ag-Au-Cu (estefanita, covelita, acantita) (enriquecimiento secundario de Ag y Cu) y en el nivel La Cortada metales base (Zn-Pb-Cu).

Se tiene un zonamiento vertical entre el Au y Ag (Fase II); con mayor cantidad de Au que de Ag (estefanita, acantita con oro nativo) en la parte superior (Nivel Esperanza Alta y Esperanza Baja) disminuyendo en profundidad el Au y aumentando la Ag (Nivel Cortada).

Se tiene menor cantidad de metales base que en la veta Salpo, pero mayor cantidad de minerales de Ag asociados a minerales de Mn sobretodo en la zona de oxidos y enriquecimiento secundario (Figura No 24) hasta 100 m de profundidad donde se tiene acantita-estefanita-polibasita-pearseita-oxidos (Ag-Mn) (Enriquecimiento Supérgeno de Ag).

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

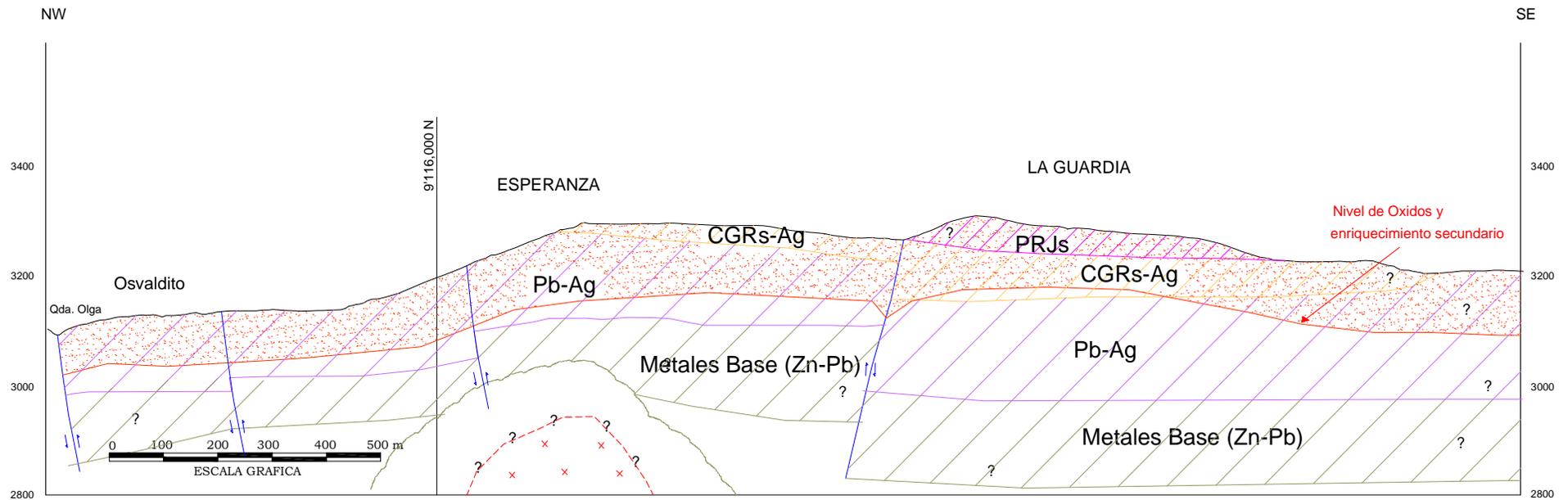


Figura No 24: Zonamiento en la Veta Milluachaqui: Se tiene 4 Zonas: Zona de Platas Rojas seguida por una zona de Cobres Grises argentífero (Zona de Bonanza (Hollister, 1977)), luego una Zona de galena argentífera (Pb-Ag) y una zona de metales base (Zn-Pb-Cu); sobrepuesta a estas zonas se tiene una zona de oxidos e enriquecimiento supérgeno de Ag y Cu de hasta 100 metros. Se presenta un intrusivo, posterior a la mineralización, en el Sector Esperanza que destruye parte de la mineralización en este Sector (evento destructivo).

4.2.7 CONTROLES DE LA MINERALIZACION

Control Estructural: Al igual que la veta Salpo, estructuras de relleno con fallas NW-SE dextrales (Modelo estructural Figura No 08) con lazos sigmoides distensivos en borde de estructuras circulares (caldera resurgente Quinga); esto es evidenciado por las texturas crustiforme, brechas hidrotermales y otro tipos de textura de relleno de espacios abiertos, así como los lazos sigmoides y ramales (Veta San José (E-W)).

Control Mineralógico: El Au se encuentra relacionada a la galena, estefanita, Cobres Grises; se tiene un gran contenido de Ag en minerales de estefanita, Platas Grises, Platas rojas reemplazando a la rodonita, por lo que existe buena asociación rodonita-Ag; y como enriquecimiento supérgeno en acantita y óxidos de Mn-Ag? (psilomelano-Ag).

Control Litológico: Las rocas intermedias (lavas andesíticas) presentan primero una alteración propilítica moderada (clorita-opacos-zeolitas) seguida por una alteración sericítica moderada (sericita-cuarzo II); mientras que las rocas félsicas (tobas dacíticas) la alteración es más pervasiva, con una alteración sericítica intensa (sericita-cuarzo II) seguida por una alteración argílica moderada a intensa (smectita-cuarzo III), siendo en estas roca de mayor amplitud que en las rocas intermedias.

Control Geoquímico: Existe buena correlación Ag-Au-Pb-Sb-(Zn-Te) (galena argentífera) que cambia en profundidad a Ag-Au-Cu-(Zn-Te-Pb); y a mayor profundidad se tiene buena correlación Pb-Zn-Cu-(Te)-(Hg) (metales base) mientras que se correlaciona el Au con As y la Ag con Sb. En el sector la Guardia se tiene buena correlación Au-Ag-Pb-As-(Cu-Zn) (galena argentífera).

3.5.3 OTRAS VETAS IMPORTANTES (Figura No 25)

SECTOR INTRACALDERA (VETAS PRINCIPALES) (Figura No 25)

Relacionadas a las Vetas Salpo y Milluachaqui, parte central de la Caldera Salpo:

3.5.3.1 VETA SALPITO

Está ubicada al norte de la veta Milluachaqui. La veta Salpito tiene una longitud de 1 km. Tiene un rumbo promedio de N 80°W y buzamiento 55° SW. se ha explotado un "clavo" hacia el NO de unos 450 m. de largo y entre 180-270 m. de profundidad (Balarezo y Stephan 1978), habiéndose explotado plata con mineralización parecida a las encontradas en la veta Milluachaqui (Galena argentífera, Cobres Grises argentíferos y Sulfosales de Ag).

3.5.3.2 VETA JESUCITO

Aflora desde el caserío El Palomar (desde el domo Palomar) hasta la quebrada Huaylas. Tiene una longitud total de 1.5 km. La veta es una estructura de rumbo N 70 O y buzamiento promedio de 75 SO. El ancho promedio es de 0.7 m y alcanza hasta 1.5 m. Es probable que sea un ramal de la veta Salpo. Está compuesta mayormente de cuarzo hialino, brechada en algunos tramos, con goetita y hematita en relleno de drusas y fracturas, y pirita diseminada (boxworks reemplazados en parte por óxidos). La caja, en la Caserío el Palomar, es el Calipuy Superior compuesta de tobas dacíticas y riódacíticas donde tiene hasta 2.5 m. de alteración argílica moderada a fuerte con vetillas de cuarzo y óxidos (goetita); luego la roca caja en el sector SE es el Calipuy inferior compuesta por lavas andesíticas violáceas y verdosas, alcanza hasta 1.5 m. de alteración argílica débil a moderada con silicificación débil y vetillas de cuarzo. Tiene un cociente metálico Ag/Au \approx 100

3.5.3.3 VETA SERPENTINA-ACHUPALLA

La Veta Serpentina es una estructura de rumbo N 10°-20° E y buzamiento 45°-60° O está compuesta de cuarzo hialino-blanco con rodonita, calcita y rodocrosita como minerales de ganga, solo en la cancha de escombros se ha observado escasamente: pirita, galena y calcopirita. Aflora a unos 300m. al Norte de la Veta Salpito y es probable que sea un ramal de esta última.

SECTOR BORDE DE LA CALDERA (Figura No 25)

Vetas relacionadas al Sector periférico a la Caldera Salpo (Zona Este del área):

3.5.3.4 VETA RAQUEL

Ubicada cerca al caserío de Chanchacap. Tiene una longitud total de 2 km. con rumbo E-W a N80°O, con alto buzamiento, y ancho desde 1.0 hasta 3.0 m. Es una estructura de cuarzo de textura brechoide con óxidos Fe (15%) y Mn (2-3%) en fracturas y drusas; sericita (5%). Hacia el sector este de la veta, esta se ramalea en tres estructuras.

3.5.3.5 VETA IZAMARI-JOHITA

Ubicada al sur de la veta Raquel. Tiene una longitud total de 2 km. con rumbo de N50°-70°W, y el ancho de veta es de 1.0m a 1.80m, la proyección de sus afloramientos tiene una continuidad de 3 km. Es una estructura de cuarzo de textura masiva y brechoide bien definida, con óxidos en drusas y fracturas, goetita (1%-3%), jarosita (2%-5%), las cajas tienen una alteración argílica moderada y débilmente silicificadas con un ancho de 2.5 m. a cada lado de la veta.

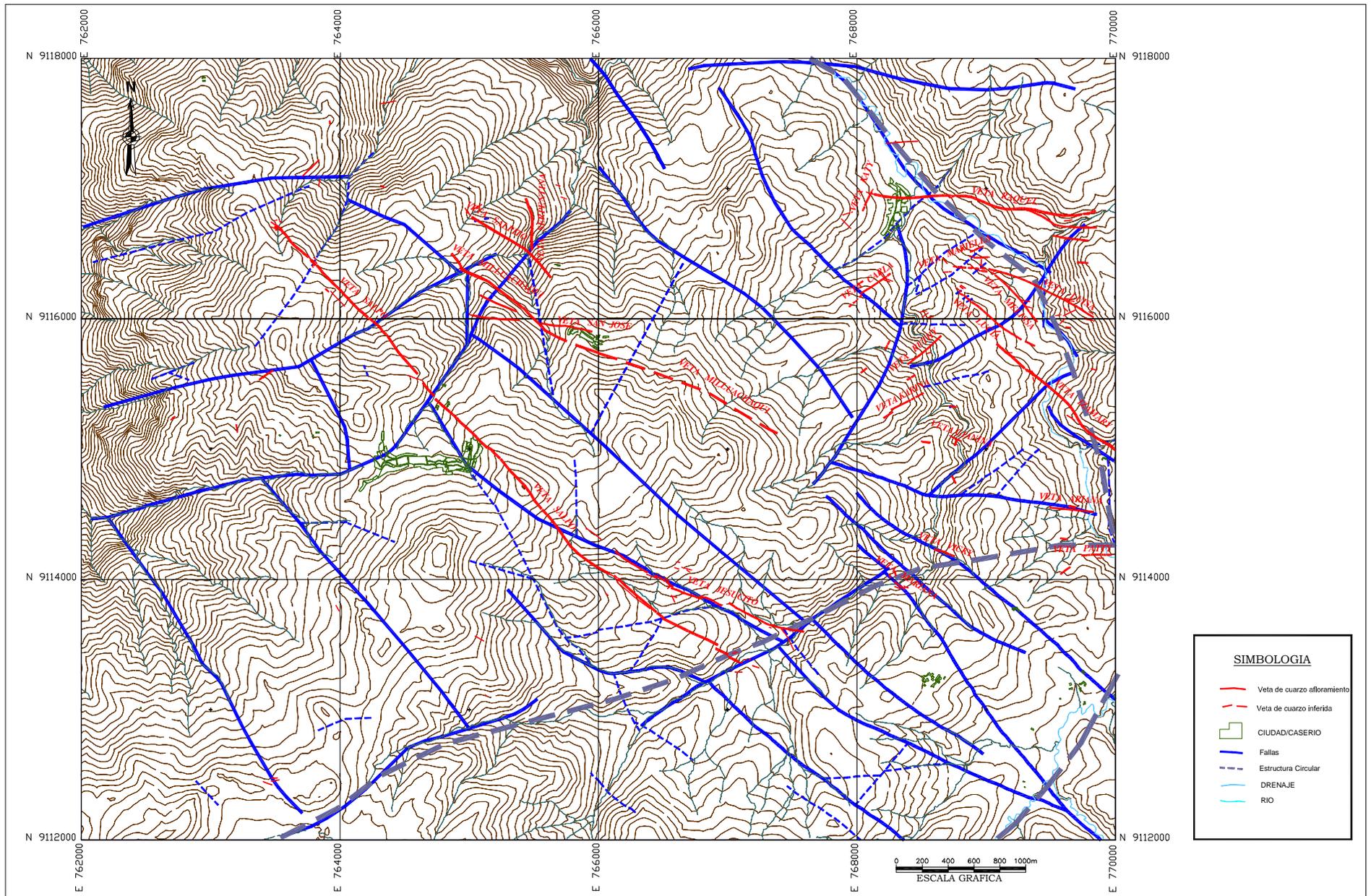


Figura No 25: Mapa de Vetas en la mina Salpo: Se tiene tres sectores: Sector de Vetas principales (Vetas Salpo y Milluachaqui), sector de Vetas radiales (Vetas Patty, Karina, etc) y Sector de vetas nuevas (Vetas Raquel y Johita-Izamarly).

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

Cuadro de Vetas en el Área de la mina Salpo

Sector Intracaldera (Vetas Principales y Ramales):

No	Veta	Potencia	Descripción	Rumbo
1	Salpo	0.5-4 m	Veta, cuarzo hialino textura bxde y crustiforme, metales base(Au-Ag),oxFe 5%	N 70-40° W
2	Milluachaqui	0.5-2 m	Veta, cuarzo hialino, rodonita bandas, metales base (Ag),oxFe y oxMn 3-5 %	N 60-40° W, 60°SW
3	Salpito	0.3-2 m	Veta, cuarzo hialino, rodonita bandas, metales base (Ag),oxFe y oxMn 3-5 %	N 70-80° W,50°SW
4	Serpentina	1-1.2 m	Veta, cuarzo hialino y sacaroide, py 3-10%, oxFe 1-5%, sericita 1%	N 15-10° E, 40°SW
5	Jesucito	0.7-1.5 m	Veta, cuarzo hialino, py diss (2-5%), Metales base (2-5 %), oxFe 5%, arcillas	N 60-70° W,75°SW
6	San José	1 m	Veta, cuarzo hialino, rodonita bandas, metales base (Ag),oxFe y oxMn 3-5 %	E-W,60°SW

Sector Vetas Perifericas Intracaldera (Vetas Radiales):

No	Veta	Potencia	descripción	Rumbo
1	Katy	1 m	Estructura de calcita 20%, siderita 15%, oxFe 15%, roca argilizada	N 75° E
2	Carla	1-1.4 m	Veta, cuarzo hialino, oxFe 25%, arcillas 5%	N 50° E
3	Ruthy	0.3-1.5 m	Veta, Vetillas cuarzo hialino, oxFe 5-10%	N 45° E
4	Karina	0.6-1 m	Veta, cuarzo hialino 30%, oxFe 20%, roca argilizada brechada 50%	N 45° E
5	Gianina	1-2 m	Estructura, venillas de baritina 20%, cuarzo 20% y oxFe 10%	N 50° W
6	Mariella	1 m	Vetillas cuarzo hialino, oxFe 5%	N 60° E
7	Ariana	1.5 m	Veta, venillas sílice 40-50%, cz hialino 30%, roca bxda 20%, oxFe 10%	N 75-80° W
8	Patty	1-1.5 m	Veta, cuarzo hialino 40%, cuarzo gris 5%, calcedonia 10-15%, roca brechada	E-W
9	Vicky	0.5-1.5 m	Veta, venillas de oxFe 40% y de sílice gris 20%, roca argilizada moderada	N 70-75° W
10	Mariana	1.5-2 m	Veta, sílice gris 30%, oxFe 10-20%, oxMn 3-5%, roca argilizada moderada	N 45-50° W
11	Lucia	1.5 m	Veta, cuarzo hialino-lechoso 20% bandas, oxFe 10% y oxMn 2%	N 50° W
12	Melissa	0.5-1 m	Veta, cuarzo hialino 20%, oxFe 10% y oxMn 2%	N 40° W

Sector Vetas Periferica Fuera de la Caldera (Vetas Nuevas):

No	Veta	Potencia	Descripción	Rumbo
1	Raquel	1-2 m	Veta, Cuarzo hialino textura bxde y crustiforme, oxFe 15%, oxMn 2-3%	N 85° W a E-W
2	Izamary	1-2 m	Veta, Cuarzo hialino textura bxde y crustiforme, oxFe 15%, oxMn 2-3%	N 40-50° W
3	Luisa	0.2-1 m	Veta, cuarzo hialino-lechoso, oxFe 10%, oxMn 3%	N 60° W

CAPITULO 5: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y ELABORACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO PROSPECTIVO

5.1 CUADRO METALOGENETICO REGIONAL

Se tiene Cinco Franjas (Figura No 26)

- a) **Franja del Batolito de Pataz (Au):** Mineralización de Vetas Mesotermales con Au en el borde Occidental del Batolito de Pataz. Ej: Marsa, Poderosa y Horizonte. (Edad Carbonífero).
- b) **Franja del Batolito de la Cordillera Blanca (W-Metales Base):** Mineralización de Vetas Polimetálicas con W en intrusivos ácidos. Ej: Pasto Bueno, La Victoria, Mundo Nuevo, Tamboras. Edad de 6 a 3 millones de años (Pitcher, 1985) (Plioceno).
- c) **Franja Cu-Mo-(Au):** Porfidos y Skarns de Cu-Mo-(Au) en intrusiones Terciarias. Ej: Michiquillay, Magistral, La Arena, El Toro, Compaccha. Hacia el sur esta franja llega hasta Antamina (Ancash) y al norte hasta Ecuador. Edad de 18 a 19 millones de años (Toribio, 2001) (Mioceno Inferior).
- d) **Franja Epitermales HS:** Cuerpos Epitermales de Alta Sulfuración en rocas volcánicas (Grupo Calupuy) y en rocas clásticas (Formaciones Chimú y Carhuaz). Ej: Yanacochoa, Alto Chicama, La Virgen, Shahuindo, Comarsa-Santa Rosa. Este sector al sur llega hasta la mina Pierina (Ancash), mientras que al norte se tiene otros yacimientos como Sipán, Tantauatay, etc. Edad de 7-17 millones de años (Toribio, 2001) (Mioceno Medio a Superior).
- e) **Franja de Epitermales de LS y Vetas Polimetálicas con (Ag-Au):** Vetas Polimetálicas con (Ag-Au) en rocas volcánicas (Grupo Calupuy) y rocas clásticas (Formaciones Chimú y Carhuaz). Ej: Salpo, Machacala, Quiruvilca, Chilete, Sayapuyo, Igor, Urumalqui, Algamarca, Costeñita y Tres Cruces (Epitermal de LS diseminado). Edad de 7-16 millones de años (Toribio, 2001) (Mioceno Medio a Superior).

De acuerdo a este cuadro se tiene al yacimiento de Salpo dentro del Sector de Vetas Polimetálicas con (Au-Ag) y Epitermales de Baja Sulfuración siendo la Veta Salpo ejemplo del primero y a la Veta Milluachaqui ejemplo de veta epitermal (Ag-Au). Esta franja es igual a la propuesta por (Cobbing et al. 1981) como Grupo Quiruvilca/Chilete; y al cinturón principal de (Petersen, 1999) del Medio Mioceno Tardío (10-15 Ma).

Mientras la Franja de Cu-Mo-(Au) se encuentra en el cinturón de sobreescorrimento, siendo la franja de Epitermales de HS el límite oeste del cinturón de sobreescorrimientos; estas franjas corresponderían al cinturón trasarco de (Petersen, 1999) del Medio Mioceno Tardío (10-15 Ma); y a los Grupos Antamina-Magistral y Michiquillay-La Huaca de (Cobbing et al 1981).

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

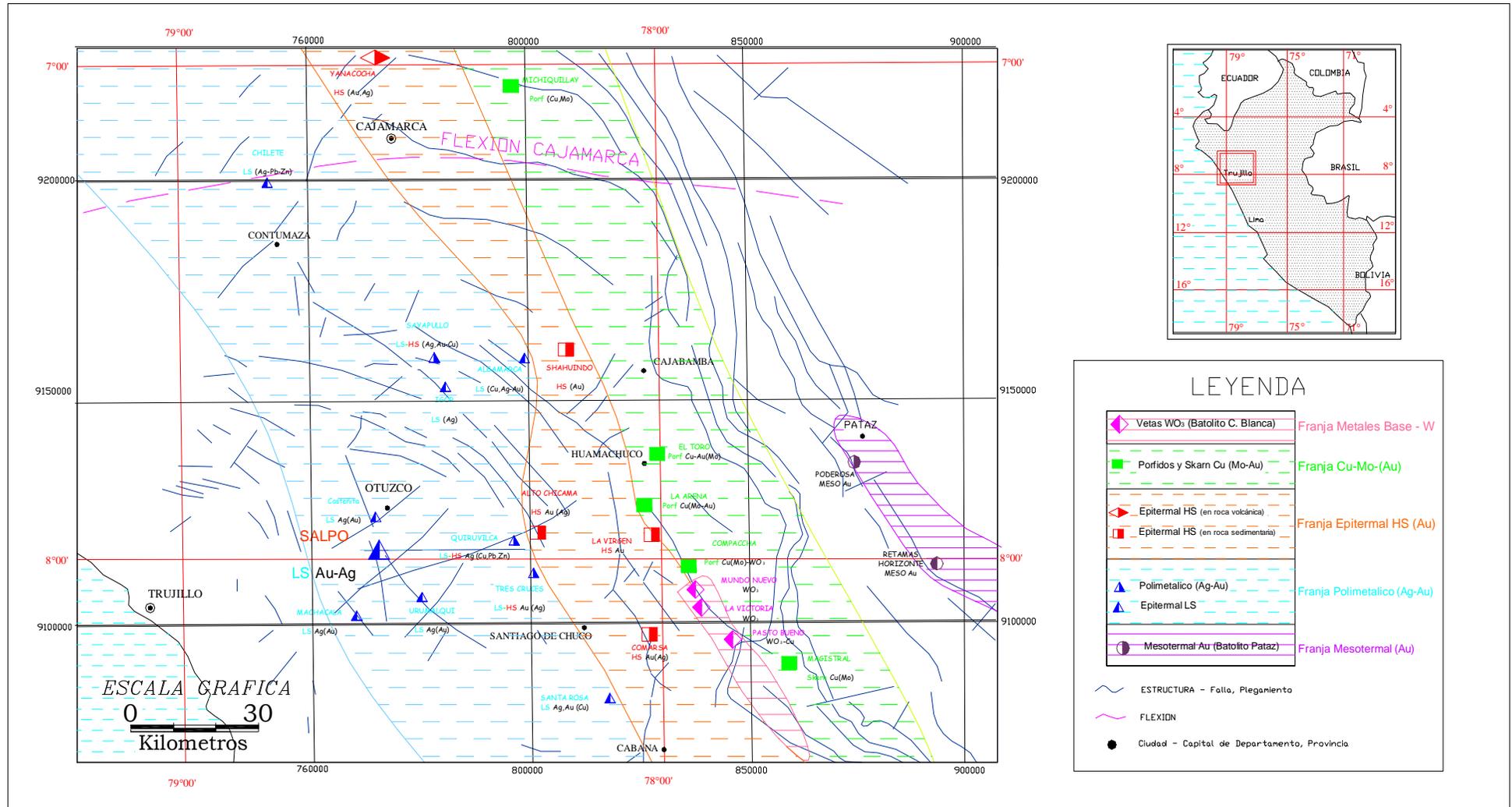


Figura No 26: Mapa Metalogenético Regional (La Libertad-Ancash-Cajamarca): Se tienen 5 Franjas: Franja del Batolito de Patate (Vetas Mesotermales con Au), Franja Cu-Mo-(Au) con (Porfidos y Skarns), Franja W-Metales base (Vetas W y Cu-Pb-Zn-(Au)), Franja Au epitermal HS (Cuerpos Au-(Ag) epitermales HS) y Franja Metales Base-Au-Ag (Vetas epitermales LS y Polimetálicas con Au-Ag).

5.2 MODELO GEOLÓGICO-GENETICO

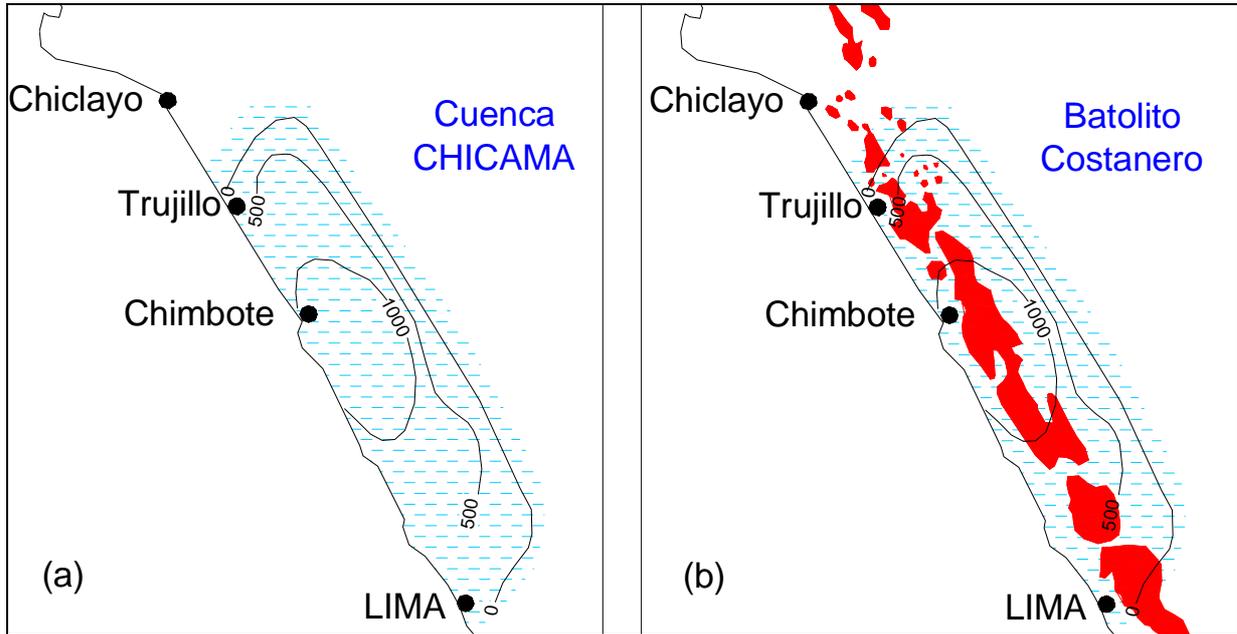


Figura No 27: a) Mapa Isópaco: de las Formaciones Chicama y Oyón (Titoniano-Berriasiano) (Espesor de 600 a 800 m en el área de Salpo. b) Intrusión del Batolito Costanero (Cretáceo Superior-Paleoceno) (Modificado de Cobbing, 1981).

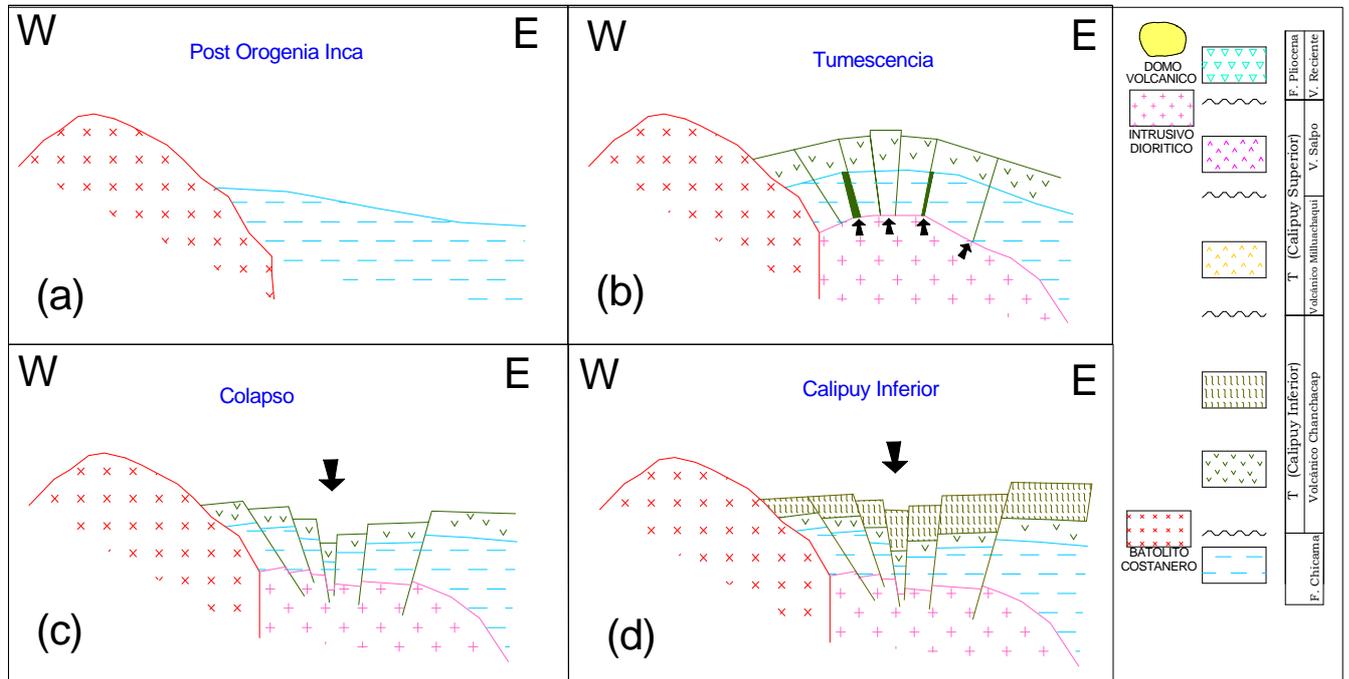
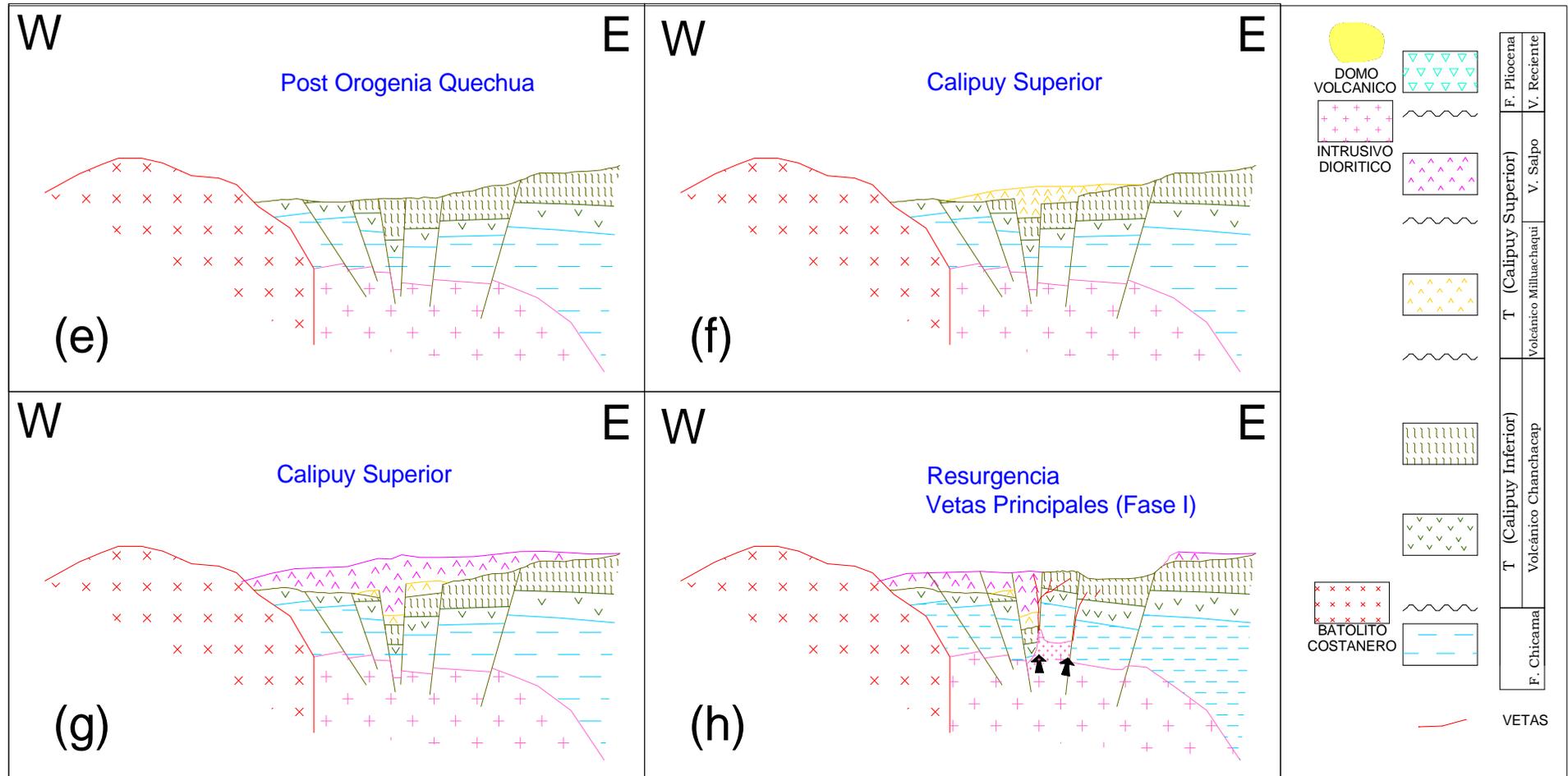


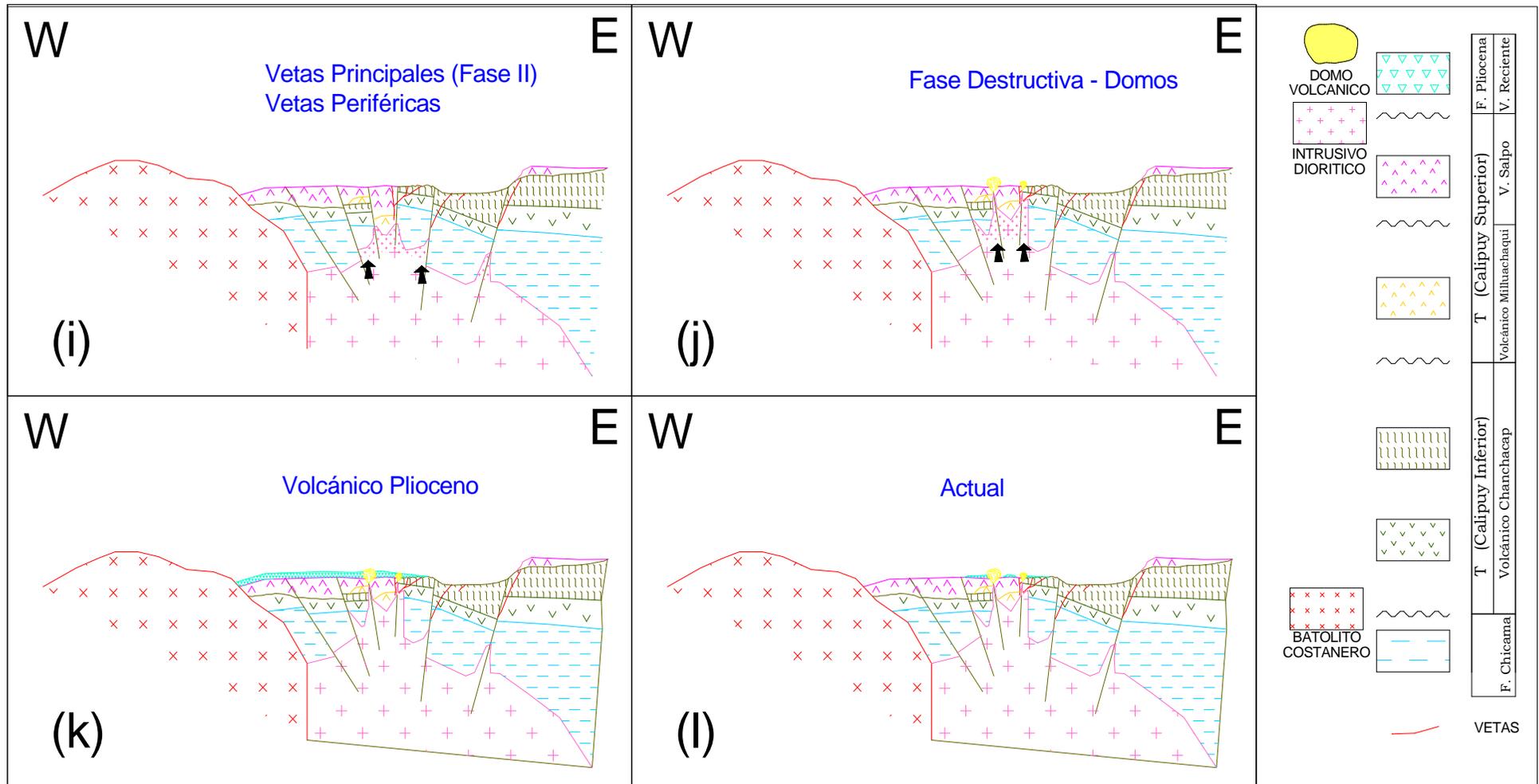
Figura No 28: Esquema de evolución Geológica de Salpo (adaptado de (Elston, 1994), (Echevarria, 1999) y (Fernández et al., 1996): a) Etapa inicial: post orogenia Inca (Eoceno) Superficie de erosión antes de la formación de la caldera. b) Etapa Tumesciente: Intrusión Terciaria y formación de lava basal (Calipuy Inferior). c) Etapa de colapso: Formación de la caldera de colapso. d) Etapa de Relleno (Volcánico Chanchacap) (Calipuy Inferior): Formación de secuencias de lavas andesíticas y tobas andesíticas (Pre-orogenia Quechua I).

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD



(...Continuación) **Figura No 28: Esquema de evolución Geológica de Salpo:** e) Erosión Post-Quechua I: (Mioceno Medio a Superior) Superficie de erosión, ligero plegamiento y colapso en la caldera. f) **Etapá Relleno (Volcánico Milluachaqui) (Calipuy Superior):** Formación de secuencias de tobas dacíticas, colapso y erosión posterior. g) **Etapá de relleno (Volcánico Salpo) (Calipuy Superior):** Formación de secuencias de tobas dacíticas, colapso y erosión posterior. h) **Etapá de Resurgencia (Vetas Principales) (Mioceno Superior-Plioceno Inferior):** formación de la Caldera Resurgente y Mineralización Etapa I (Formación de Metales Base) de las Vetas Principales (NW-SE y E-W); erosión posterior.

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD



(...Continuación) **Figura No 28: Esquema de evolución Geológica de Salpo:** **i) Continuación de la etapa de Resurgencia (Vetas borde de la Caldera):** Mineralización Etapa II (Metales preciosos) y formación del sistema de vetas Raquel-Izamary (NW-SE y E-W). **j) Etapa Destructiva (formación de Domos):** Continúa la resurgencia y destrucción de parte de la mineralización de las vetas principales, formación de los domos dacíticos; erosión posterior. **k) Formación Pliocénica:** Ignimbritas de bombas y lapillis de pómez y líticos. **l) Configuración Actual:** Superficie de erosión.

GEOLOGIA Y EXPLORACION DEL YACIMIENTO DE SALPO, OTUZCO, LA LIBERTAD

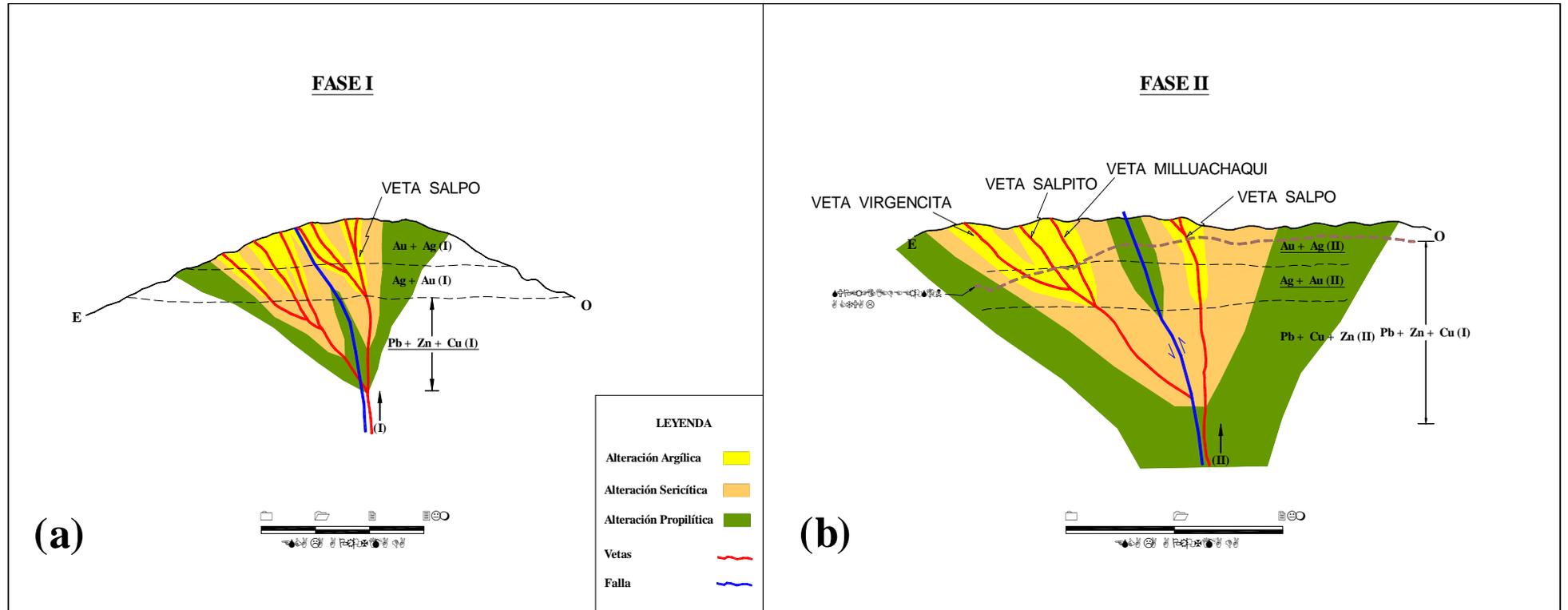


Figura No 29: Modelo de Fases de Mineralización y Alteración en las Vetas Principales: a) En la Fase I se tiene tres zonas: la inferior de metales base (Pb-Zn-Cu) seguida por una zona de Ag-Au y una superior Au-Ag. b) La Fase II se tiene un fallamiento inverso seguida por una sobreimpresión de las zonas de metales base, Ag-Au y Au-Ag luego se tiene una erosión que deja solo parte de la zona Au-Ag. La alteración argílica esta relacionada a la mineralización de Ag-Au y Au-Ag.

El modelo de la evolución de la Caldera Salpo esta relacionada a otros modelos de Calderas (Smith y Bailey 1968), (Elston, 1994), (Rytuba, 1994), (Sillitoe, 1984), (Echevarria, 1999) y (Fernández et al., 1996). Con una fase tumescente (figura 28 b), fase de colapso (Figura 28 c,d,e,f,g) y fase resurgente (Figura 28 h,i,j), siendo la fase resurgente la relacionada a la mineralización.

De acuerdo al modelo Geológico Genético del Yacimiento de Salpo se tiene que el yacimiento se ha formado en la etapa resurgente de la Caldera Salpo, teniendo dos etapas (Figura 29): la Etapa I (metales base) y la Etapa II (metales preciosos) sobreimpuesta a la Etapa I; este tipo de mineralización es llamado Polimetálico Au-Ag (Corbett, 2002), o también Sulfuración Intermedia (Calvo, 2001) (Hedenquist 2001), o transicional entre mesotermal a epitermal.

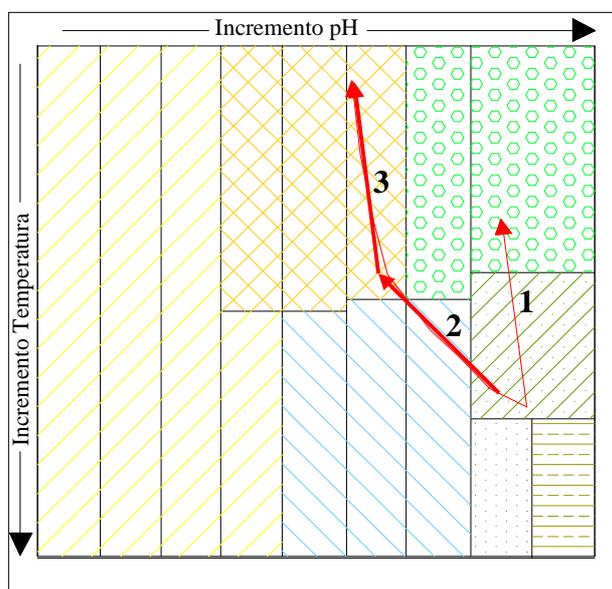
La alteración hidrotermal se inicia con la alteración propilítica sobreimpuesta por la alteración sericitica a su vez sobreimpuesta por la alteración argílica (Smectita-Illita) aunque en la veta Salpo la alteración argílica es poco ácida y en la veta Milluachaqui es casi neutra; esta alteración argílica es la que esta relacionada a la mineralización de Ag-Au en ambas vetas.

Se tiene un evento destructivo (Figura 28 j) de intrusiones y brechas hidrotermales sin mineralización, que ha destruido parte de la mineralización inicial, tanto en la veta Salpo como en la veta Milluachaqui.

La formación del Yacimiento, de acuerdo a estudios de otros yacimientos de este tipo (Berger et al., 1985) (Helad et al., 1987) (Giggenbach, 1992), se ha formado en ambientes poco profundos a someros con fluidos hidrotermales que en la veta Salpo es poco ácido (Smectita-Caolinita) y salino, mientras que en las otras vetas (veta Milluachaqui y Salpito) hay una mezcla con aguas meteóricas que las vuelven neutras y menos salinas (Smectita-Illita) la cual es propicia para la mineralización de Ag-Au; el transporte de los metales en complejos clorurados para (Cu-Pb-Zn-Ag-(Au)) y complejos bisulfuros (Au-(Ag)), la depositación de los minerales económicos es dada por procesos de ebullición y mezcla de fluidos.

Comparado con el modelo de Quiruvilca (Lewis, 1956), el cual tiene una zona central de la caldera con una zona de vetas de Cu seguida por una zona de vetas de Ag-Pb-Zn; mientras la parte central de la Caldera de Salpo presenta mineralización de metales base con Au-Ag seguida por las vetas con mineralización de Ag (Vetas Milluachaqui, Salpito, Serpentina).

Figura No 30: Modelo del Sistema Hidrotermal de Alteración (Modificado de Corbett y Leach 1998): Se tiene el modelo de alteración Hidrotermal de la alteración Propilítica (1) (verde oscuro) sobreimpuesta la alteración Sericitica (2) (celeste) y sobreimpuesta la alteración Argílica (3) (naranja). Se tiene a la alteración propilítica (verde oscuro) con una fase subpropilítica (1) (verde claro)



5.3 APLICACIÓN EN LA EXPLORACIÓN

Importancia de la Metalogenia Regional

Como primer paso las características metalogenéticas regionales como el sector de vetas Polimetálicas con (Ag-Au) (Figura No 26) define la búsqueda y exploración de similares yacimientos a nivel regional. Mientras se exploraría por diferentes tipos de yacimientos en el Sector de Yacimientos Epitermales de Alta Sulfuración y sector de Cu-Au-Mo (Pórfidos y Skarns). Así también los corredores estructurales como Chicama-Yanacocha y Huamachuco-Santa formados por tectónica transtensional (choque oblicuo de las placas).

Importancia de las Estructuras Regionales y Locales

Las imágenes satelitales LandSat, aparte de definir anomalías de color (Arcillas y óxidos), definieron estructuras regionales; que aplicados muestran bordes de estructuras circulares (Caldera Quinga) (Figura No 05), definiendo otros posibles lugares prospectivos a nivel regional.

A partir de estas estructuras circulares (Caldera Quinga y Caldera Salpo), se definen tres sectores (Vetas Intracaldera, Vetas Radiales y Vetas periféricas) (Figura No 25), donde las vetas tienen diferentes características estructurales y mineralización. Este estudio se aplicaría para definir zonas con mayor potencial prospectivo, como son las zonas centrales y periféricas de estas estructuras circulares, aunque la mineralización económica está en estructuras formadas por la orogénesis Quechua I y II (estructuras NW-SE y E-W) y no en las estructuras formadas por la evolución de la Caldera.

Importancia de los Controles de la Mineralización

Se tiene que diferenciar el tipo de roca, en este caso lava y toba, que tienen diferente comportamiento a los esfuerzos tectónicos y diferentes permeabilidades, y dan estructuras y texturas diferentes.

El control mineralógico del oro asociado a metales base (galena-esfalerita) para la Veta Salpo y minerales de plata (estefanita-platas grises) para la Veta Milluachaqui.

El control de alteraciones asociado a la alteración argílica intermedia (Smectita-cuarzo+- Illita) para los metales preciosos (minerales de plata y oro).

Cabe resaltar la afinidad geoquímica del Au con los elementos Ag, As, Hg principalmente y Te, Sb, Cu, Pb también, para encontrar clavos mineralizados.

Importancia del Modelo Geológico Genético:

Al igual que otros modelos se debe resaltar en el reconocimiento de campo: los ensambles de la veta, texturas y los ensambles de alteración para relacionarlos en que parte del modelo nos encontramos.

Es importante resaltar el evento resurgente, en la caldera, como el causante de la mineralización de las vetas principales y periféricas en la caldera, reconociéndolo por un levantamiento de la parte central de la caldera y la formación de un domo volcánico.

Conclusiones

- El vulcanismo Calipuy, encontrado en Salpo, es del tipo intermedio y efusivo en Calipuy Inferior y grada a ácido y explosivo en el Calipuy Superior.
- El yacimiento de Salpo es del tipo polimetálico con Au (Veta Salpo), que grada a epitermal Ag-Au (Vetas Milluachaqui, Salpito y Serpentina).
- La principal característica estructural es que se tiene las mineralizaciones en la parte exterior de la Caldera Quinga, definiéndose tres sectores (Vetas Intracaldera, Vetas Radiales y Vetas periféricas) en la Caldera Salpo.
- La mineralización económica está en estructuras formadas por las orogenia Quechua II (estructuras NW-SE y E-W) y no en las estructuras formadas por la evolución de la Caldera (Estructuras radiales y anulares).
- Otra Característica estructural es que las principales estructuras tienen rumbo andino NW-SE y E-W de acuerdo al modelo estructural y parecido a otras estructuras mineralizadas en el país.
- La característica litológica es que la roca encajonante volcánica lávica tiene diferente comportamiento al fracturamiento y a la alteración hidrotermal (estructuras continuas y halos de alteración menor potencia) que la roca volcánica toba félsica (estructuras ramificadas y brechas, y halos de alteración más potentes).
- El intrusivo relacionado a la mineralización es una diorita porfirítica, encontrada en la labor Runatullo.
- Zonamiento vertical de metales base (zona de Cu seguido por una zona de Pb-Zn) con sobreimpresión de Au-Ag-As-Hg para la veta Salpo.
- Zonamiento vertical de mineralización de Ag (zona metales base seguida por una zona de galena argentífera, luego por una zona de Cobres grises argentíferos y por último una zona de Platas Rojas), en la veta Milluachaqui.
- Zonamiento Horizontal entre las vetas principales con la veta Salpo (SW) con $Ag/Au = 53$ (mayor cantidad de Au) y la veta Serpentina (NE) con $Ag/Au = 486$ (mayor contenido de Ag).
- La alteración directamente relacionada con la mineralización de (Ag-Au) es el ensamble cuarzo fino-smectita-sericita-(illita), alteración argílica a sericítica de moderada a fuerte.
- La zona de óxidos aumenta la ley de Cu y Ag (ambas vetas) pero no la de Au y puede alcanzar hasta 100 m.
- La geoquímica encontrada en la veta Salpo relacionada a la mineralización de metales preciosos presenta una buena correlación de Au-Ag-As-Hg-(Sb)-(Te).
- La geoquímica encontrada en la veta Milluachaqui presenta una buena correlación de Ag-Au-Pb-Cu-(Zn)-(As)-(Te) además de minerales de Mn.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar nuevos mapas metalogenéticos en todo el país, incluyendo los nuevos yacimientos encontrados actualmente.
- Se recomienda un análisis estructural, regional y local, a otras vetas de la región, para ver la relación con el yacimiento de Salpo.
- Se recomienda realizar estudios geoquímicos de dendogramas de correlación Pearson para encontrar grupos de elementos afines y no solo tener dos elementos afines y correlacionables.
- Se recomienda aplicar el modelo geológico genético de Salpo en la búsqueda de yacimientos de similares características (Polimetálicos (Au-Ag) y Epitermales (Ag-Au)).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Araneda, R. (2003):** Proyecto del Alto Chicama, distrito de Quiruvilca, Departamento de La Libertad, Perú. ProEXPLO 2003. Lima. Perú
- Balarezo, A. y Stephan, S. (1978):** Informe sobre la Mina Salpo, Departamento de La Libertad. Sector de Energía y Minas. Instituto de Geología y Minería. Cooperación Minera Peruano- Alemana. Lima
- Bellot, J-P.; Lerouge, C.; Bailly, L. y Bouchot, V. (2003):** The Biards Sb-Au-Bearing Shear Zone (Massif Central, France): An Indicator of Crustal-Scale Transcurrent Tectonics Guiding Late Variscan Collapse. *Economic Geology*. Vol. 98, 2003. pp 1427-1447.
- Benavides, V. (1956):** Cretaceous System in Northern Peru. *Amer. Mus. Nat. Hist. Bull.* Vol. 108 A.t. 4. New York.
- Benavides, V. (1999):** Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The andean cycle. En: Skinner, B. (1999). *Geology and ore deposits of the central andes*. SEG. Special Publication No 7. p. 61-107
- Berger, B.R. y Bethke, P.M. (1985):** *Geology and Geochemistry of Epithermal System: Reviews in Economic Geology, Volume 2.*
- Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas (1905):** Otuzco y sus asientos Minerales. Boletín del Cuerpo de Ingenieros de Minas No 22. Lima. Perú.
- Calvo, G. y Guevara, N. (1994):** Evaluación Geológico – Minera preliminar del distrito Ag – Au de Salpo (distrito de la Libertad, Trujillo), TVX Minera del Perú. Informe interno.
- Calvo, G. C. (2001):** Mineralizaciones Epitermales de sulfuración Intermedia y algunos ejemplos Peruanos. *Revista MinerAndina* N° 28, p. 254-256.
- Cobbing, J. ; Pitcher, W. ; Wilson, J. ; Baldock, J. ; Taylor, W. ; McCourt, W. y Snelling, N. (1981):** Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Norte del Perú. INGEMMET. Boletín No 10. Serie D. Estudios Especiales.
- Corbett G. J. y Leach T. (1998):** Southwest Pacific Rim Gold-Copper System: Structure – Alteration – Mineralization. Special Publication 6, Society of Economic Geology, 238 p.
- Corbett, G.J. (2002):** Epithermal Gold for Explorationists: AIG Presidents Lecture, Revista on-line AIG, abril 2002, <http://www.aig.asn.au>
- Cosio, A (1964):** Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. INGEMMET. Serie A. Boletín N° 08. Lima
- Cosio, A. y Jaén, H. (1967):** Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. Boletín N° 17. Serie A. INGEMMET. Lima.
- Díaz, Walter (2001):** Estudio Técnico del Pasivo Ambiental de la Mina Salpo. Minera Salpo S.A. Informe Interno.

- Díaz, Noel (1999):** Metalogenia de la Región de Huamachuco. En: Seminario "Metalogenia y Exploración de Yacimientos Polimetálicos". UNI. Lima.
- Echevarria, L. (1999):** Evolución Geológica y su relación con la mineralización epitermal en el área el Dorado—Monserrat, Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *Stvdia Geológica Salmanticensia*, 35 (1999): p 21-39
- Elston, W. E. (1994):** Siliceous Volcanic Centres as Guides to Mineral Exploration: Review and Summary. *Economic Geology*. Vol 89. pp. 1662-1686.
- Farrar, F. y Noble, D. (1976):** Timing of late Tertiary deformation in the Andes of Perú. *Bull. Geol. Am.*, Vol. 87, pp. 1217-1250.
- Fernández, R. Echeveste, H. Echevarria, L. Schalamuk, I. (1996):** Control volcánico y tectónico de la mineralización epitermal del área La Josefina. Macizo del Deseado, Santa Cruz, Argentina. *Actas XIII Congreso Geológico Argentino*, III:41-54.
- Giggenbach, W.F. (1992):** Magma Degassing and Mineral Deposition in Hydrothermal System along Convergent Plate Boundaries. *Economic Geology*, V. 87, p. 1927-1944.
- Goldfarb, R.J. y Nielsen, R.L. (2002):** Integrated Methods for Discovery: Global Exploration in the Twenty-First Century. *Economic Geology - Special Publications Number 9*.
- Heald, P. ; Foley, N.K., y Hayba, D. (1987):** Comparative anatomy of volcanic-hosted epithermal deposits: Acid-sulfate and adularia-sericite types: *Economic Geology*, v. 82, p. 1-26.
- Hedenquist, J. W. (1987):** Mineralization associated with volcanic-related volcanic system in the circum-Pacific basin: Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference, 4th, Singapore, August 17-22, 1986, Transactions, p. 513-524.
- Hedenquist, J.W. ; Izawa, E. ; Arribas, A. y White, N.C. (1996):** Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration: Poster and booklet, *Resource Geology Special Publication*. p. 1-17.
- Hedenquist, J. ; Claveria, R. y Villafuerte, G. (2001):** Types of Sulfides-rich epithermal deposit and their affiliation to porphyry systems: Lepanto-Victoria-Far Southeast Deposit, Philippines, as examples. *ProEXPLO 2001*. Lima.
- Henley, R. W. (1985):**The geothermal framework for epithermal deposits: en *Geology and Geochemistry of Epithermal System*, en: Berger & Bethke: *Reviews in Economic Geology*. Vol 2.
- Hollister, V. ; Entwistle, L. (1977a):** The Milluachaqui Epithermal Silver District of Northern Peru. *Mineralium Deposita* 12.
- Hollister, V. (1977b):** Kinematics and regional tectonic implications of the east-trending fold belt of Perú. *Geological Society of America Bulletin*, v.88. p. 1749-1755
- Hollister, V. y Sirvas, E. (1977c):** The Calipuy Formation of Northern Perú, and its relation to volcanism in the northern andes. *Journal of Volcanology and geothermal research*, 4 (1978) 89-98.

- Jenks, W. (1948):** Geología del cuadrángulo de Arequipa, Instituto Geológico del Perú. Bol. N°9. Lima.
- Lewis, R (1956):** The geology and ore deposits of the Quiruvilca district, Perú: Economic Geology, v.51, p. 41-63.
- Lindgren, W. (1933):** Mineral Deposit, 4th Edition: New York. McGraw-Hill, 930 p.
- Palacios, O. (1995):** Geología del Perú. INGEMMET. Boletín No 55 Serie A. Lima. Perú.
- Paz, M. y Galloso, A. (1989):** Reconocimiento Geológico-Minero del Área Sur de Salpo. INGEMMET. Lima.
- Petersen, Ulrich (1999a):** Estudio acerca de Salpo. Memorandum Interno.
- Petersen, Ulrich (1999b):** Magmatic and Metallogenic Evolution of the Central Andes. SEG. Special Publication No 7. p. 109-153
- Quiroz, A. (1997):** El corredor Estructural Chicama-Yanacocha y su importancia en la metalogenia del norte del Perú. IX Congreso Geológico Peruano. Sociedad Geológica del Perú.
- Reyes, L. (1974):** Influencia de la cuenca titoniana en las principales estructuras andinas del Norte del Perú. Deflexión de las estructuras. Revista "El ingeniero Geólogo" V.16 p. 51-57
- Rivera, R. (1951):** La fauna de los estratos Puente Inga. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo 22. Lima.
- Rytuba, J.J. (1994):** Evolution of Volcanic and Tectonic Features in Caldera Setting and their Importance in the Localization of Ore Deposits. Economic Geology. Vol. 89. p. 1687-1696.
- Sillitoe, R.H. (1980):** Cauldron Subsidence as a Possible inhibitor of Porphyry Copper Formation. Mining Geology Special Issue, N 8, p. 85-93.
- Sillitoe, R.H. y Bonham, H. (1984):** Volcanic Landforms and Ore Deposits, Economic Geology, Vol 79. p. 1286-1298.
- Sillitoe, R.H. (1993):** Epithermal models: genetic types, geometrical controls and shallow features, en Mineral Deposit Modeling (Eds: Kirkham, Sinclair, Thorpe y Duke), Geological Association of Canada, Special Paper 40: 403-417.
- Sirvas, E. y Hollister V. (1979):** La formación Calipuy del norte del Perú. Boletín de la sociedad geológica del Perú. Tomo 64. pág. 1 – 15.
- Smith, R.L., y Bailey, R.A. (1968):** Resurgent cauldrons: Geological Society of America Memoir 116, p. 613-662.
- Stappenbeck, R. (1929):** Geologie des Chicama tales in NordPeru und seiner Anthrazitlagerstaetten. Geol. Und Paleont. Abhandl. N. F. 16, H. 14.

- Stewart, J. W. ; Evernden, J. F. y Snelling, N. J. (1974):** Age Determinations from Andean Peru: A reconnaissance Survey. Bull. Geol. Soc. Am. 85, 1107-1116.
- Tankard, A. (2002):** Tectonics of Basin Evolution and Linkage. XI Congreso Peruano de Geología, Lima, 22-23 Septiembre, Short Course Notes.
- Toribio, L (2001):** Rasgos comparativos de mineralización–alteración en rocas sedimentarias – Corredor aurífero septentrional. En seminario: “Alteraciones hidrotermales – guía de exploración” – Julio 2001. UNI. Lima.
- Torres, A. y Enríquez, J.A. (1997):** Características Estratigráficas y Estructurales como control de la metalogenia en la cordillera Negra. En: IX Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. p. 403-407. Lima.
- Trottereau, G. y Ortiz, G. (1963):** Geología de los cuadrángulos de Chimbote y Casma. Com. Carta Geológica Nacional. Lima.
- Tumialán, P.H. (1982):** Mineralización del Yacimiento de Salpo (La Libertad). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Boletín del Jueves Minero.
- Turner, S.J. (1997):** The Yanacocha epithermal Au Deposits Northern Perú: High Sulfidation Mineralization in flow Dome Setting. PhD. Thesis, Colorado School of Mines, Colorado, U.S.A.
- Yzalaca, J. (1996):** Proyecto Salpo; Reconocimiento y Evaluación preliminar. SIMSA, informe interno.
- White, N.C. y Hedenquist, J.W. (1995):** Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration.- Newsletter of Soc. Econ. Geol. V.23. p 9-13
- Wilson, J. (1963):** Cretaceous stratigraphy of central Andes of Peru. AAPG. Bull. Vol. 47, N°1.