

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO DE CHIPMO”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR**  
**CARLOS CÉSAR VILLÓN BERROCAL**

**LIMA – PERU**

**2011**

“A mis Padres que siempre estuvieron presentes”

## RESUMEN

El yacimiento de Chipmo se encuentra ubicado en el distrito de Orcopampa, a 350 km de la ciudad de Arequipa. Es un yacimiento de tipo filoneo de Au de sulfidación intermedia y de una edad aproximada de 18Ma (Noble, 1998). La mineralización se emplaza en rocas de composición andesítica y dacítica pertenecientes al Volcánico Sarpate datados en 19 Ma (Swanson, 2002), que correlaciona con el Grupo Tacaza en la zona sur del Perú. El control estructural asociado a la mineralización en el yacimiento de Chipmo se encuentra en dos sistemas de fallas: N30°W / 85° y N60°E / 80°. La alteración hidrotermal del yacimiento varía desde: argílica avanzada (Dck, Pyr), argílica (Kao), argílica intermedia (Illi, Mont) y propilítica (Clts, Cal, Py). Los minerales del grupo del caolín son muy difundidos en la alteración hidrotermal, tendiendo a formar diversas variedades como dickita o pirofillita principalmente, en las zonas más alejadas se presenta montmorillonita. La geometría de la mineralización es vetiforme con un ancho promedio de 3 metros. Las texturas de mineralización principales son las texturas de brecha y de reemplazamiento. La mineralización se caracteriza por tener como ganga al cuarzo, la mineralización de oro se encuentra como electrum con 10-15% de plata. Los minerales asociados a la mineralización de plata además del electrum están los telururos de plata (pearcita, cervellita, hessita, petzita, telururos Ag-Bi), sulfuros de plata (argentita, pirargirita, sulfuros Au-Ag, mackistryita, matildita), freibergita, tetraedrita y tenantita. El objetivo de este trabajo es interpretar las diferentes características geológicas del yacimiento de Chipmo y así conocer sus controles de mineralización. La aplicación de este trabajo es contar con una herramienta de exploración que sirva a los geólogos de la mina identificar nuevas áreas de exploración.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se da una visión general de la geología del yacimiento de Chipmo, además de algunos alcances de las características litológicas, estructurales, alteraciones hidrotermales y características geoquímicas de este yacimiento.

Los Volcánicos Sarpane Ts (19Ma) reconocido como el metalotecto del yacimiento de Chipmo corresponde a un tipo de roca que necesita ser reconocido y caracterizado para establecer y dirigir las exploraciones futuras.

Para la caracterización petrológica y mineralógica se utilizó la microscopía de secciones delgadas y pulidas, ensayos geoquímicos y análisis MLA.

En la determinación de las arcillas se usó el Pima y estudios de difracción de rayos X que sirvieron para la caracterización de las alteraciones hidrotermales.

Como ensayos geoquímicos se realizaron análisis por multielementos ICP para caracterización geoquímica de la mena, también se realizaron análisis de roca total XRF y tierras raras para la caracterización petrológica y de las alteraciones hidrotermales.

Además del cartografiado de superficie y de las diferentes labores mineras, que fue una herramienta básica para las interpretaciones. Fue muy importante el logueo de diversos taladros diamantinos que permitieron observar las diversas variaciones litológicas y alteraciones transversalmente a las estructuras mineralizadas.

El yacimiento de Chipmo encierra todavía muchas características por explicar que poco a poco se va conociendo y resulta cada día más interesante.

Profundos agradecimientos al personal del Departamento de Geología de Orcopampa que siempre me brindaron su apoyo incondicional.

También un agradecimiento al Ing. Julio Meza, Jefe de Geólogos de Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. quien autorizó la realización de este trabajo.

## INDICE

### CAPITULO I

<b>GENERALIDADES</b> .....	1
1.1 UBICACIÓN .....	1
1.2 ACCESIBILIDAD .....	1
1.3 RESEÑA HISTORICA .....	3
1.4 ESTUDIOS ANTERIORES .....	5
1.5 OBJETIVO DEL ESTUDIO .....	5
1.6 METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	5

### CAPITULO II

<b>GEOLOGIA REGIONAL</b> .....	6
1.7 GEOMORFOLOGÍA .....	6
1.8 ESTRATIGRAFÍA .....	8
1.8.1 Rocas Sedimentarias del Mesozoico .....	8
1.8.2 Rocas Volcánicas Cenozoicas .....	9
1.8.3 Depósitos Superficiales .....	12
1.9 EVOLUCIÓN TECTÓNICA.....	16
1.9.1 Fallamiento Normal del Mioceno Temprano .....	16
1.9.2 Deformación Compresiva del Mioceno Tardío .....	18

### CAPITULO III

<b>GEOLOGÍA LOCAL</b> .....	20
1.10 ESTRATIGRAFÍA.....	20
1.10.1 Volcánicos Santa Rosa (Mioceno Inferior) .....	20
1.10.2 Toba Manto (Mioceno Inferior) .....	20
1.10.3 Volcánicos Sarpene (Mioceno inferior) .....	20

1.10.4	Tobas Chipmo (Mioceno Medio) .....	21
1.10.5	Los volcánicos Andagua (Plioceno a Cuaternario) .....	21
1.10.6	Geoquímica de rocas volcánicas .....	24
1.10.7	Comentario sobre los Volcánicos Sarpane .....	28
1.10.1	Tipo de plagioclasas que componen los Volcánicos Sarpane .....	30
1.11	<b>GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b> .....	35
1.11.1	Movimiento Extensional .....	35
1.11.2	Movimiento Compresional .....	35
1.11.3	Comentario sobre la geología estructural.....	38
1.11.4	Modelos estructurales .....	39
1.12	<b>ALTERACIONES HIDROTERMALES</b> .....	49
1.12.1	Argílica Avanzada .....	49
1.12.2	Argílica .....	49
1.12.3	Argílica Intermedia .....	49
1.12.4	Subpropilítica .....	49
1.12.5	Propilítica .....	49
1.12.6	Relación entre la alteración hidrotermal y la mineralización .....	50
1.12.7	Geoquímica de las alteraciones hidrotermales .....	51
1.13	<b>GEOMETRÍA Y TEXTURAS DE LA MINERALIZACIÓN</b> .....	67
1.13.1	Textura de Brecha .....	67
1.13.2	Textura de Reemplazamiento .....	68
1.13.3	Texturas Bandeadas .....	69
1.14	<b>SECUENCIA PARAGENÉTICA</b> .....	73
1.14.1	Pre Mineralización .....	73
1.14.2	Mineralización .....	73
1.14.3	Pos Mineralización .....	73
1.15	<b>MINERALOGÍA DE ORO Y PLATA</b> .....	79
1.16	<b>EDAD DE LA MINERALIZACIÓN</b> .....	81
1.17	<b>TERMOMETRÍA</b> .....	81

1.17.1	Calculo del grado de sulfidización .....	89
1.17.2	Características de inclusiones fluidas de dos generaciones de cuarzo .....	90
1.18	TIPO DE YACIMIENTO .....	91
1.19	GEOLOGÍA ECONÓMICA .....	91
1.19.1	Afloramientos .....	91
1.19.2	Estructuras principales en explotación y exploración .....	91
1.19.3	Reservas .....	92
1.19.4	Producción .....	93
CAPITULO IV		
	<b>DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LS RESULTADOS</b> .....	94
CAPITULO V		
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	101
CAPITULO VI		
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	103

## **CAPITULO I**

# **GENERALIDADES**

### **1.1 UBICACIÓN**

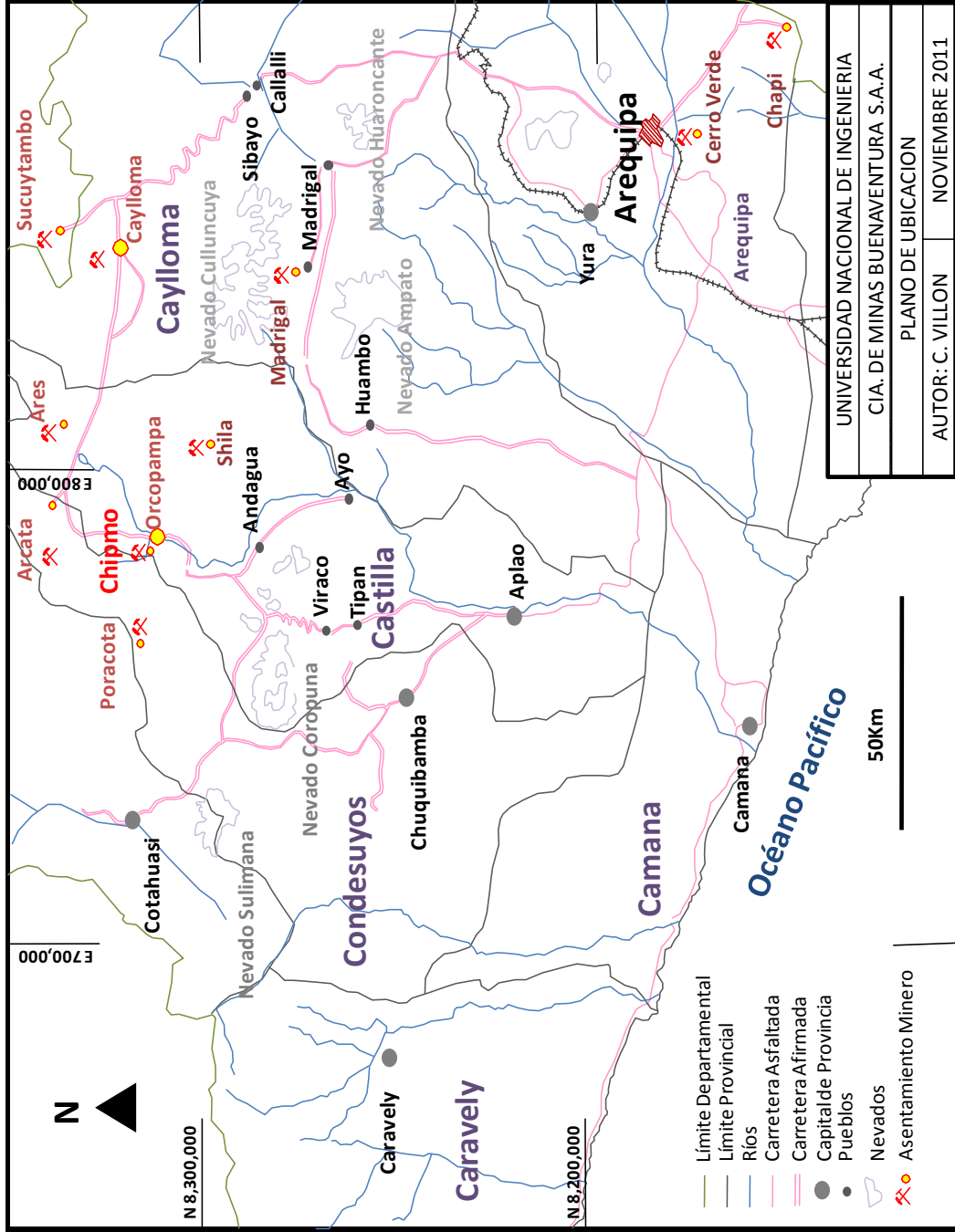
La mina Chipmo se ubica en dos distritos: Chilcaymarca y Orcopampa pertenecientes a la provincia de Castilla departamento de Arequipa. Una coordenada (Datum: PSAD56 18S) principal referencial es: Este 783,000, Norte 8'310,000 y Altitud 3,800m.s.n.m.

### **1.2 ACCESIBILIDAD**

El acceso al distrito de Orcopampa se puede realizar por vías terrestres y aéreo:

- Por la carretera Arequipa, Aplao, Viraco, Orcopampa, o por Arequipa, Aplao, Chuquibamba, Orcopampa: 370 Km.
  
- Una segunda ruta, es partiendo de Arequipa pasando por Sibayo, Caylloma, desvío mina Arcata, Orcopampa: 320 Km.
  
- Utilizando el aeropuerto de Orcopampa, se tiene el servicio de avionetas Lima – Orcopampa – Arequipa Lima (Lima – Orcopampa: 1.5 H, Orcopampa – Arequipa: 20', Arequipa – Lima: 1H 50' ).





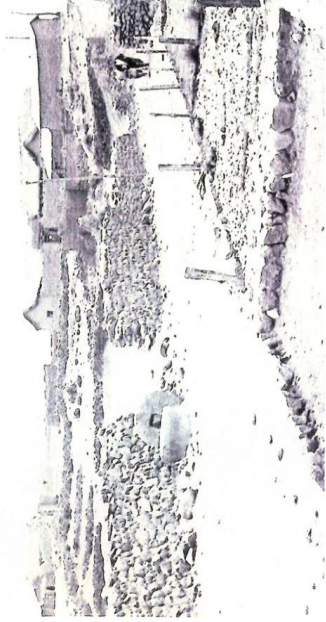
Mapa N°1. Ubicación y accesibilidad a Orcopampa (Villón, 2011).

### **1.3 RESEÑA HISTORICA**

La zona de Orcopampa cuenta con una larga historia minera desde la época de la colonia. En diferentes áreas circundantes a las minas existen “ingenios” con sus clásicas ruedas de molino, que evidencian los trabajos realizados en la antigüedad. En 1960 la Compañía de Minas Buenaventura S.A. se interesa por la zona y en 1962 se inició las exploraciones en Orcopampa, los trabajos se reiniciaron en la zona de Tudela y estudios en Manto. Los resultados de los trabajos iniciales de Buenaventura concluyo con la firma de un contrato de arrendamiento con el Sindicato Minero de Orcopampa y consecuentemente con la construcción de una planta concentradora para 300 toneladas, la que empezó a funcionar en 1967 bajo un acuerdo con el Sindicato con 10% de regalía. En 1991 se descubre la veta Prometida con la cual se inicia una serie de exploraciones en la zona de Chipmo. En 1998 cuando las minas Calera y Manto ya estaban en cierre se descubre la veta Nazareno con la cual se da inicio a las operaciones en la mina Chipmo y Orcopampa pasa ser de un productor de plata a un productor netamente de oro.



**Molino de Piedra Huancarama**



**VISTA ORCOPAMPA ANTIGUA  
(AUN ESTABAN LAS PIEDRAS DE MOLINO)**



**Iglesia de Umachulco**



**PRIMER VIAJE CAMIONCITO FORD 250 VX4 EN JAYHUA 1963**

Fotografía N°1. Panorámicas del distrito de Orcopampa (Villón, 2011).

#### **1.4 ESTUDIOS ANTERIORES**

Anteriormente el yacimiento de Chipmo ha sido estudiado por el Ing. Oscar Mayta quien publico un artículo en proExplo de 1999, también por el Ing. Juan Carlos Salazar en su tesis de maestría en la Universidad de Western Australia con el título “Epithermal Gold-Telluride Mineralization in the Chipmo deposit, Orcopampa District, Arequipa Perú”.

#### **1.5 OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

El principal objetivo del estudio es comprender la ocurrencia de la mineralización del yacimiento de Chipmo y sus relaciones con la litología, control estructural, alteraciones hidrotermales y mineralogía, que sirva de ayuda para futuras exploraciones en la zona.

#### **1.6 METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La metodología de trabajo seguida ha sido la toma de datos y la observación en el campo.

Para la caracterización petrológica y mineralógica se utilizo la microscopia de secciones delgadas y pulidas, ensayos geoquímicos y análisis MLA.

Para la determinación de las arcillas se uso el pima y estudios de difracción de rayos X que sirvieron para la caracterización de las alteraciones hidrotermales.

Como ensayos geoquímicos se realizaron análisis por multielementos ICP para caracterización geoquímica de la mena, también se realizaron análisis de roca total XRF y tierras raras para la caracterización petrológica y alteraciones.

Además del cartografiado de superficie y de las diferentes labores mineras, que fue una herramienta básica para las interpretaciones, fue muy importante el logueo de diversos taladros diamantinos que permitieron observar las diversas variaciones litológicas y alteraciones hidrotermales ligadas a las estructuras mineralizadas.

## **CAPITULO II**

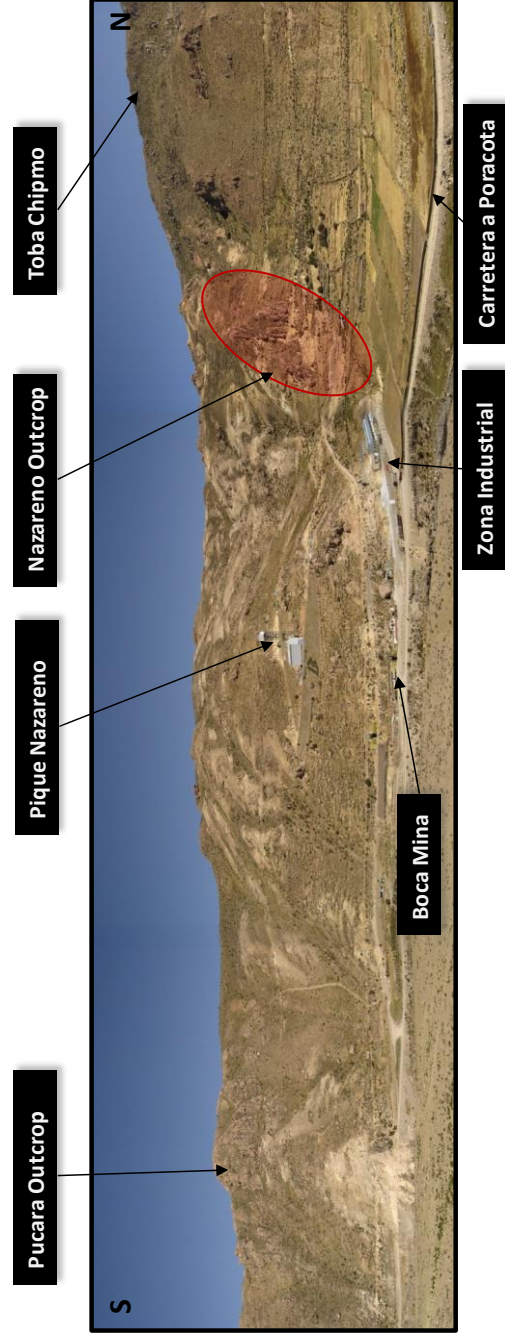
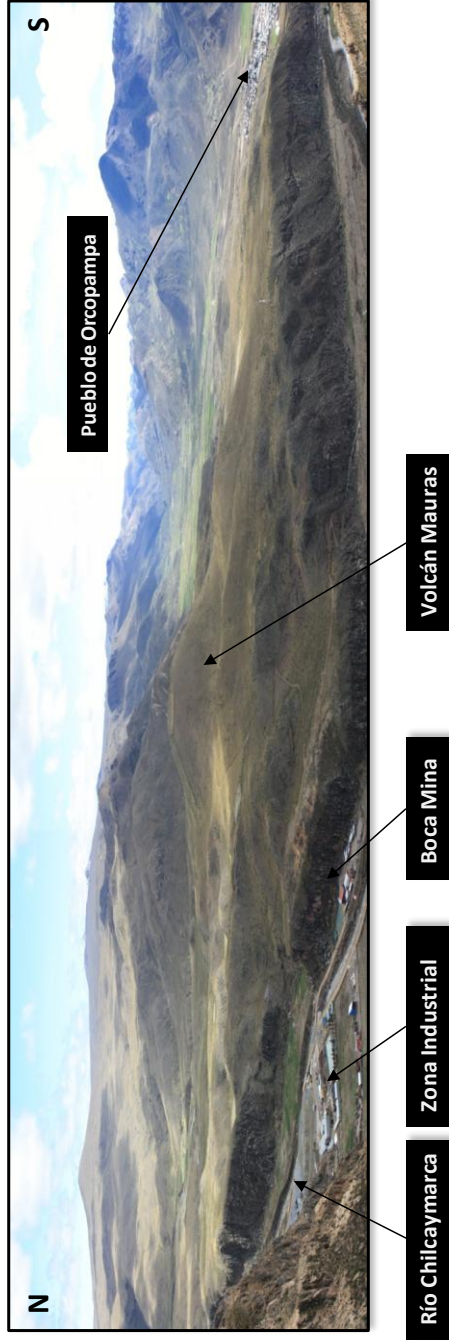
# **GEOLOGIA REGIONAL**

### **1.7 Geomorfología**

En el cuadrángulo de Orcopampa la geomorfología regional presenta un relieve bastante accidentado, desde su límite occidental parte final de la planicie costera, hasta las proximidades de la divisoria continental límite oriental del área, dentro de estos límites las cotas varían entre 800 y 5300 m.s.n.m. En la región se han diferenciado cinco unidades geomorfológicas: Frente Occidental de los Andes, Cañón de Majes- Colca, Zona de Volcanes del Barroso, Lomas y Altas Cumbres, Cubeta y Volcanes Andagua. (Caldas, 1993)

Localmente el yacimiento de Chipmo se encuentra al lado oeste del valle del río Chilcaymarca, por lo que se presentan varias terrazas fluviales. En los valles de los ríos de Orcopampa y Chilcaymarca es notorio la presencia de volcanes de cenizas de forma cónica y con derrames lávicos a su alrededor. Los cerros presentan drenajes dendríticos, por donde escurre el agua de las lluvias y llegan a los ríos. En lo alto de los cerros existen morrenas como vestigios de erosión glacial, además de escarpas causadas por movimientos de fallas en la zona. En la zona son apreciables crestones que en su mayoría correlacionan con estructuras silicificadas que en profundidad podrían desarrollarse como vetas.

Los agentes actuales de meteorización de las rocas es principalmente el agua, y en segundo lugar el viento, que le han dado una forma redondeada y suavizada a los cerros. El cambio de temperatura (calor en el día y frío en la noche) juega un rol importante en la geodinámica actual como meteorización esferoidal de las rocas.



Fotografía N°2. Aspectos geomorfológicos del distrito de Orcopampa (Villón, 2011).



## 1.8 ESTRATIGRAFÍA

En el área comprendida en el cuadrángulo de Orcopampa se exponen unidades litológicas sedimentarias e ígneas con una cronología que varía desde el Jurasico hasta el Cuaternario reciente. Las formaciones Jurasicas y Cretácicas en su mayoría de ambientes marinos, la más antigua es el Grupo Yura, con unidades que tienen un rango vertical que va desde el Caloviano hasta el Neocomiano inferior. Luego se depositó la Formación Murco de edad Neocomiano superior Aptiano en un ambiente de aguas epicontinentales. Posteriormente se produjeron acumulaciones sedimentarias calcáreas de la Formación Arcurquina del Albiano inferior a medio. Las unidades Terciarias (rocas volcánicas) sobreyacen en discordancia angular sobre el Mesozoico. Las dataciones radiométricas indican edades desde el Mioceno a Plioceno. A fines del Plioceno y con mayor posibilidad en el Pleistoceno se depositó el Grupo Barroso y en el Cuaternario reciente, se acumularon materiales aluviales, glaciares y fluvio-glaciares, interrumpidos por una época de tensión regional, que originó una actividad volcánica en esta parte de los Andes desarrollándose conos y cubiertas volcánicas, como resultado de este evento se configuró el Grupo Andagua. Finalmente, se han acumulado materiales fluviales, aluviales y cenizas en depósitos de extensiones limitadas (Caldas, 1993).

### 1.8.1 Rocas Sedimentarias del Mesozoico

Se observan bien expuestas al Sur de Andagua e inmediaciones de Chapacoco, subyaciendo al volcánico Terciario en marcada discordancia angular.

#### 1.8.1.1 *Grupo Yura (Jurasico a Cretáceo inferior)*

En el cuadrángulo de Orcopampa, el Grupo Yura consiste mayormente de cuarcitas masivas y resistentes pertenecientes a la Formación Hualhuani, con un grosor máximo de 400m (Swanson, 2003). El contacto superior es concordante con la Formación Murco y discordante angularmente con el

volcánico Terciario. Por correlaciones estratigráficas se le asigna una edad Jurásico superior a Cretácico inferior (Benavides, 1962).

#### *1.8.1.2 Formación Murco (Cretáceo inferior a superior)*

Constituida por areniscas violáceas a rojizas interestratificadas con lutitas moradas que al intemperizarse forma una topografía suave. Se correlaciona con el Grupo Goyllarisquizga del Perú Central. El grosor en este cuadrángulo es de aproximadamente 175 metros (Swanson & Noble, 2003).

#### *1.8.1.3 Formación Arcurquina (Cretáceo inferior a superior)*

Constituida por estratos gruesos a delgados de calizas gris claras con horizontes de chert. Se le correlaciona con las formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha del Perú Central. El grosor en el cuadrángulo es de 200 a 250 metros (Swanson & Noble, 2003).

### 1.8.2 Rocas Volcánicas Cenozoicas

Las tobas y las lavas fueron erupcionadas durante el Neógeno a través de sistemas de conductos, incluyendo fisuras curvadas asociadas con áreas de caldera en colapso (por ejemplo Chinchón, Huayta, Caylloma), dentro y adyacentes al cuadrángulo de Orcopampa. Las rocas del Neógeno inferior fueron plegadas durante el Mioceno inferior a medio, y sólo las unidades más jóvenes están sin deformación (Swanson & Noble, 2003).

#### *1.8.2.1 Tobas de Jaihua (Mioceno medio)*

Ignimbritas de composición riolítica fuertemente soldadas, en algunos lugares cristaliza con granos finos. Su grosor local es de unos 700 m. La datación mediante la fusión por laser del  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , determina una edad de  $30.30 \pm 0.7$  Ma (Noble, D.C. y otros, 1974).

#### *1.8.2.2 Volcánicos Santa Rosa (Mioceno Inferior)*

Flujos de lavas intercalados con lentes de lahares y flujos de brechas de composición andesita-piroxénica con unidades intercaladas con ignimbritas



silicea (Tsrt). El grosor máximo expuesto localmente es de 500 m; variando desde unas pocas decenas de metros en los altos paleotopográficos hasta un estimado de 1500 m cerca a los centros eruptivos. Dos dataciones por K-Ar indican  $20.1 \pm 0.6$  y  $22.9 \pm 0.7$  Ma (Swanson & Noble, 2003).

#### 1.8.2.3 *Toba Manto*

Consiste de ignimbritas de exposición a escala regional de composición zonada en un flujo externo laminar generalmente gruesa, fuertemente soldada y resistente, que forma acantilados y están bien expuestas en el prisma de la toba de intracaldera, al oeste de la caldera Chinchón los flujos externos de las tobas comprende a una unidad de enfriamiento simple con un grosor máximo de alrededor de 250 m. Al este de la caldera, la toba Manto es más delgada. La toba intracaldera está mejor expuesta en la parte sur de la caldera Chinchón, 2 km de longitud aproximadamente. Las brechas de intracaldera están presentes en varios lugares. Los fragmentos de pumicita son comunes y la textura eutaxítica es fácilmente reconocible. La toba fresca es generalmente de color gris. La edad de la toba Manto es de 19.7 Ma basado en tres determinaciones  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  (Swanson & Noble, 2003).

#### 1.8.2.4 *Volcánicos Sarpane (Mioceno inferior)*

Corresponden a domos, flujos de lavas, costras de brechas de flujos y diques de composición andesítica a dacítica de color gris oscuro a gris purpura, conteniendo fenocristales de plagioclasa y horblenda con cantidades variables de cuarzo, biotita, ortopiroxeno, clinopiroxeno, apatito y óxidos de Fe y Ti. Los domos pueden superar cientos de metros de grosor. Localmente están presentes los depósitos de escorias. Las numerosas determinaciones de edad  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  muestran que la mayor parte de la unidad se depositó entre 9.5 y 9.0 aunque dos edades que han sido obtenidas por K-Ar son  $18.3 \pm 0.6$  y  $18.6 \pm 0.6$  Ma en biotita lo que sugiere que algunos flujos más jóvenes pueden localmente estar presentes en el lado oriental del valle de Orcopampa (Swanson & Noble, 2003).

#### 1.8.2.5 *Tobas Chipmo (Mioceno Medio)*

Unidad parcial a fuertemente soldada de ignimbritas completamente inalteradas, suprayace a los volcánicos Sarpane en la zona de Chipmo. La unidad contiene abundante fenocristales de cuarzo, sanidina, plagioclasa, biotita y óxidos de Fe y Ti. El máximo grosor expuesto es menor a 50 m. Una datación obtenida por medio de la fusión láser  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de un fenocristal de sanidina indica  $14.16 \pm 0.025$  Ma (Swanson & Noble, 2003).

#### 1.8.2.6 *Tobas de Umachulco (Mioceno superior)*

Ignimbritas fuertemente soldadas, de composición riolítica o dacítica de color blanco gris claro, conteniendo abundante fenocristal de plagioclasa, biotita y clinopiroxeno. El grosor máximo aproximado es de 100 m. Las dataciones por K-Ar en biotita indican  $6.3 \pm 0.2$  Ma (Farrar, E. y Noble, D.C., 1976 y Candiotti, H. y otros 1990).

#### 1.8.2.7 *Los volcánicos Andagua (Plioceno a Cuaternario)*

Están conformados por flujos de lava, complejos flujos y conos de escoria. Las rocas son habitualmente andesitas gris oscura afaníticas a escasamente porfiríticas y andesitas basálticas, ambas contienen fenocristales de plagioclasa, hornblenda, clinopiroxenos y/o ortopiroxenos, composicionalmente distintas a las rocas del frente del arco volcánico (Venturelli et al., 1978). Aunque la mayoría de las lavas son Cuaternarias, algunas son probablemente del Pleistoceno. Tres dataciones por K-Ar en roca total en muestras del cuadrángulo de Orcopampa varían desde  $0.27 \pm 0.02$  hasta  $1.4 \pm 0.03$  Ma (Kaneoka, I. y Guevara, C. 1984). La unidad incluye en parte rocas cartografiadas por Caldas, J., (1994) como Formación Barroso. El grosor máximo de exposición es de aproximadamente 100 m, aunque un grosor máximo agregado puede exceder los 500 m en el valle de Andagua (Swanson & Noble, 2003).

### 1.8.3 Depósitos Superficiales

La edad de los depósitos superficiales ha sido inferida de la disección de la superficie local y de su relación con depósitos volcánicos y glaciares.

#### *1.8.3.1 Morrenas y Depósitos Glaciares*

Consisten predominantemente de gruesos depósitos glaciares compuestos de bloques y cantos del Pleistoceno y posiblemente Holoceno.

#### *1.8.3.2 Glaciares de Roca*

Compuestos por grandes bloques angulares (de 1 a 5 metros de diámetro) acompañados por poco material intersticial.

#### *1.8.3.3 Depósitos Glaciares (Cuaternario).*

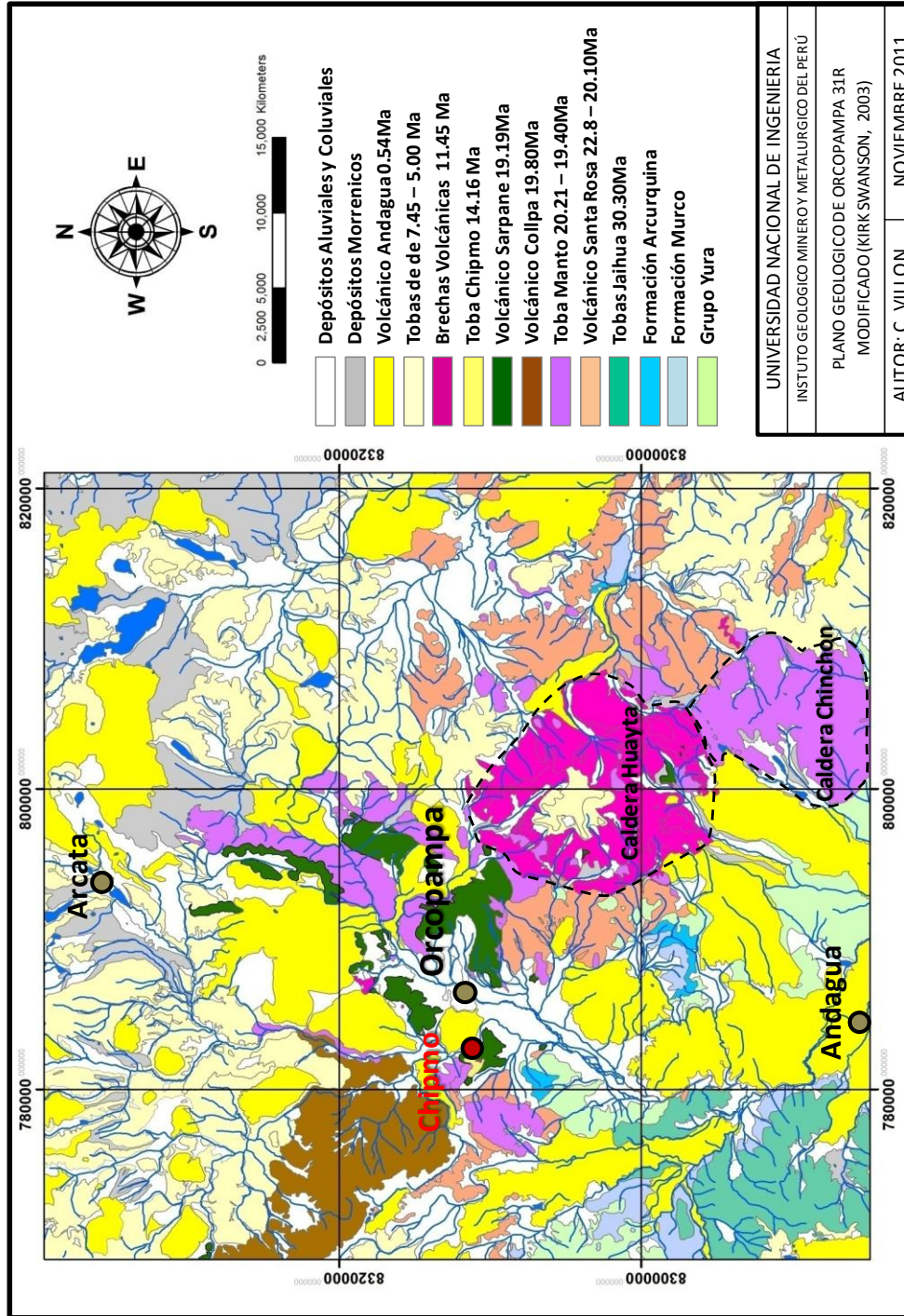
Morrenas laterales y terminales, además glaciares ricos en bloques de rocas, su grosor varía de algunos metros a cientos de metros.

#### *1.8.3.4 Depósitos de Deslizamiento (Cuaternario)*

Rocas pobremente seleccionadas y bloques que en algunos lugares cubren áreas que superan los 5 km<sup>2</sup>.

#### *1.8.3.5 Depósitos Aluviales y Coluviales (Cuaternario)*

Limos inconsolidados, arenas y depósitos lacustres, incluyendo abanicos aluviales, cauce de ríos, llanuras de inundación, terrazas y depósitos lacustres.



Mapa N°2. Mapa Geológico de Orcopampa (Swanson, 2003).

Summary of Isotopic Age Determination for Volcanics  
Rocks from the Orcopampa Quadrangle  
(Swanson, 2003)

- Legend**
- Tj Jaihua Tuff
  - Tsr Santa Rosa Volcanics
  - Trch Rhyolite of Pueblo de Chipmo
  - Tm Manto Tuff
  - Tmd Porphyry dikes and stock within Chinchon Caldera
  - Tqa Tuff of Quebrada Achaco
  - Tac Collpa andesite
  - Ts Sarpene dacite
  - Dk Nazareno dike
  - Tcp Chipmo Tuff
  - Thc Tuff of Huayta Caldera
  - Tas Andesites of Cerro Sahuarque
  - Tp Tuff of Lagunas Parihuana
  - Taa Andesites of Cerro Aseruta
  - Trlc Rhyolite lavas of Laguna Corococho
  - Tu Umachulco Tuff
  - Trc Rhyolite lavas of Challaui
  - Qta Andagua Volcanics

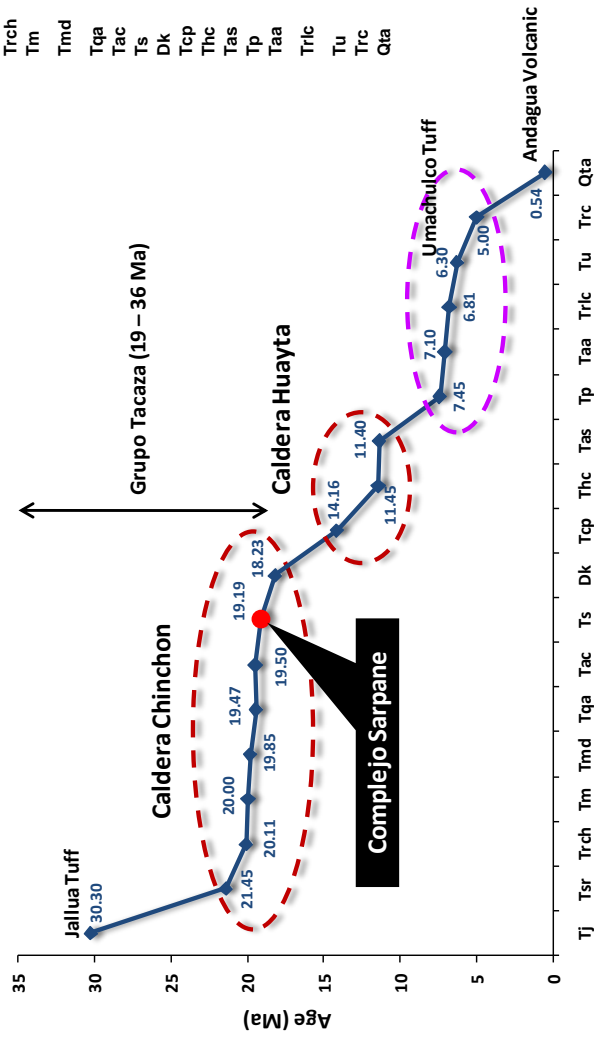


Grafico N°1. Edades de las Unidades Litostratigraficas del Cuadrángulo de Orcopampa (Villon, 2011).

En el Mapa N°2 se muestra el mapa geológico del cuadrángulo de Orcopampa resaltando las dos calderas Chinchon (20Ma) y Huayta (11-14Ma).

En el Gráfico N°1 se representa las edades cronológicas, ordenadas decrecientemente, de las rocas datadas del cuadrángulo de Orcopampa, donde se puede observar agrupamientos que corresponderían a una cierta época de explosión de calderas y además estos periodos de explosión tiene una separación de 4.5Ma (periodos de calma), como puede observarse entre las calderas de Chinchon y Huayta. El último grupo de rocas que se observa en el gráfico, remarcada con una línea discontinua de color magenta, pertenecería posiblemente a la explosión de la caldera de Caylloma. Por último el Volcánico Andagua correspondería al inicio de una nueva etapa de vulcanismo.

## 1.9 EVOLUCIÓN TECTÓNICA

### 1.9.1 Fallamiento Normal del Mioceno Temprano

Las vetas del sistema de Orcopampa están relacionadas a falla normales de rumbo Este-Noreste que fueron formadas después de la deposición de la Toba Manto hace aproximadamente 20 Ma. El sistema de falla estaba activo durante la erupción de la dacita Sarpane aproximadamente 18.5 a 19.0 Ma. atrás, como ha sido puesto en evidencia por el hecho de que los diques de dacita Sarpane sean paralelos a las vetas Calera, Manto y Nazareno. Las fallas estaban probablemente todavía activas durante la formación de la mineralización económica de Au-Ag en el distrito de Orcopampa aproximadamente 17.5 a 18.0 Ma atrás (Noble, 1992)

Este episodio de fallamiento extensional está ubicado en el intervalo del periodo Quechua I de deformación compresiva. La ocurrencia de fallas normales indica que  $\sigma_1$  fue vertical y el rumbo Noreste de las estructuras indica que fue subhorizontal y orientado según la dirección Noreste. Esta desviación de la orientación horizontal esperada en los límites de placas tectónicas convergentes puede reflejar una extensión lateral bajo la influencia de la topografía durante las etapas tardías del tectonismo Quechua I de una manera similar a lo sugerido por Sébrier et al (1985) para el tectonismo extensional más joven de la cordillera (Noble, 1992).

La sección en las latitud sur 16° y 22° puede dar una idea de cómo se formaron las fallas normales en el arco del Tacaza en el Mioceno Temprano, expresando gráficamente la idea sugerida por Sébrier. Las fallas que se formaron en esta etapa en el yacimiento de Chipmo fueron de movimiento normal sinextral.

# Fallamiento Normal del Mioceno Temprano Ti

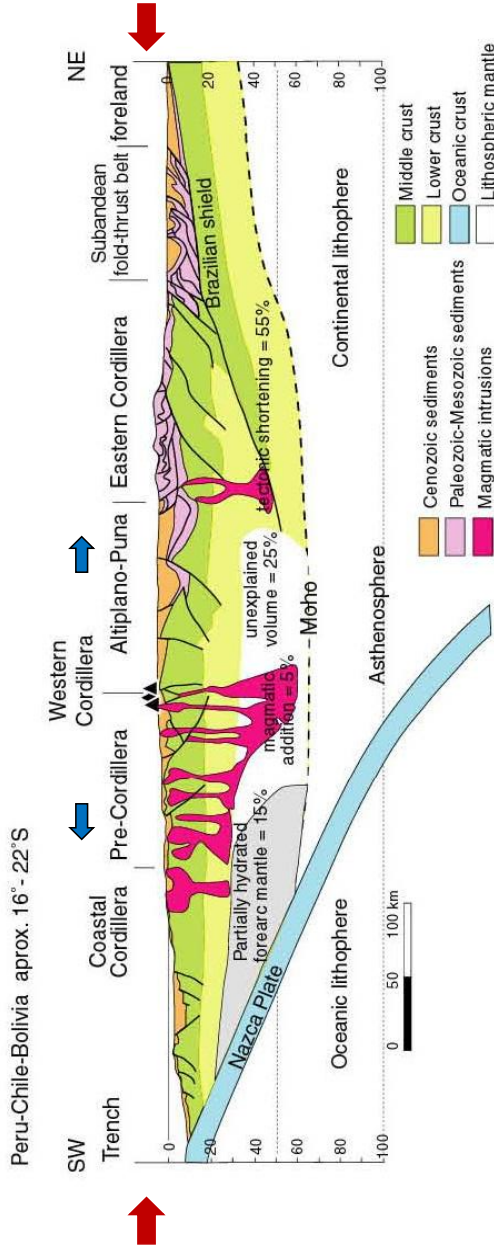
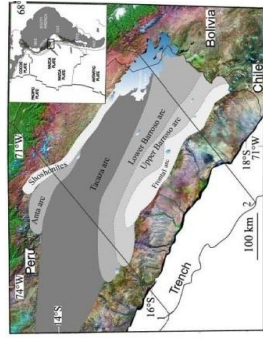
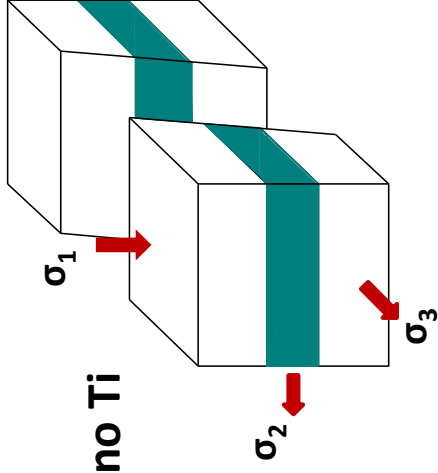


Figura N°1. Sección transversal de la corteza en la latitud sur 16° y 22°. (Compilado de Allmendinger et al., 1997; Giese, 1999).



### 1.9.2 Deformación Compresiva del Mioceno Tardío

La existencia de unidades rocosas del Mioceno Temprano con buzamientos iguales o mayores a 20° es conocido desde hace tiempo en el distrito de Orcopampa. El mejor ejemplo fue proporcionado por la toba Manto, con buzamientos moderados hacia el oeste tanto al Norte como al Sur del río Huancarama. Sin embargo, la datación de esta información no estuvo clara por varios años (Noble, 1992).

En la parte oriental de la caldera Chinchon, directamente al Oeste del campamento de la mina Shila, una secuencia potente de la toba de flujo de ceniza riolítica, Toba del Cerro Hospicio, tiene un buzamiento de 35° al Este. La edad K-Ar de  $11.3 \pm 0.3$  Ma obtenida para esta unidad muestra que es bastante más joven, posterior no solamente al pulso tectónico Quechua I sino también a todo evento estructural posible (por ejemplo resurgencia central) de la caldera Chinchon. No hay manera de interpretar los buzamientos de 25 a 45 como consecuencia de un fallamiento normal. Por otro lado son interpretados de manera razonable por deformación compresiva de edad Miocena media a tardía, es decir, por la deformación Quechua II (Noble, 1992).



Fotografía N°3. Sinclinal recumbente replegado en la zona al sur de la Unión (Caldas, 1993).

La fotografía N°3 muestra un sinclinal recumbente (fase peruana) replegado por una estructura similar y simétrica de la segunda fase (Quechua II) en el Cerro Paccpaco 10 Km al sur de la Unión (Caldas, 1993).

## CAPITULO III

# GEOLOGÍA LOCAL

### 1.10 ESTRATIGRAFIA

El yacimiento de Chipmo se encuentra emplazado sobre rocas de composición dacítica y andesítica pertenecientes a rocas volcánicas del Terciario principalmente pertenecientes al Volcánico Sarpane (19ma), regionalmente corresponderían al grupo Tacaza en esta zona sur del Perú. En la zona de Chipmo se han registrado las siguientes unidades litoestratigraficas:

#### 1.10.1 Volcánicos Santa Rosa (Mioceno Inferior)

Localmente aflora al este del yacimiento, flujos de lavas intercalados con lentes de lahares y flujos de brechas de composición andesítica-piroxenica.

#### 1.10.2 Toba Manto (Mioceno Inferior)

Aflora al Norte del yacimiento de Chipmo, es una roca de composición rilitotica de textura toba de cristales, presentando fiames alargados. Tiene un color morado característico.

#### 1.10.3 Volcánicos Sarpane (Mioceno inferior)

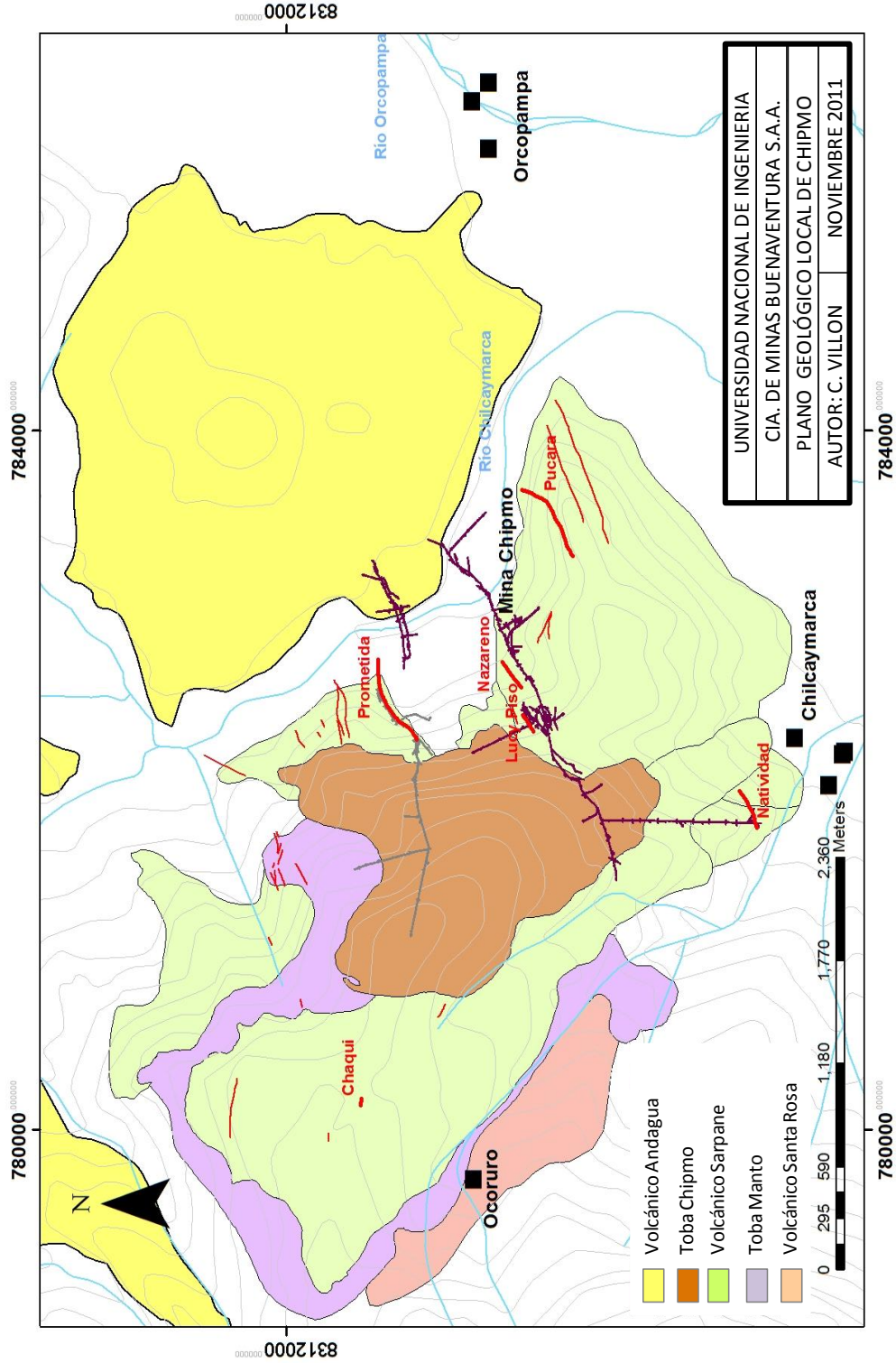
Corresponden a un complejo de domos, flujos de lavas, toba de cristales, brechas y diques de composición andesítica a dacítica de color gris oscuro a gris purpura. Tiene como mineral accesorio a la pirita que puede variar como disseminación de 1% hasta 20%. Hay veces donde la pirita fina reemplaza parcialmente a la matriz de la roca formando pseudobrechas.

#### 1.10.4 Tobas Chipmo (Mioceno Medio)

Consiste en una ignimbrita de composición riolítica que contiene abundante fenocristales de cuarzo, sanidina, plagioclasa, micas de biotita y óxidos de Fe y Ti. Sobreyace a los Volcánicos Sarpane cubriendo gran parte del Norte del yacimiento de Chipmo.

#### 1.10.1 Los Volcánicos Andagua (Plioceno a Cuaternario), QTa

Reconocido al Este del yacimiento de Chipmo, específicamente en el volcán Mauras, es una roca de composición andesítica y andesitas basálticas, formando flujos de lavas y conos de escoria.



Mapa N°3. Plano Geológico de la Mina Chipmo (Villón, 2011).

## Columna Estratigráfica del Yacimiento de Chipmo

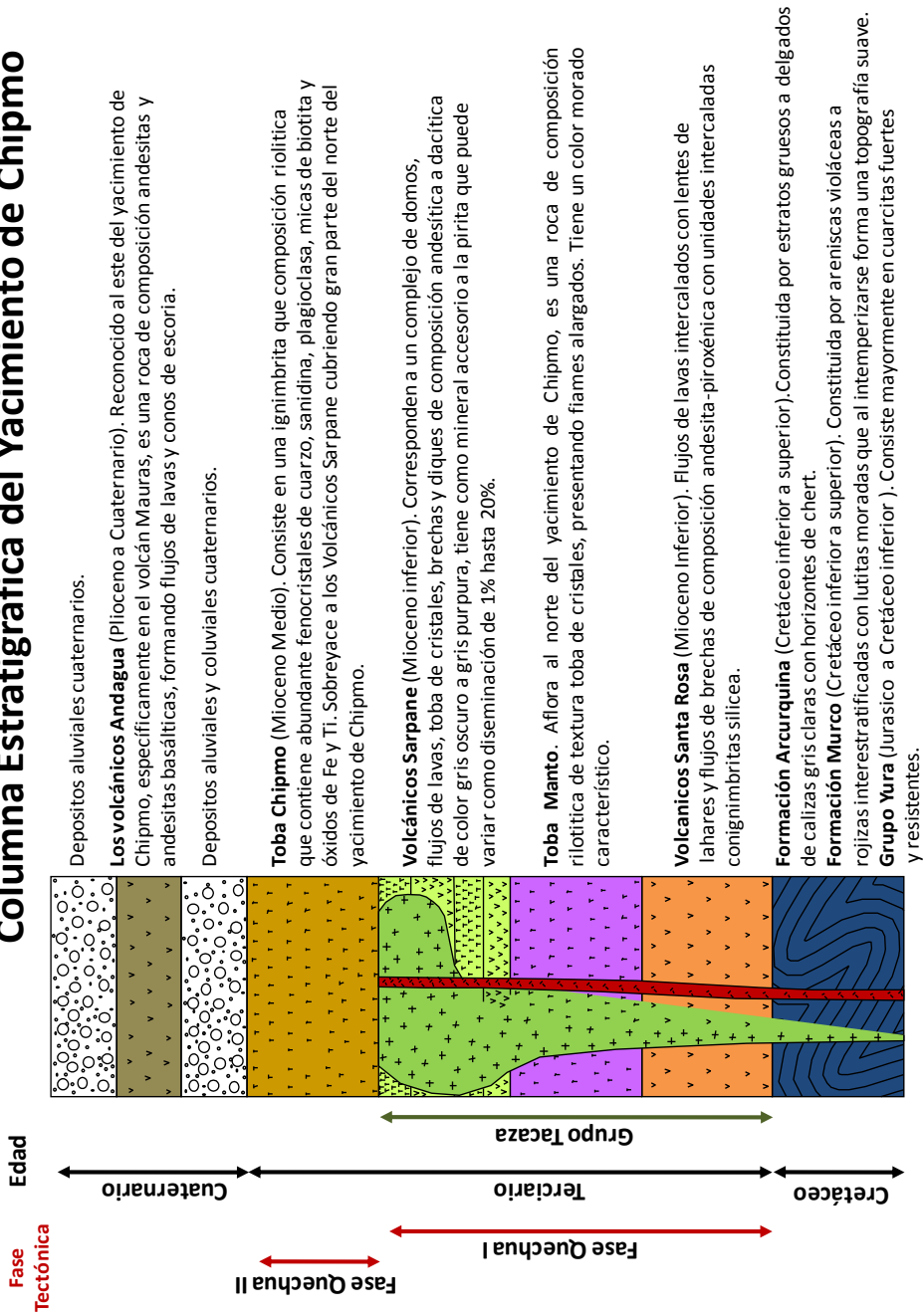


Figura N°2. Columna Estratigráfica en el yacimiento de Chipmo (Villón,2011).

### 1.10.2 Geoquímica de rocas volcánicas

Se sacaron muestras de las rocas volcánicas que se encuentran en el yacimiento de Chipmo y fueron analizadas por XRF, a continuación se muestran los resultados.

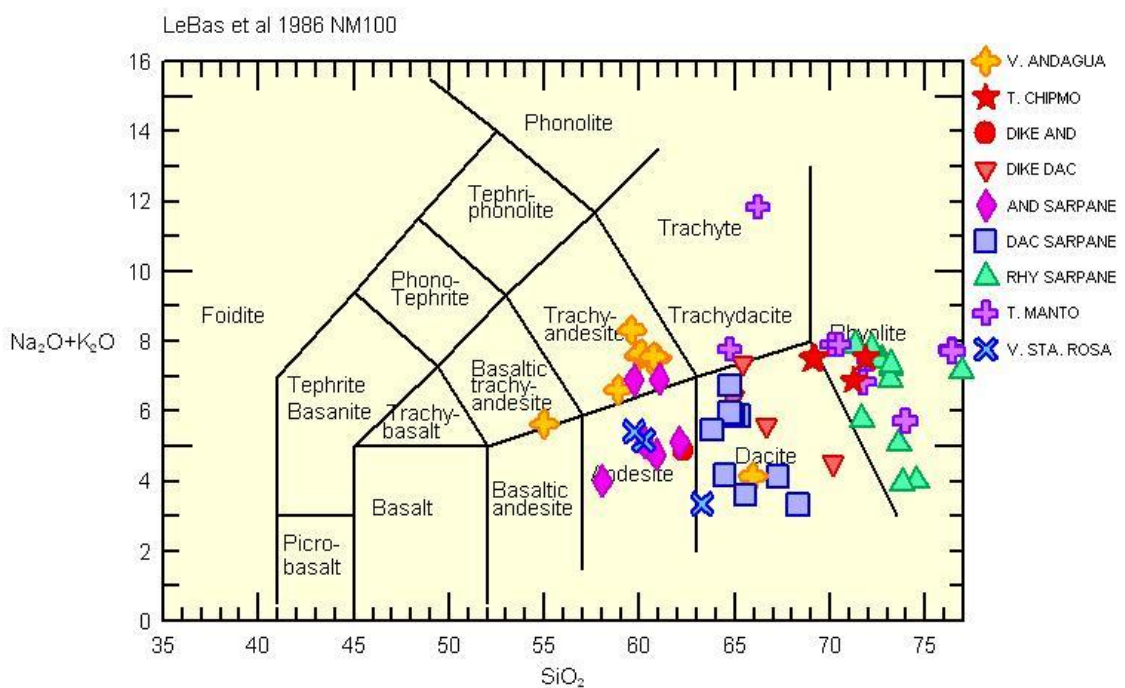


Diagrama N°1. Tipos de Rocas por Óxidos Mayores (LeBas et al, 1986; Villón, 2011).

Según este gráfico (Diagrama N°1) se puede observar que los volcánicos Santa Rosa varían desde andesitas hasta dacitas. La Toba Manto cae en el campo de las riolitas y dos muestras caen en el campo de las traquitas por contener mayor feldespatos potásico. Los Volcánicos Sarpane varían desde andesitas pasando por dacitas y llegando hasta riolitas, es la roca volcánica que tiene mayor diferenciación magmática en esta zona. Los diques pertenecientes al Volcánico Sarpane varían desde andesita a dacitas. La Toba Chipmo está en el campo de las riolitas muy cercano a las dacitas. Por



último, los Volcánicos Andagua varía desde andesitas traquibasálticas hasta traquiandesitas, una muestra cae en el campo de dacitas, pero en general esta roca se encuentra poco diferenciada.

Este diagrama muestra que el magmatismo en el yacimiento de Chipmo tiene una variación (diferenciación) desde traquiandesitas basálticas hasta riolitas.

Para el siguiente diagrama N°2 el Volcanismo Sarpene ha sido dividido en tres grupos: DAC (dacitas), AND (andesitas) y RHY (riolitas), además de los diques andesíticos y dacíticos. Este volcanismo presenta la mayor diferenciación magmática.

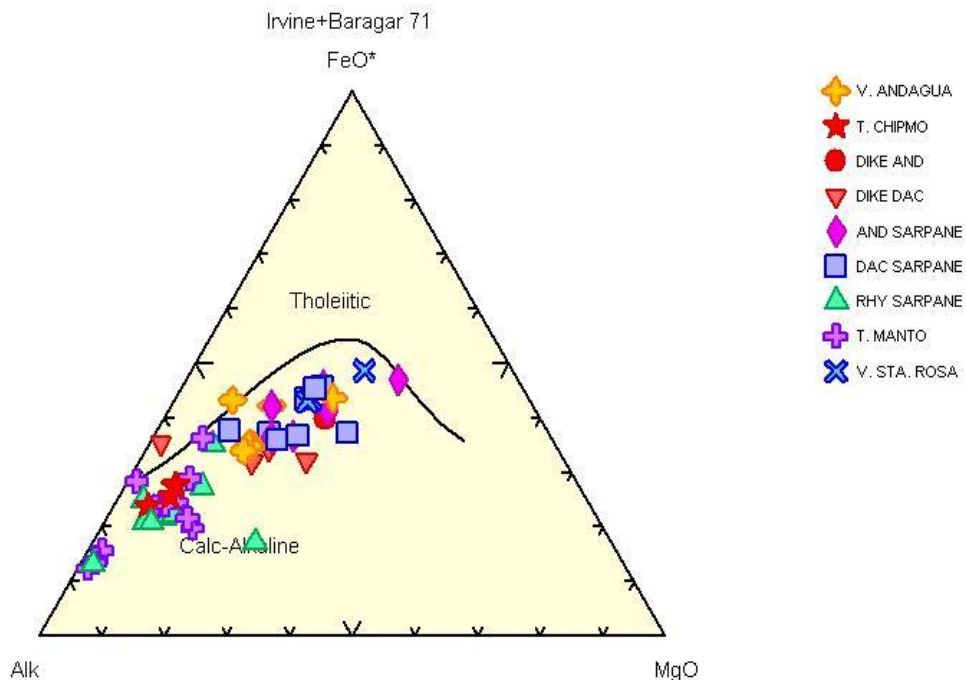


Diagrama N°2. AFM de Irvine-Baragar 71 (Villón, 2011).

En este diagrama AFM se puede observar que todas las rocas caen en el campo de rocas calcoalcalinas, lo que confirma el magmatismo del Tacaza en la zona sur del Perú.



En los diagramas de Harker (Diagrama N°4) casi todos los elementos son inversamente proporcionales con respecto al SiO<sub>2</sub>, solamente el K<sub>2</sub>O es directamente proporcional, debido a que estas rocas tienen feldespatos potásicos en su composición. El Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tiene una relación casi constante con respecto al contenido de SiO<sub>2</sub>, lo que indicaría que este elemento podría ser utilizado como un elemento inmóvil. El TiO<sub>2</sub> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> también se comportan como elementos inmóviles en estas rocas y presenta una relación inversa con el SiO<sub>2</sub>. El CaO, Na<sub>2</sub>O y MgO son inversamente proporcional con el SiO<sub>2</sub>, el CaO y MgO disminuyen conforme aumenta el contenido de SiO<sub>2</sub>, el Na<sub>2</sub>O igualmente disminuye por que la rocas al tener más sílice contienen feldespatos potásicos y se reduce el contenido de plagioclasas sódicas.

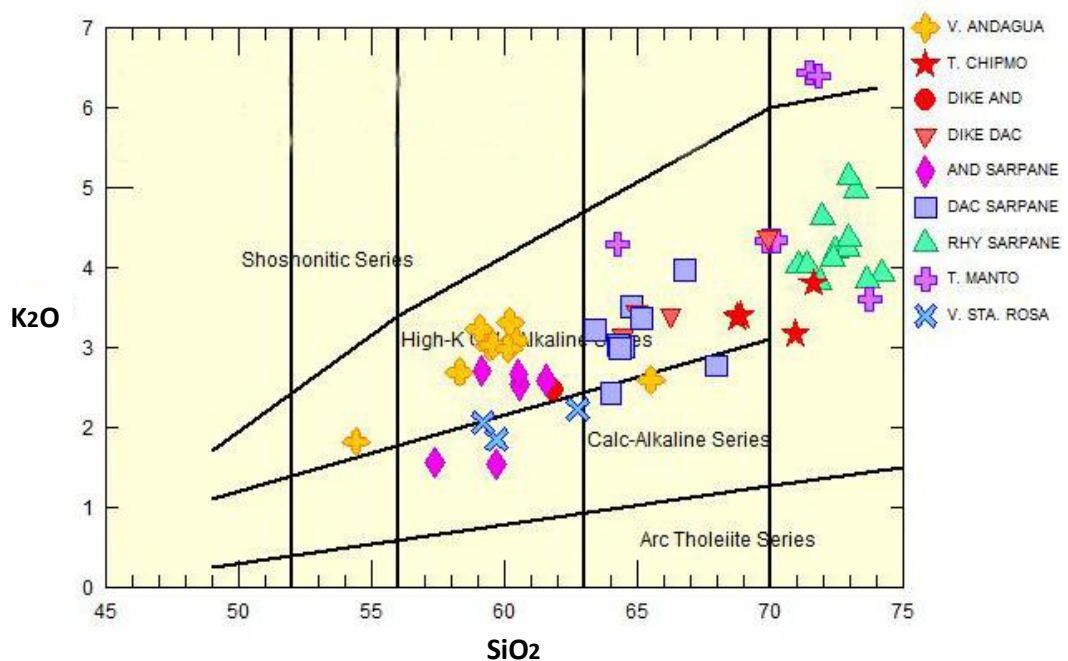
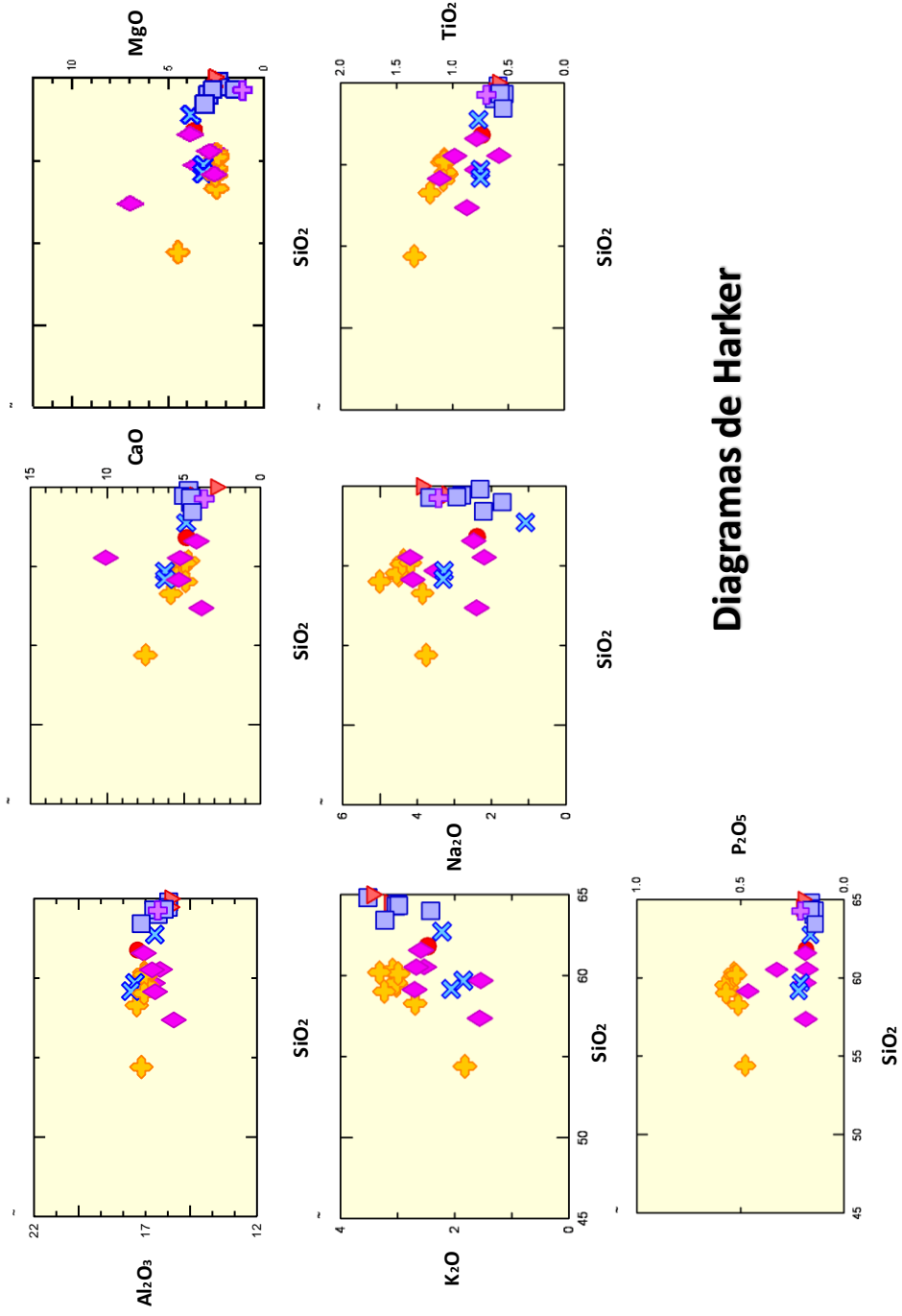


Diagrama N°3. Diagrama de SiO<sub>2</sub> vs K<sub>2</sub>O (Peccerillo & Taylor, 1976; Villon, 2011).

En el Diagrama N°3 se ilustra el alto contenido de potasio en las rocas del yacimiento de Chipmo en especial los del Volcánico Sarpane en la serie Calcoalcalina. Algunas muestras de la Toba Manto pasan hasta la serie Shoshonítica y algunas andesitas de los Volcánicos Santa Rosa, Sarpane y Andagua se quedan en la serie Calcoalcalina de bajo en potasio.



### Diagramas de Harker

Diagrama N°4. Diagramas de Harker (Villon, 2011).

### 1.10.3 Comentario sobre los Volcánicos Sarpane

Los Volcánicos Sarpane en el yacimiento de Chipmo varían desde andesitas, dacitas y riolitas con diferentes texturas que van desde porfirítica, afanítica y tobas de cristales. Esto se puede observar en el gráfico N°2 donde el óxido de titanio es un buen marcador para estos tres tipos de rocas y formando tres modas que corresponden a la diferenciación de este magmatismo.

En muchos de los estudios microscópicos se ha determinado, que el cuarzo que se observa a simple vista, es mayormente vidrio, por lo que podría establecerse el término “porfiroide” a estas rocas, lo que indicaría que el magma de estos intrusivos subió a superficie y se enfrió rápidamente ocasionando estas texturas.

En las andesitas se pueden observar texturas finas afaníticas pertenecientes a derrames lávicos de coloraciones verduscas y en otras ocasiones se encuentran oxidadas. Existen también intrusiones muy finas de coloraciones negruscas las cuales pueden formar brechas de intrusión.

Existen zonas del yacimiento donde existen tobas de cristales lo que podrían indicar fases explosivas de este vulcanismo formando seudoestratificaciones.

Los diques porfiríticos (porfiroide) se presentan de composición dacítica y andesítica cortando a toda la secuencia del Volcánico Sarpane (domos, secuencias de lavas y tobas).

**Oxido de Titanio - Rocas del Volcanico Sarpane  
Yacimiento de Chipmo - Elementos inmóviles**

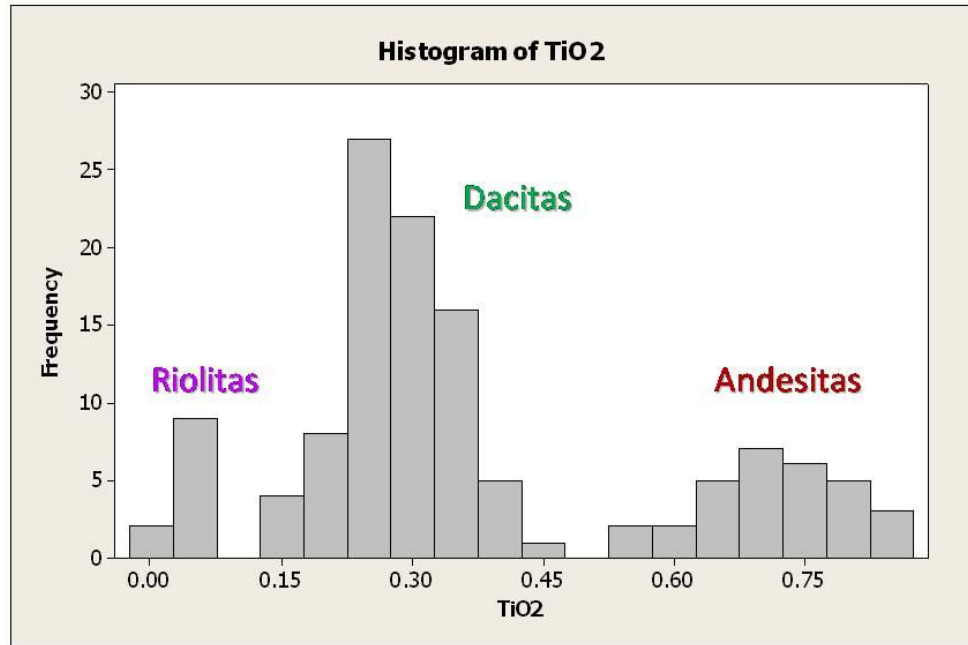


Gráfico N°2. Oxido de Titanio en Rocas del Volcánico Sarpane (Villón, 2011).

### 1.10.1 Tipo de plagioclasas que componen los Volcanicos Sarpane

Se analizaron tres muestras de roca del Volcánico Sarpane (M-40, M-41 y M-42) por el método GXMAP (Gráfico N°3), para poder determinar qué tipo de plagioclasa contienen las rocas del Volcánico Sarpane. Los resultados mostraron que estas rocas están conformadas por plagioclasas del tipo sódicas: Albita y Oligoclasa. Además una de las muestras mostro presencia de feldespatos potásicos. En el diagrama AQP de streckeisen (Diagrama N°5), de las tres muestras dos caen en el campo de las dacitas y una en el campo de las riolitas.

La albita es el tipo de plagioclasa más abundante en la composición de las rocas como se puede observar en la siguiente Tabla N°1 para tres muestras de roca, expresado en porcentaje de peso:

<b>Mineral</b>	<b>M-40</b>	<b>M-41</b>	<b>M-42</b>
<b>Albita</b>	20	25	39
<b>Oligoclasa</b>	15	8	16
<b>Cuarzo</b>	25	16	16
<b>K-feldespar</b>	0.1	22	0.4

Tabla N°1. Composición de los Volcánicos Sarpane (Villón, 2011).

# Estudio de tres muestras de roca de la zona este del Yacimiento de Chipmo - Modal Mineralogy

## Análisis de roca total (GXMap)

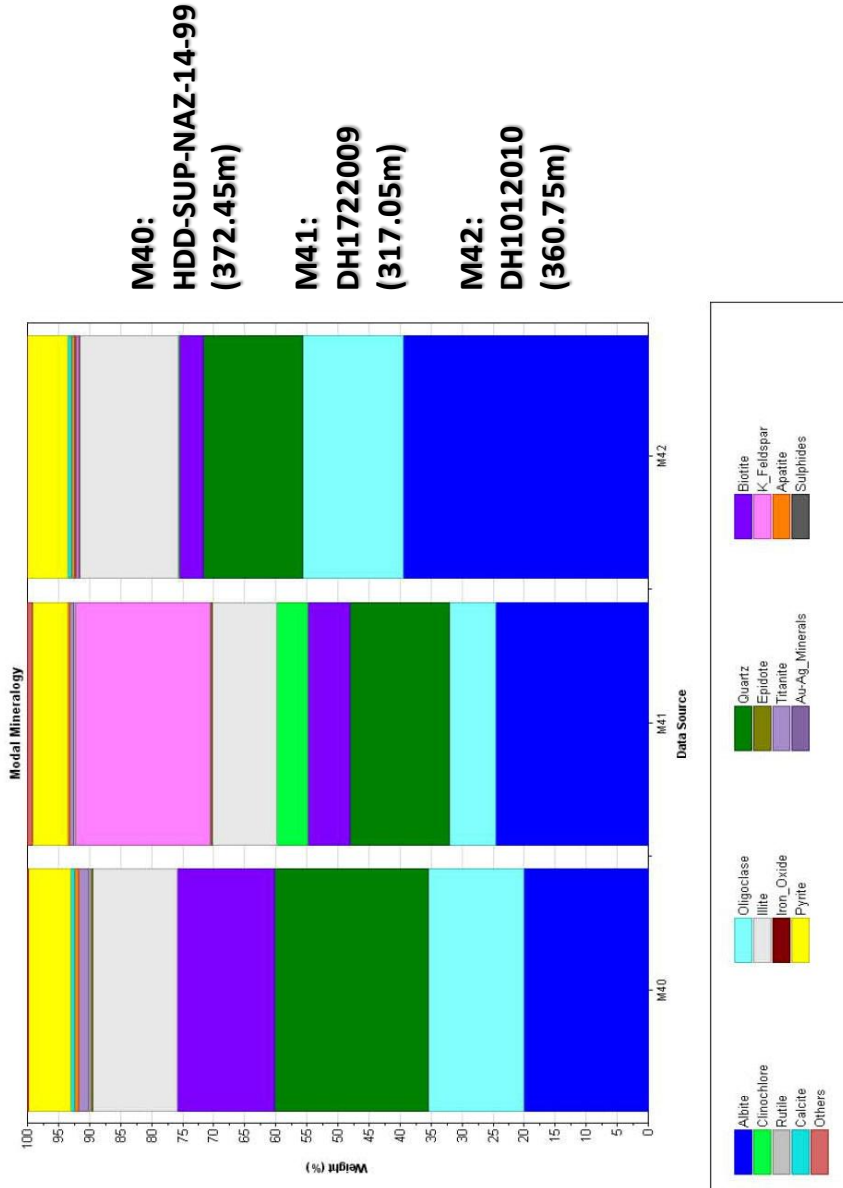
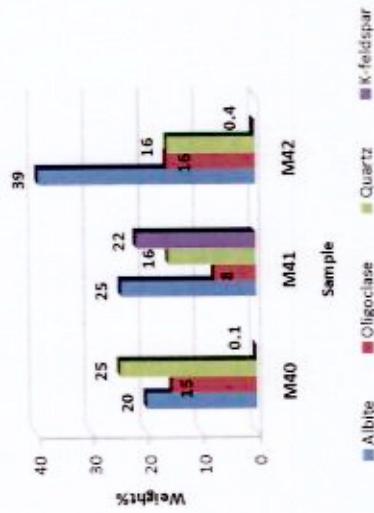


Gráfico N°3. Distribución del porcentaje de minerales (Villón, 2011).

### QAPF diagram Streckeisen 1,978

QAPF diagram - Si oversaturated



Sample	P	Q	A
M40	35.37	24.79	0.09
M41	32.1	15.93	21.71
M42	55.64	16.02	0.37

P = Albite + Oligoclase  
 Q = Quartz  
 A = K-feldspar

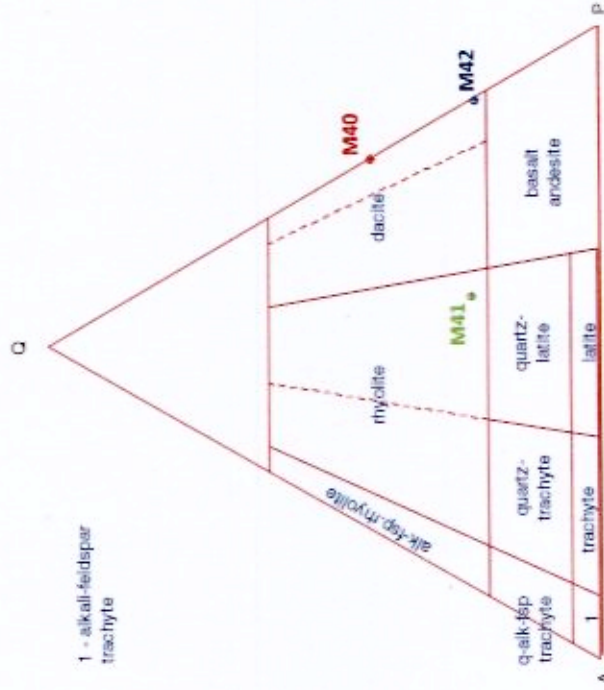
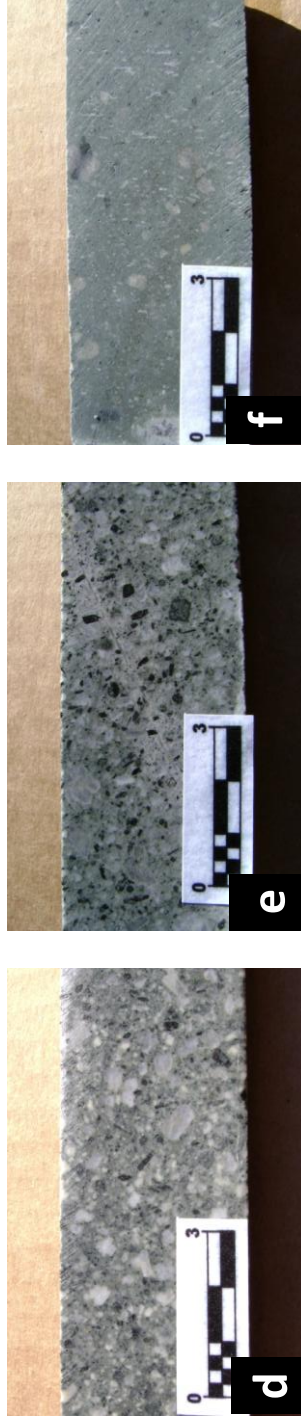


Diagrama N°5. Diagrama QAPF Streckeisen 1978 (Villón, 2011).





a) andesita afanítica, lava contacto parte superior oxidada, cx430 nivel 3540; b) andesita afanítica, lava seudoestratificada, cx430 nivel 3540; c) dacitas toba de cristales matriz silicificada núcleos de tetraedrita alterándose a calcantita, cx430 nivel 3540; d) pórfido andesítico; e) pórfido andesítico dike Nazareno; f) andesita porfirítica dike Nazareno.

Fotografía N°4. Rocas del Volcánico Sarpane (Villón, 2011).





a



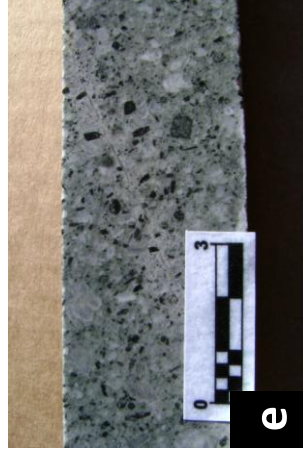
b



c



d



e



f

a) andesita afanítica, lava contacto parte superior oxidada, cx430 nivel 3540; b) andesita afanítica, lava pseudoestratificada, cx430 nivel 3540; c) dacitas toba de cristales matriz silicificada núcleos de tetraedrita alterándose a calcantita, cx430 nivel 3540; d) pórfido andesítico; e) pórfido andesítico dike Nazareno; f) andesita porfírica dique Nazareno.

Fotografía N°5. Rocas del Volcánico Sarpane (Villón, 2011).

## 1.11 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las vetas del yacimiento de Chipmo están emplazadas en un sistema de fallamiento con dirección N60°E con buzamiento promedio de 80° hacia el sur (Prometida, Esperanza, Nazareno, Lucy Piso, Prosperidad, etc.). Se puede definir en la parte oeste del yacimiento (zona de Ocoruro) un fallamiento con dirección N30°W y buzamiento 85° hacia el noreste.

### 1.11.1 Movimiento Extensional

Localmente el yacimiento de Chipmo está formado por una caída de bloques, como la veta Prometida que se comporta como una gran falla normal obedeciendo a movimientos extensionales que se dieron en el Mioceno Medio (Quechua I). Esto ocasiono toda una serie de fallas normales-sinextrales con un pitch promedio de 85° grados al sureste.

### 1.11.2 Movimiento Compresional

Luego en la fase tectónica compresiva Quechua II, se reconocen dos movimientos compresivos:

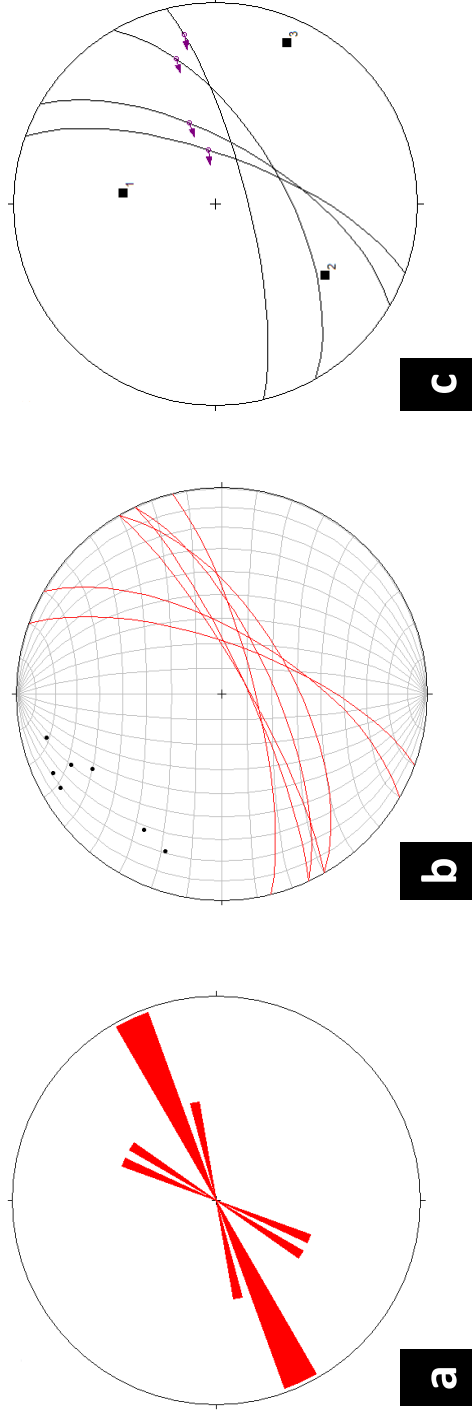
#### 1.11.2.1 *Fallas inversas de alto ángulo*

Estas se caracterizan por ser la reactivación de las fallas que fueron formadas en el primer movimiento. Estas fallas son reversas-dextrales y tienen un pitch promedio de 50° hacia el noroeste. Lo cual causaron trampas estructurales (jog) que posteriormente fueron rellenadas por varias etapas de cuarzo trayendo consigo la mineralización de oro.

#### 1.11.2.2 *Fallas inversas de bajo ángulo*

Luego en el Mioceno Tardío cuando las vetas ya estaban formadas, el yacimiento de Chipmo sufre movimientos compresivos. Como evidencia de esto se tiene fallas inversas que desplazaron a las vetas. Estos desplazamientos encuentran su mayor salto horizontal al este del yacimiento (aprox. 20 metros). Estas fallas tienen rumbos noroeste y con buzamientos

hacia el norte y sur, en su mayoría se ha podido observar que estas fallas son sinistralas.



a) Diagrama de rosa simétrica de siete datos de estructuras mineralizadas donde el resultado indica un rumbo promedio de  $54^\circ$  de azimut; b) polos y planos de siete datos de estructuras mineralizadas; c) las flechas indican el movimiento del hanging wall los cuales corresponden a fallas reversas dextrales, el pitch en estas fallas esta en promedio de  $50^\circ$ .

Diagrama N°6. Principal Dirección de Mineralización en el Yacimiento de Chipmo (Villón, 2011).

### 1.11.3 Comentario sobre la geología estructural

Las fallas noroeste (tipo andino) son importantes en el yacimiento de Chipmo y tienen un rumbo N30°W y buzamiento 85° al noreste. Estas fallas aun no han sido muy bien estudiadas. Los datos tomados en campo de los fracturamientos en la Toba Manto y Volcánico Santa Rosa en la zona oeste de Chipmo y en la zona antigua de Calera, indican que deberían existir estos sistemas de fallas conocidas como fallas Ocoruro y Misapuquio.

Al suroeste del yacimiento cerca al pueblo de Chapacoco es donde se ha podido medir una falla, en las areniscas del grupo Yura, que tiene un rumbo N30°W y buzamiento de 85° al noreste. Esta falla es paralela a la falla Ocoruro y tiene un pitch de 50° al sureste. Los tectoglifos indican el último movimiento inverso-sinistral perteneciente a la fase Quechua II. Según la reconstrucción estructural estas fallas se formaron en la fase Quechua I y tuvieron un movimiento normal-dextral.

Las fallas noreste son fallas tensionales a las fallas andinas y son las principales receptoras de la mineralización reconocidas hasta el momento. Tienen un rumbo promedio de N60°E y buzamiento 80° al sur.

Estas fallas han sido en un primer momento fallas gravitacionales y posteriormente reactivadas formando fallas reversas (fallas inversas de alto ángulo).

Estas fallas forman las vetas que tienen un cambio de buzamiento que varia de oeste con un buzamiento al norte y hacia el este tienen un buzamiento al sur. En las vetas Prometida R1 y Esperanza se observa este fenómeno.

En las rocas dacíticas y riolíticas, las tensionales de las fallas del primer (Quechua I) y segundo movimiento (Quechua II) forman simoides, con rumbos N30°E y E-W respectivamente. Como es el caso de las vetas Keyla y Melissa.

En la andesita también se presentan simoides, pero es más destacable la presencia de cuerpos de brecha en esta roca.

La veta Lucy Piso tiene su origen en una falla tensional del primer movimiento entre el sistema de vetas de Nazareno y Prometida. Entre las vetas Nazareno y Lucy Piso existen un conjunto de brechas que forman cuerpos (veta Prosperidad).

Los tectoglifos que se han encontrado para identificar los movimientos de las fallas, son las siguientes: facetas estriadas, material triturado al cabo de la estría, colas de mineral y cristalización al abrigo.

#### 1.11.4 Modelos estructurales

En el Esquema N°1, se interpreta el desarrollo de la veta Nazareno en los diversos movimientos estructurales.

En la fase Quechua I se forma la falla Nazareno como una falla normal-sinistral. En esta etapa se forman las estructuras pero no hay mineralización solo alteración hidrotermal.

Luego en el primer movimiento compresivo de la fase Quechua II hay una reactivación que forman fallas reversas-dextrales, causando trampas estructurales donde se deposita la mineralización (segunda ebullición).

Finalmente cuando ya se habían formado las estructuras mineralizadas el yacimiento sufre el segundo movimiento compresional que ocasiona el desplazamiento de las vetas, causada por fallas inversas.

En el Plano N°5, se muestra las diferentes vetas del yacimiento proyectadas al nivel 3440 de la mina Chipmo. De igual forma en el Plano N°6 se muestra una sección A-A', donde se puede ver el ordenamiento de las vetas como un sistema de vetas normales (Quechua I).

En el Esquema N°2, se muestra el modelo estructural del movimiento extensional del yacimiento, como líneas negras discontinuas se grafican las fallas de rumbo andino N30°W y con líneas rojas discontinuas se muestran las fallas con mineralización económica conocida de rumbo N60°E. Este

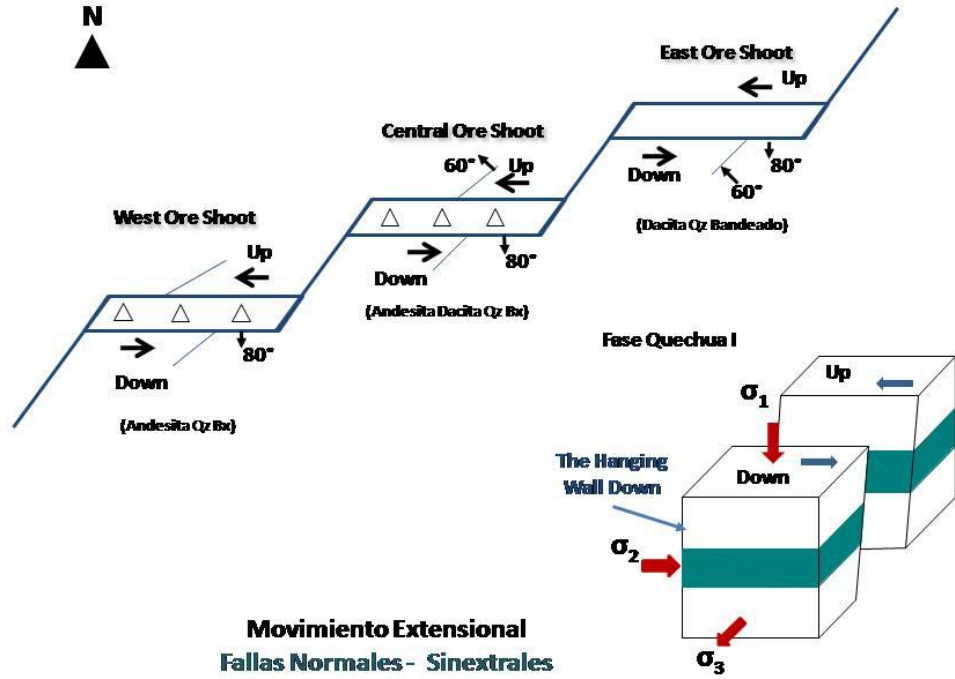
movimiento forma fallas normal-dextral y normal-sinistral respectivamente. El esfuerzo  $\sigma_1$  es horizontal de oeste a este.

Esquema N°3, se muestra el modelo estructural del primer movimiento compresional caracterizado por reactivar las fallas formadas en el movimiento extensional anterior. Las fallas que se formaron son fallas reversas-sinistrales en el rumbo N30°W y reversas-dextrales en el rumbo N60°E.

Esquema N°4, se grafica el modelo estructural del segundo movimiento compresional en el cual se observa el desplazamiento de las estructuras mineralizadas debido a fallas inversas de bajo ángulo con un rumbo promedio de N60°W, los cuales coinciden con las fallas tensionales del sistema N30°W.

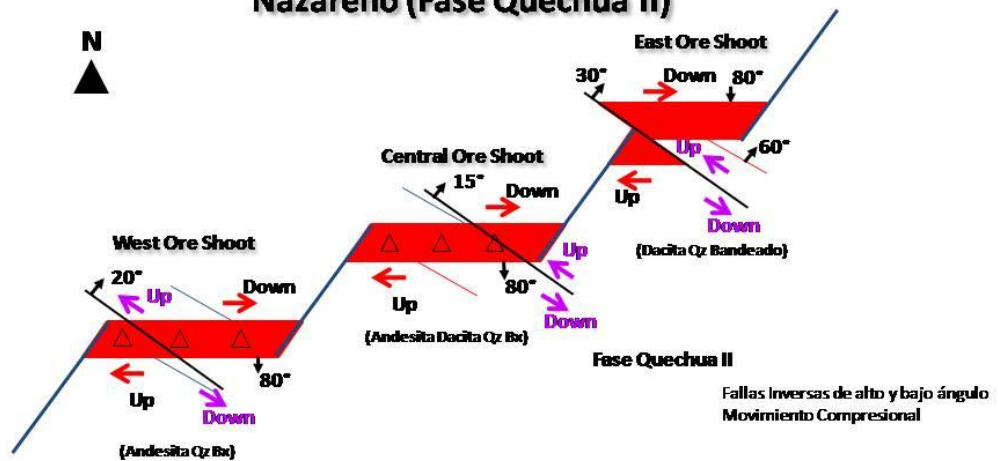
Para el cálculo de las direcciones de los esfuerzos se utilizó dos planos promedio de los sistemas de fallas del yacimiento de Chipmo: del sistema noroeste se usó el plano 330° / 80° y del sistema noreste el plano 60° / 80°. Estos datos fueron llevados a un software "Spheristat", los resultados se muestran en el Diagrama N°7. El esfuerzo  $\sigma_1$  tiene una dirección 285° / 11° y pertenece a una convergencia oblicua en el sur del Perú.

### Esquema estructural de Veta Nazareno (Fase Quechua I)



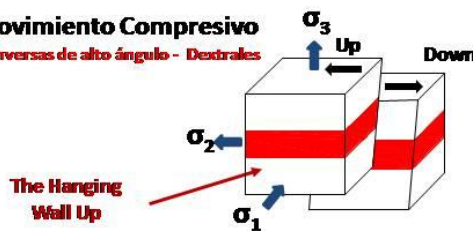
Movimiento Extensional  
Fallas Normales - Sinestrales

### Esquema estructural de Veta Nazareno (Fase Quechua II)

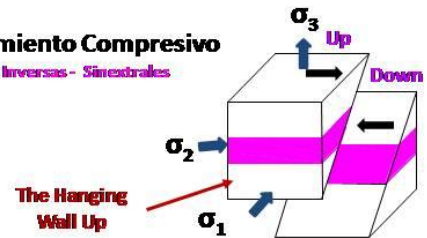


Fallas Inversas de alto y bajo ángulo  
Movimiento Compresional

1° Movimiento Compresivo  
Fallas Inversas de alto ángulo - Dextrales

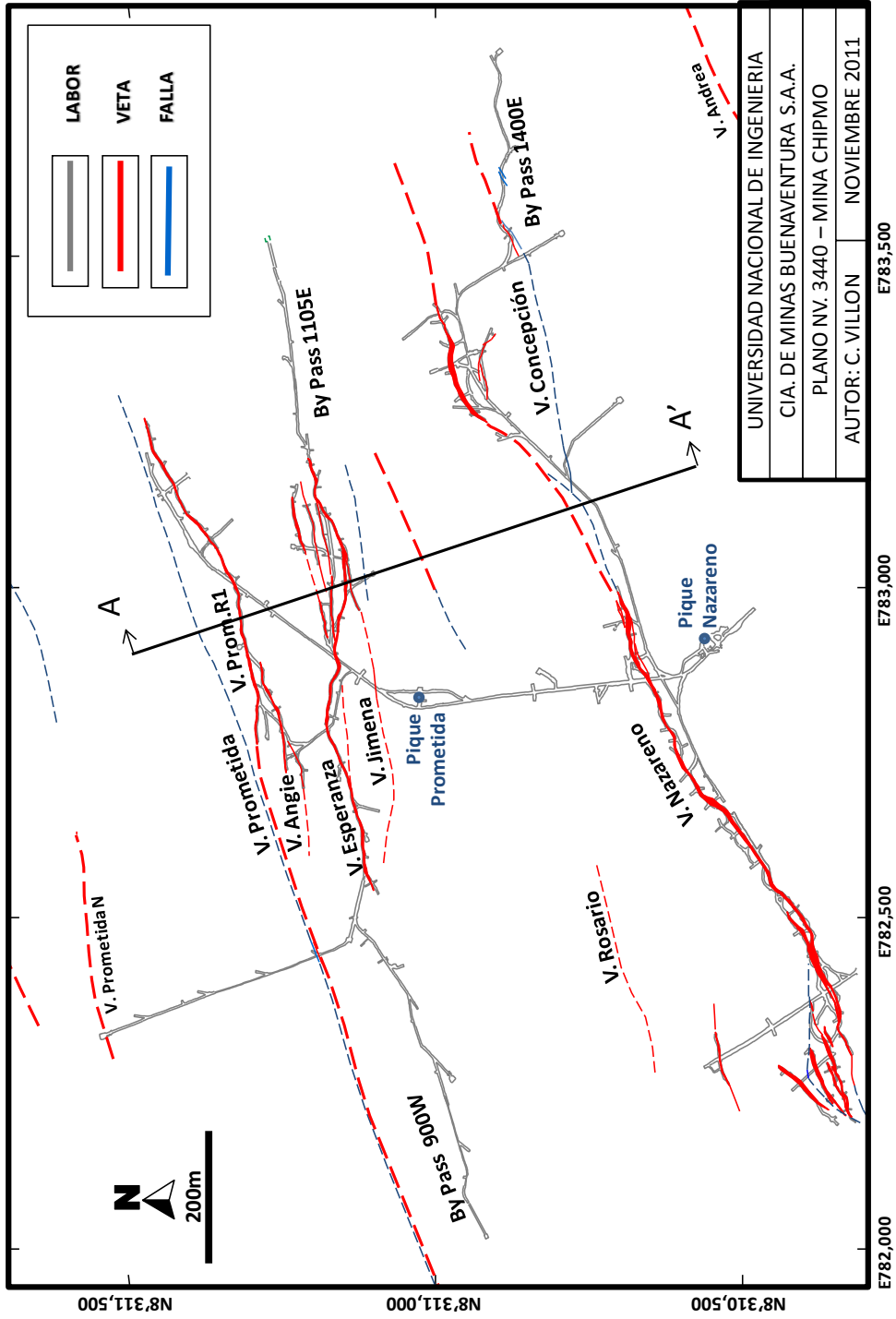


2° Movimiento Compresivo  
Fallas Inversas - Sinestrales

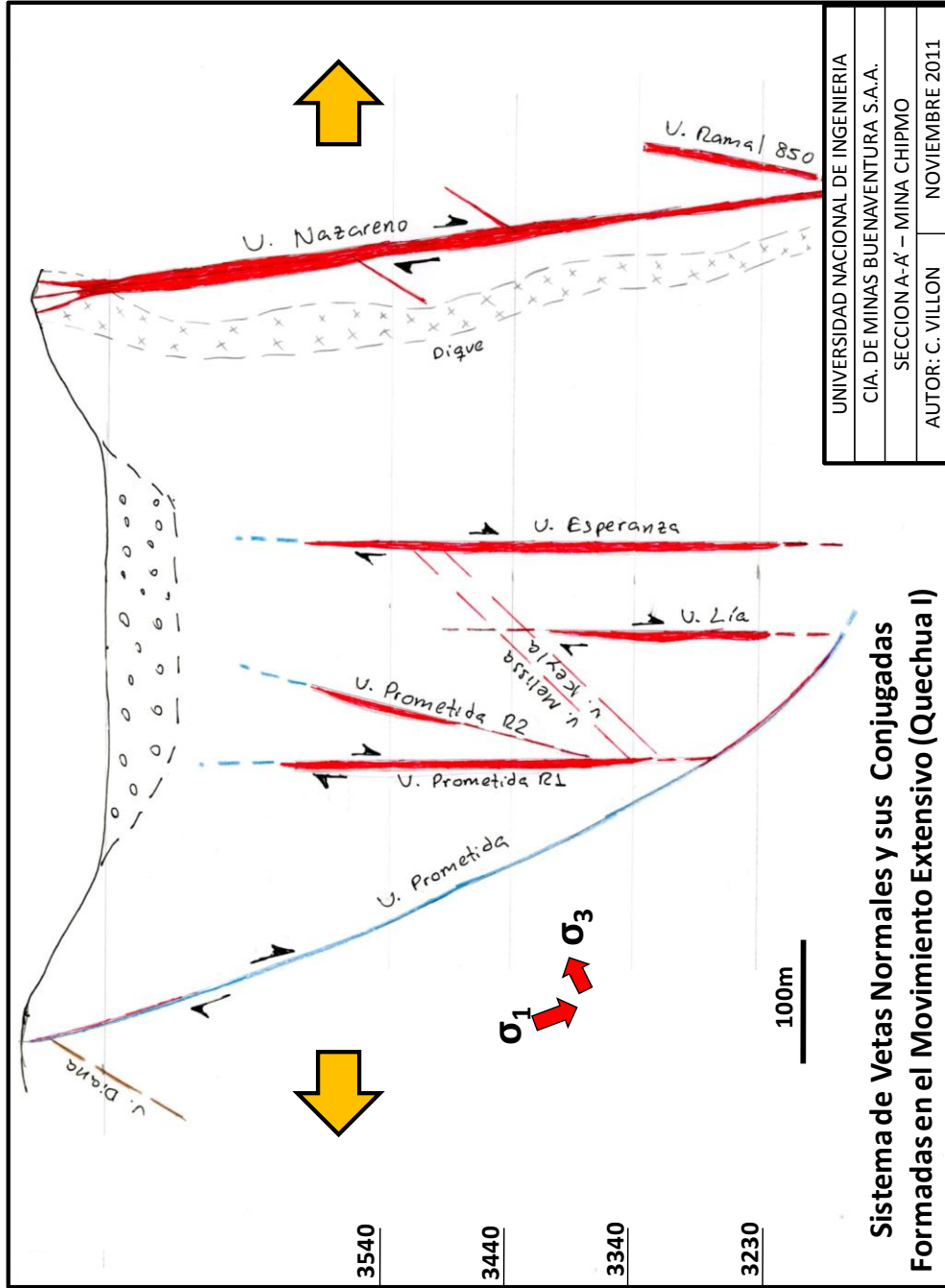


Esquema N°1. Principales Movimientos en el Yacimiento de Chipmo - Veta Nazareno (Villón, 2011).

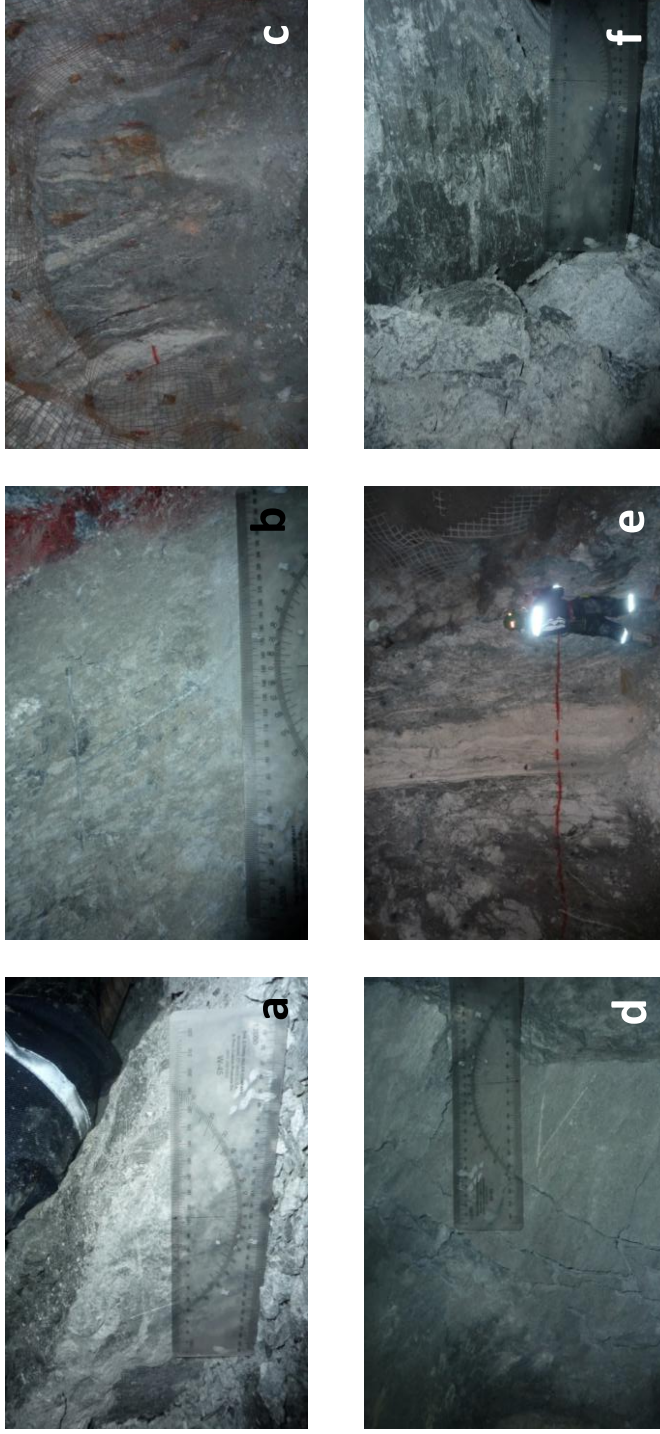




Plano N°4. Plano Geológico del Nivel 3440 del Yacimiento de Chipmo - Quechua I (Villón, 2011).

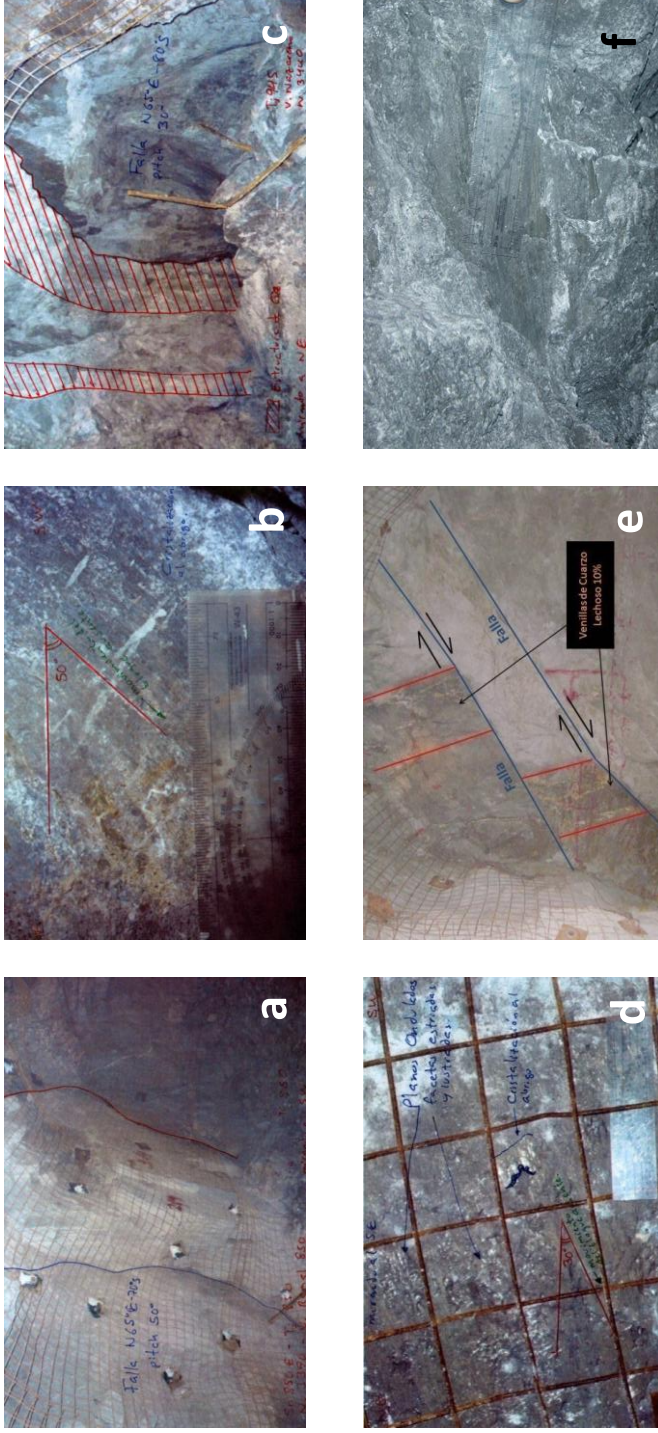


Plano N°5. Sección Transversal del Yacimiento de Chipmo Sistemas de Vetas - Quechua I (Villón, 2011).



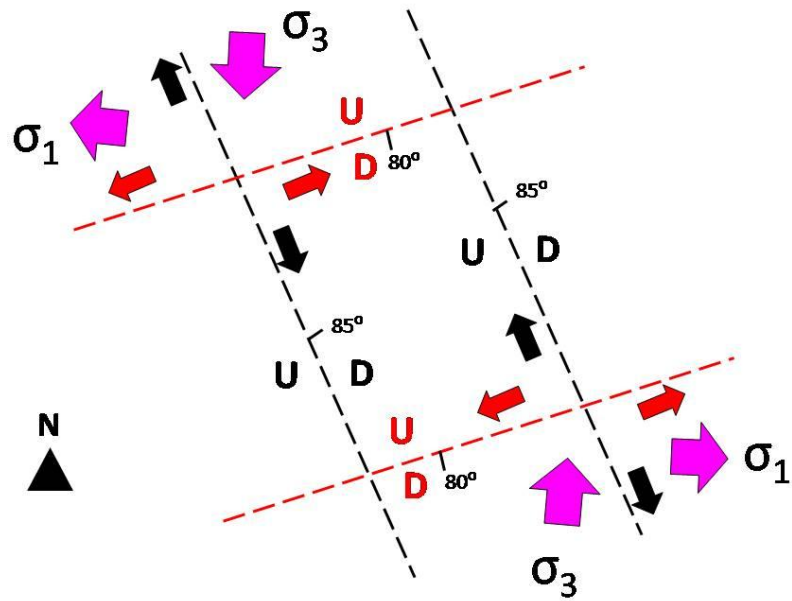
a) falla, galería 850-2W nivel 3390 veta Nazareno; b) falla, galería 850-2E nivel 3390 veta Nazareno; c) frente, galería 850-2E nivel 3390 veta Nazareno; d) falla, galería 942-3W veta Nazareno; e) frente, galería 927-1E nivel 3290 veta Ramal 850; f) falla, galería 927-1E nivel 3290 veta Ramal 850.

Fotografía N°6. Estructuras en el Yacimiento Chipmo (Villón, 2011).

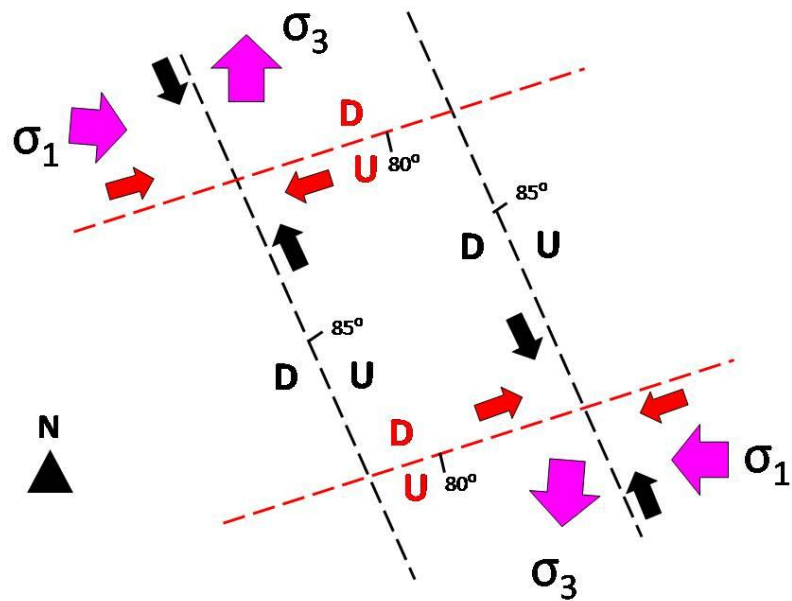


a) falla, tajo 850 nivel 3390 veta Ramal 850; b) falla, tajo 850 nivel 3390 veta Ramal 850; c) frente este, tajo 945 nivel 3440 veta Nazareno; d) falla, tajo 945 nivel 3440 veta Nazareno; e) fallas inversas, galería 412W nivel 3390 veta Marisol; f) falla, galería 942-3W nivel 3340 veta Nazareno.

Fotografía N°7. Sistema Estructura (fallas) en el Yacimiento Chipmo (Villón, 2011).

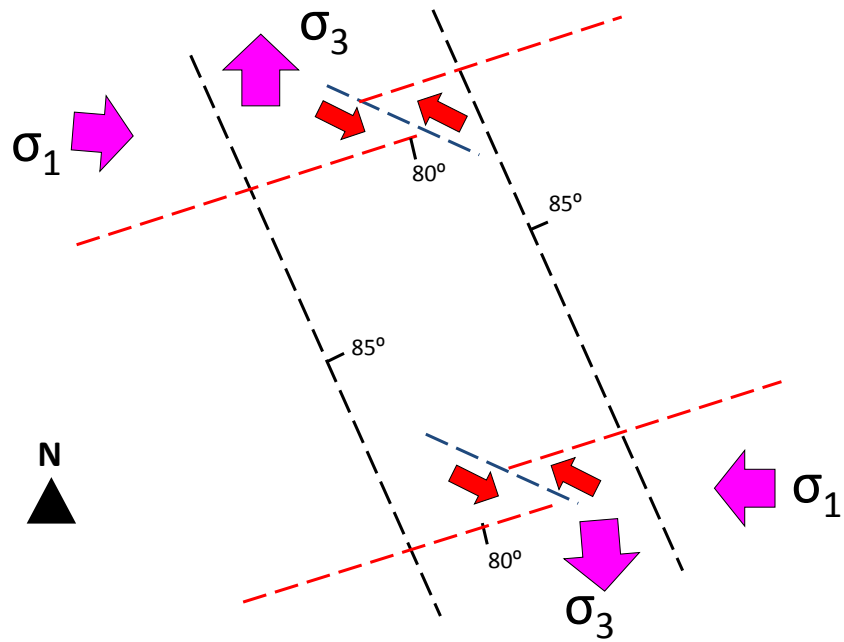


Esquema N°2. Modelo Estructural del Movimiento Extensional - Quechua I (Villón, 2011).



Esquema N°3. Modelo Estructural del Primer Movimiento Compresional – Quechua II (Villón, 2011)





Esquema N°4. Modelo Estructural del Segundo Movimiento Compresional - Quechua II (Villón, 2011).

Pole	Trend	Plunge	Description
P1	240°	5°	Plane 330° / 85°
P2	330°	10°	Plane 60° / 80°

**Eigenvectors and Eigenvalues**

**Principal Direction**

Vector	Trend	Plunge	Value
$\sigma_1$	285°	11°	1.0151
$\sigma_2$	124°	79°	0.0000
$\sigma_3$	15°	4°	0.9698

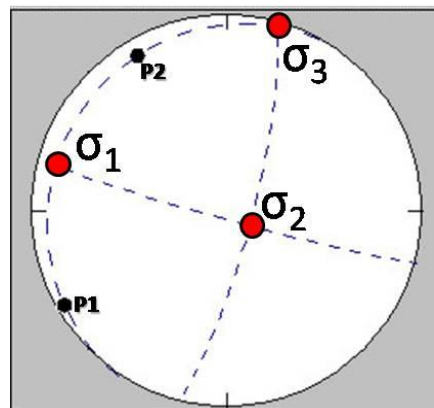
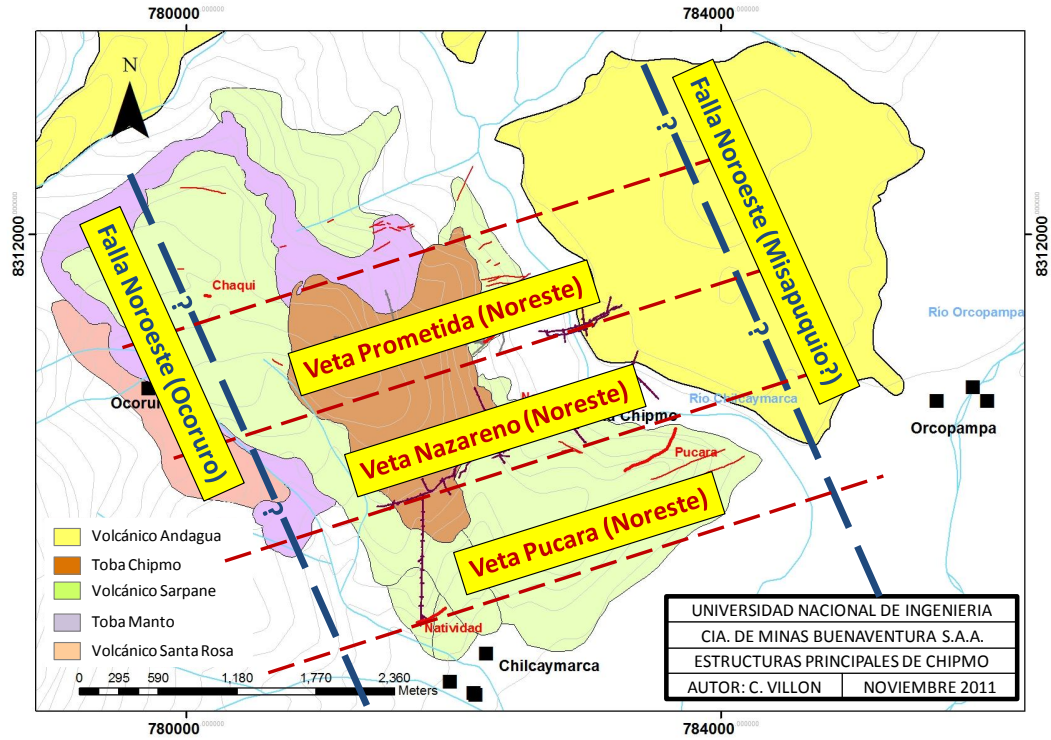


Diagrama N°7. Principales Direcciones de los Movimientos en el Yacimiento de Chipmo (Villón, 2011).



Plano N°6. Principales Estructuras del Yacimiento de Chipmo (Villón, 2011).

## 1.12 ALTERACIONES HIDROTERMALES

En el área Chipmo, se han definido los siguientes ensambles de alteración:

### 1.12.1 Argílica Avanzada:

Está compuesta por el ensamble: dickita, pirofilita, alunita, diaspora, acompañada por una silicificación que va desde débil hasta intensa. En algunos casos la lixiviación de los fenos ha sido total dando como resultado vuggy silica. Esta alteración se presenta cerca de las estructuras mineralizadas relacionadas casi siempre a las zonas de mayor ley de oro.

### 1.12.2 Argílica:

Se denominada así a la alteración que da como resultado al caolín. Es la alteración más común en el yacimiento de Chipmo. Se encuentra envolviendo a la alteración argílica avanzada.

### 1.12.3 Argílica Intermedia:

Compuesta principalmente por el ensamble illita, montmorillonita y esmectitas. Indica zonas alejadas de la mineralización, si una estructura se encuentra relacionada a esta alteración la mineralización es muy pobre. Se caracteriza también por presentar venillas de yeso, anhidrita y calcita.

### 1.12.4 Subpropilítica:

Es un término propuesto para identificar al ensamble: clorita, piritita, calcita. Los fenos en esta alteración se encuentran carbonatizados en diferentes grados. Esta alteración también se encuentra acompañada por venillas tardías de yeso, anhidrita y calcita.

### 1.12.5 Propilítica:

Es la alteración donde predomina la epidota, además de la clorita, piritita y calcita. Aquí también se puede observar venillas tardías de yeso, anhidrita y calcita. Al parecer es una alteración de tipo deutérica al igual que la alteración subpropilítica.



### 1.12.6 Relación entre la alteración hidrotermal y la mineralización

En las zonas mineralizadas la roca presenta alteración argílica avanzada con dickita principalmente, la silicificación es intensa llegando incluso a formar texturas de vuggy silica o silicificación masiva.

Los halos de alteración argílica avanzada y argílica varían según el tipo de roca. En las rocas dacíticas y riolíticas el halo de alteración es muy extenso llegando a decenas de metros, pero en las andesitas el halo de alteración es más restringido llegando a veinte metros como máximo. Esto es debido a que las dacitas y riolitas son más reactivas que las rocas andesíticas.

La variación vertical de la alteración hidrotermal se puede definir desde la superficie como caolín-dickita más profundo (300 metros debajo de la superficie) el ensamble cambia a caolín-dickita-pirofilita-diaspora pero debajo de los 400 metros vuelve el ensamble caolín-dickita con zonas puntuales de pirofilita y diáspora. Si consideramos que la pirofilita y diáspora son de mayor temperatura podría tratarse de superposiciones de varios eventos hidrotermales (telescopización) en este yacimiento.

La alunita es un mineral de alteración que se encuentra localizado mayormente en la zona de Prometida (norte del yacimiento de Chipmo) y está relacionada más a las rocas riolíticas no importando la profundidad con respecto a la superficie.

En el yacimiento se encuentran estructuras de vetas de alunita y dickita-pirofilita-diaspora, emplazadas en las mismas fallas que controlan las vetas que contienen cuarzo. Esta variación de cuarzo a arcillas varía de este a oeste. En la extensión oeste de la mina se conocen estructuras de alunita y dickita-pirofilita con mineralización esporádica de oro.

La veta Prometida tiene mineralización irregular de oro en alunita en su extensión oeste cerca de la superficie. Es posible encontrar mineralización económica de oro en los halos de alteración, para ello la roca debería estar fuertemente silicificada, como ha ocurrido ocasionalmente en la veta Nazareno (tajo 945).

Fuera de la alteración hay un evento de anhidrita-yeso que se sobreimpone a la mineralización. Se ha podido apreciar que en profundidad las fallas que controlan la mineralización contienen anhidrita-yeso. Algunas veces se encuentran cuarzo-anhidrita-yeso en texturas bandeadas y brechadas (fragmentos de cuarzo envuelto por una matriz de anhidrita-yeso). La presencia de estos sulfatos podría deberse tal vez a que en el basamento se encuentran las calizas Acurquina y donde las aguas subterráneas disuelven el carbonato precipitando sulfatos (anhidrita) en las fallas por donde fluyen estas aguas a superficie. Se ha podido muestrear y analizar las aguas termales en interior mina (45°C). Con los resultados se han podido clasificar estas aguas como sulfatadas con saturación de calcio y pH de 6.5.

#### 1.12.7 Geoquímica de las alteraciones hidrotermales

Para el análisis de la litología y alteración relacionada a la mineralización, se tomaron muestras en interior mina y en taladros diamantinos donde se tomaron muestras antes y después de la estructura mineralizada con un ancho promedio de muestreo de un metro. Luego estas fueron analizadas en un laboratorio externo por: multielementos con ataque de ácidos - ICP, roca total XRF y REE tierras raras. También se realizaron secciones delgadas de algunas de las muestras para ser estudiadas. En el estudio de las arcillas de las muestras de roca se utilizó el PIMA.

En la caracterización de las alteraciones hidrotermales se usó la técnica de transferencia de masa, la ecuación de Greensen y el Diagrama de Isocon. Y para las tierras raras se usaron diagramas Spider.

##### 1.12.7.1 *Técnica de transferencia de masa*

El método de McLean y Barrett de estimación de transferencia de masa en un sistema precursor simple incorpora la evaluación de inmovilidades como un paso fundamental (Cathryn Gifkins, Walter Herrmann and Ross Large , 2005).

Según la metodología de Barrett y McLean (Diagrama N°8) se realizó primero la prueba de inmovilidad para estas muestras se usó el gráfico TiO<sub>2</sub>

vs Zr. Luego se procedió a identificar las muestras menos alteradas y se realizó la correlación lineal de estos datos. Las muestras han sido agrupadas por grupos según la zona donde han sido extraídas y estas se grafican por diferentes colores.

En el Grafico N°4 se representa 126 muestras donde se observa dos grupos de litología, dentro de la línea roja están las muestras de roca andesítica y otro grupo enmarcada dentro de la línea verde formada por muestras de roca dacítica.

Para este trabajo se tomaron 93 de las 126 muestras las cuales pertenecen a las dacitas y muestran un coeficiente de correlación lineal de 0.95 (Grafico N°5).

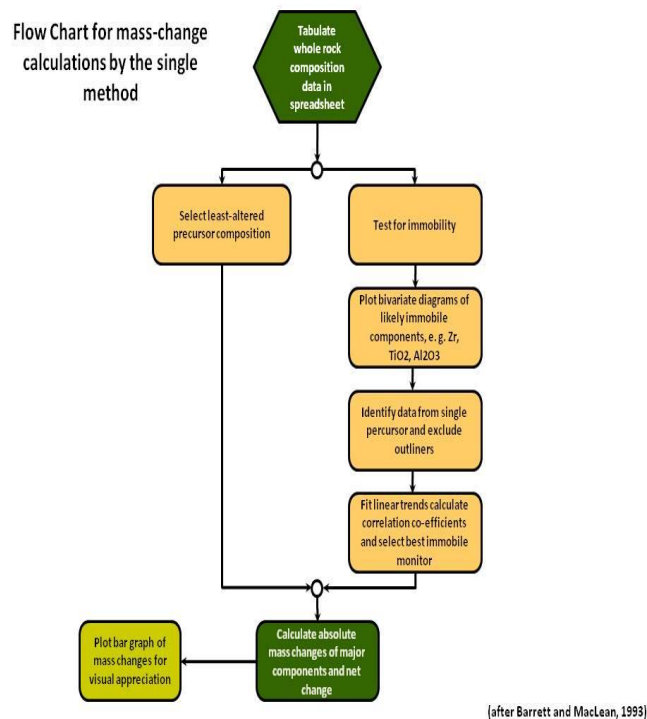


Diagrama N°8. Barret y McLean, 1993.

En el Grafico N°5 se ha enmarcado con un circulo la muestra M-31 que se tomara como roca origen ya que se encuentra cerca de la línea de correlación y pertenece a una muestra muy poco alterada.

Siguiendo la metodología de Barrett y McLean se realizó el cálculo de intercambio de masa de elementos mayores, usando la siguiente fórmula:

$$\Delta^a = \left[ \frac{Z^o}{Z^a} \cdot C^a \right] - C^o$$

Donde:

- $\Delta^a$  cambio absoluto de masa en g/100g.
- $C^a$  w% componente de proporción de roca alterada.
- $C^o$  w% componente de proporción de roca sin alterar o poca alterada.
- $Z^a$  proporción de elemento inmóvil de roca alterada.
- $Z^o$  proporción de elemento inmóvil de roca sin alterar o poca alterada

Una vez realizado este cálculo los resultados serán mostrados en un gráfico de intercambio de masa para su mejor apreciación.

Para ejemplo se han tomado 4 muestras de las principales fases de alteración.

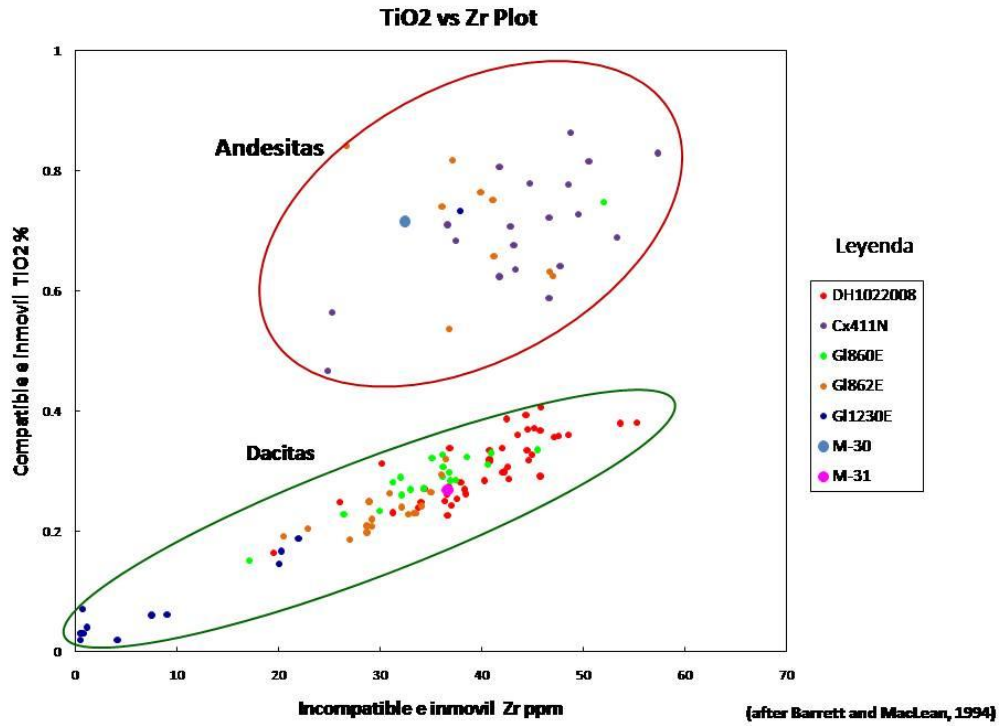


Grafico N°4. Geoquímica de Rocas Alteradas – Elementos Inmóviles. Correlación TiO2 vs Zr - Barret and MacLean, 1994 (Villón, 2011).

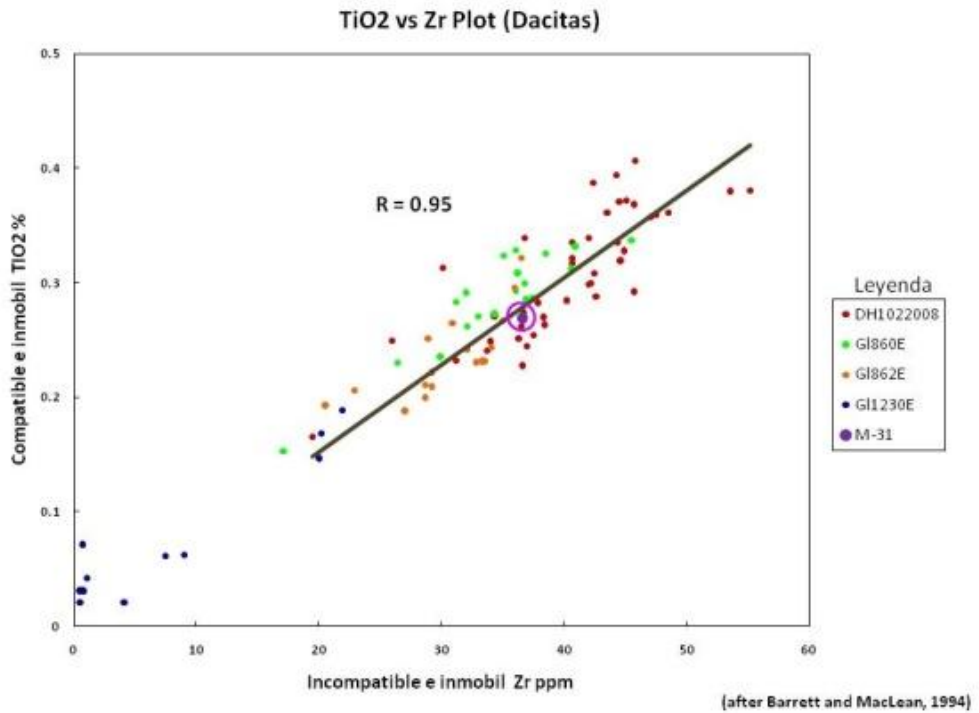


Grafico N°5. Correlación TiO2 vs Zr en Dacitas - Barret and MacLean, 1994 (Villón, 2011).

En el Gráfico N°6, la primera muestra B-02230 casi no hay intercambio de masa, la suma de los intercambio de masa es 2g/100g. En la segunda muestra B-02241 hay un intercambio de masa positivo en el Si y Ca pero un decrecimiento en el K, la suma de los intercambios de masa resulta 16g/100g. En la tercera muestra B-02228 varios elementos son deprimidos especialmente en el Si seguido por el K, Al y Ca, la suma del intercambio de masa da como resultado -25g/100g. Y la cuarta muestra B-02249 se incrementa fuertemente el Si seguido del K, Ca y Al, la suma del intercambio de masa es 18g/100g.



Grafico N°6. Intercambio de Masas de las Principales Fases de Alteración (Villón, 2011).

### 1.12.7.2 Diagramas de Isocon

El isocon se define como una línea que conecta puntos de igual concentración geoquímica (Gary et al., 1974).

La ecuación base:

$$C_i^A = (M^O/M^A)(C_i^O + \Delta C_i)$$

Donde:

- $\Delta C_i$  cambio absoluto de masa en g/100g.
- $C_i^A$  w% Concentración de roca alterada.
- $C_i^O$  w% Concentración original o poca alterada.
- $M^A$  Masa de muestra alterada.
- $M^O$  Masa referencial de la muestra original o poca alterada

Notar que si  $M^O = 1g$ ,  $C$  es g/g, si  $M^O = 100g$ ,  $C$  es en porcentaje de peso, si  $M^O = 10^6 g$ ,  $C$  es en ppm, si  $M^O = 1000 \rho^O$ ,  $C$  esta en g/1000 cc.

Para cada componente hay una ecuación de esta forma, en el cual  $(M^O/M^A)$  es constante. Si nosotros podemos identificar en particular estos (inmóviles) componentes para lo cual  $\Delta C_i = 0$ , podemos obtener este ratio para resolver un conjunto de simultáneas ecuaciones de la forma:

$$C_i^A = (M^O/M^A)C_i^O$$

Esto es fácilmente hecho gráficamente, ploteando la data analítica  $C_i^A$  contra  $C_i^O$ . los componentes inmóviles generados, atraviesan el origen, una línea gruesa de pendiente  $(M^O/M^A)$ , el cual es el ratio fundamental de equivalente de masas antes y después de la alteración. Esta línea, por el cual  $\Delta C_i = 0$ , puede ser llamado "isocon", esto es, "una línea que conecta puntos de igual

concentración geoquímica” (Gary et al., 1974, p 374). Esto es fácilmente determinado por inspección, el cual involucra el mejor calificado de una línea gruesa a través de una serie de puntos. La ecuación del isocon es:

$$C^A = (M^O/M^A)C^O$$

Siguiendo con el ejemplo se continuara analizando las 4 muestras anteriores comparadas con la muestra M-31.

Para una mejor visualización de los gráficos los óxidos mayores han sido escalados.

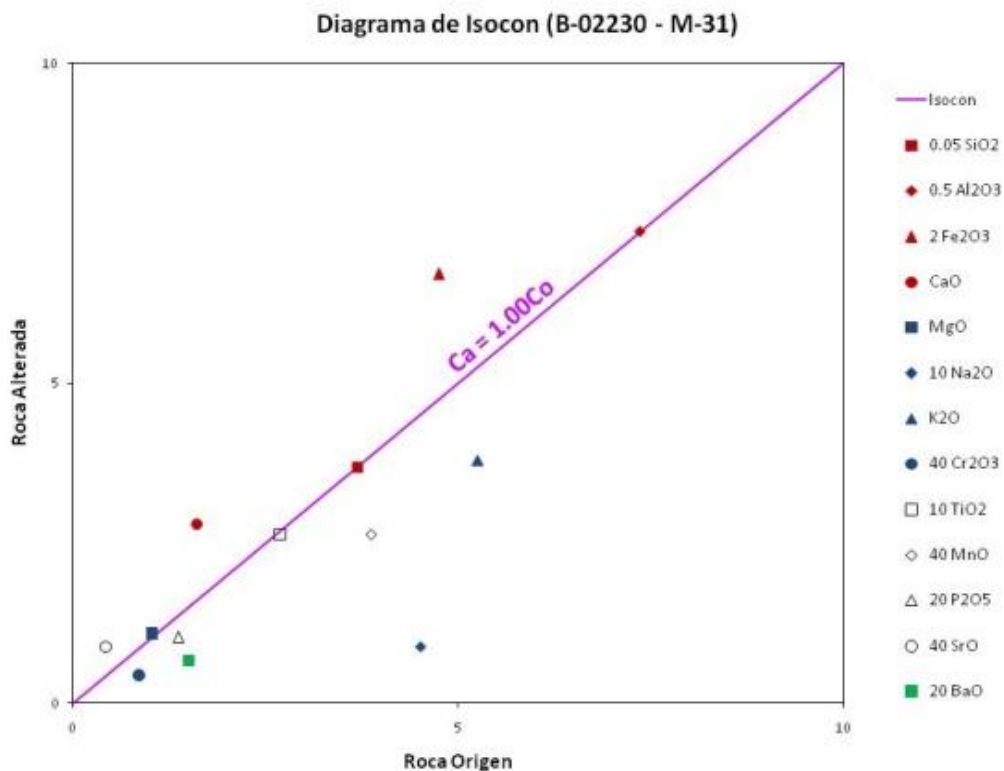


Grafico N°7. Diagrama de Isocon para B-02230 (Villón, 2011).

La muestra B-02230 se encuentra dentro de la alteración argílica intermedia lejos de la mineralización, la cual tiene un buen isocon como se muestra en el Grafico N°7. Se puede observar en este grafico que los elementos inmóviles son el Al, Si, Ti y Mg. El Fe, Ca y Sr sufren un incremento, el Fe



aumenta en 1.4 veces, el Ca en 1.7 veces y el Sr en 2 veces. El K, Na, Mn, P y Cr decaen en su contenido, siendo el Na el que sufre el mayor decrecimiento de 5 veces.

Otra muestra donde se ha realizado el análisis es la muestra B-02241 (Grafico N°8) perteneciente a la alteración argílica intermedia, se observa una pendiente de 0.87 en la ecuación de isocon. El Al y Ti se muestran como elementos inmóviles. El Si, Fe, Ca y Sr incrementan su valor destacando el Ca en 5 veces y el Sr en 3 veces. Los elementos que decrecen son el K, Na, Mn, Ba, Mg, P y Cr, siendo el Ba el elemento que mas decrece en 6 veces seguido por el Na que decrece 4 veces y el K en 1.6 veces.

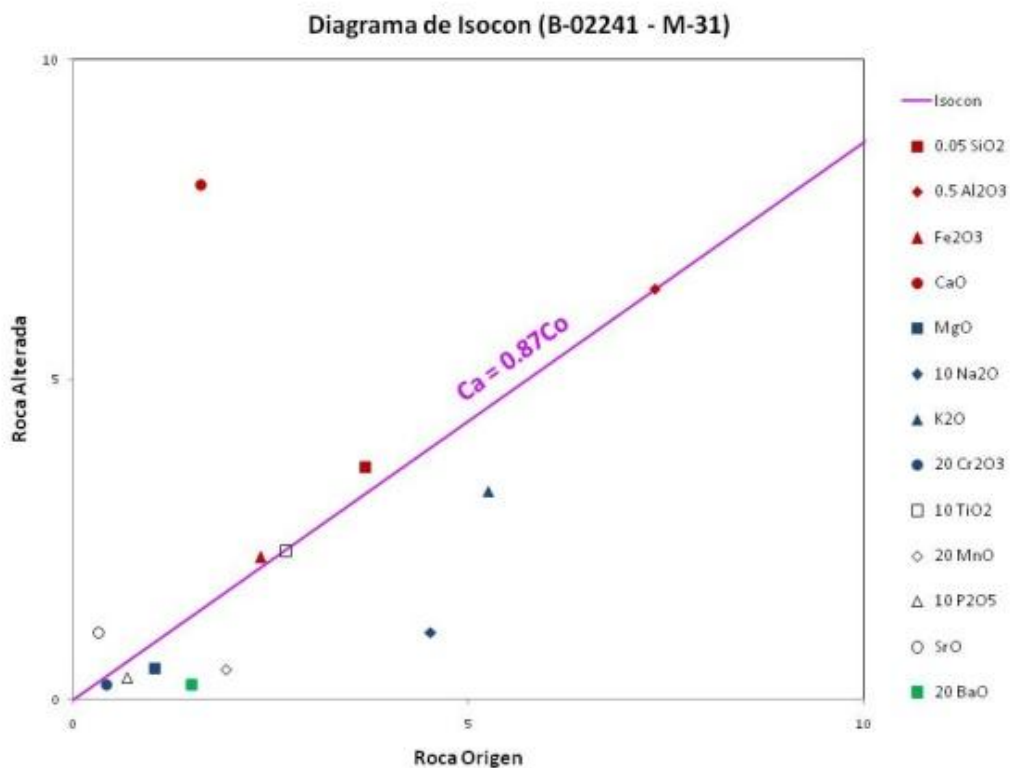


Grafico N°8. Diagrama de Isocon para B-02241 (Villón, 2011).

Una muestra que representa la alteración argílica es la muestra B-02228 (Grafico N°9) el cual indica una pendiente de 1.17 para el isocon correspondiente. Los elementos que están cerca de la línea isocon son el Al, Si, P y Ti. El Fe y el Sr son los elementos que obtienen ganancia destacando el Sr en 5 veces. Los elementos que se deprimen son el Ca, K, Mg, Mn, Ba, Na y Cr, de los cuales el Ca se deprime 16 veces, el Mn en 9 veces, el Mg en 7 veces, el Na en 4 veces, el K en 3 veces, el Ba y Cr en 2 veces.

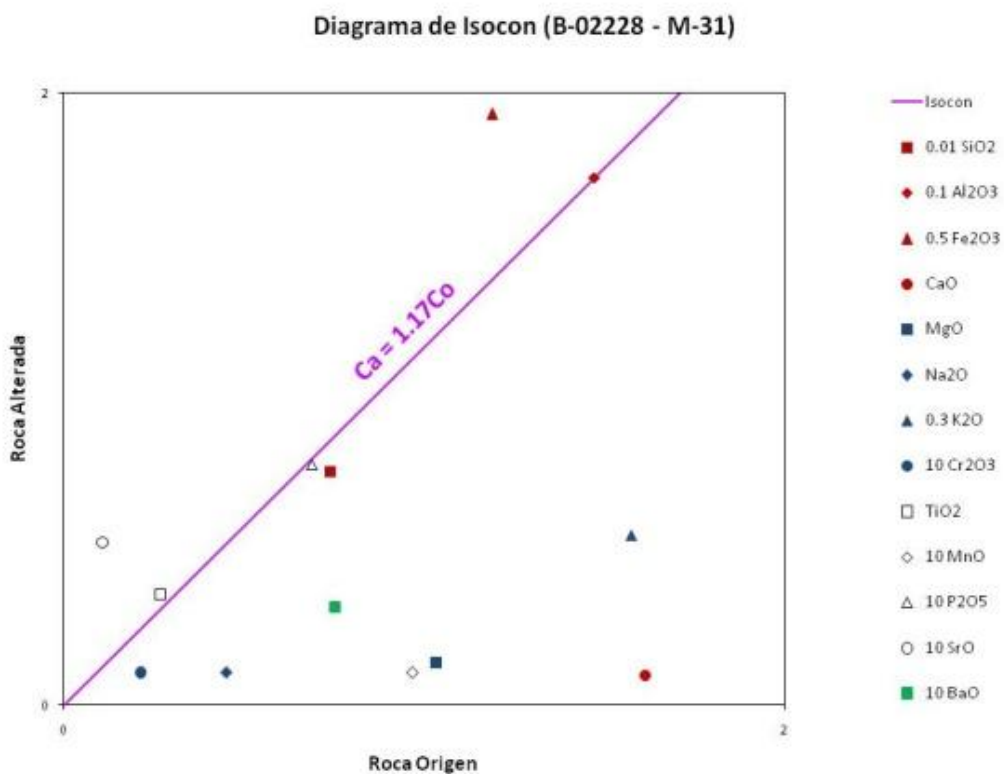


Grafico N°9. Diagrama de Isocon para B-02228 (Villón, 2011).

La última muestra B-2249 (Grafico N°10) que se realizó el análisis fue una muestra con alteración argílica avanzada, que presento las mayores depresiones de elementos, donde el isocon para esta alteración tiene 0.77 de pendiente. En el gráfico se puede observar que el Al, Fe, P y Ti son los elementos que permanecen casi inmóviles. El Si y el Sr son los elementos que obtienen ganancia destacando el Sr en 4 veces. Los elementos que muestra decaimiento son el K, Ca, Mg, Mn, Ba, Na y Cr, de los cuales el Ca

se deprime 38 veces, el Mg en 14 veces, el Mn en 9 veces, el Ba en 7 veces, el Na en 5 veces, el K en 4 veces y el Cr en 2 veces.

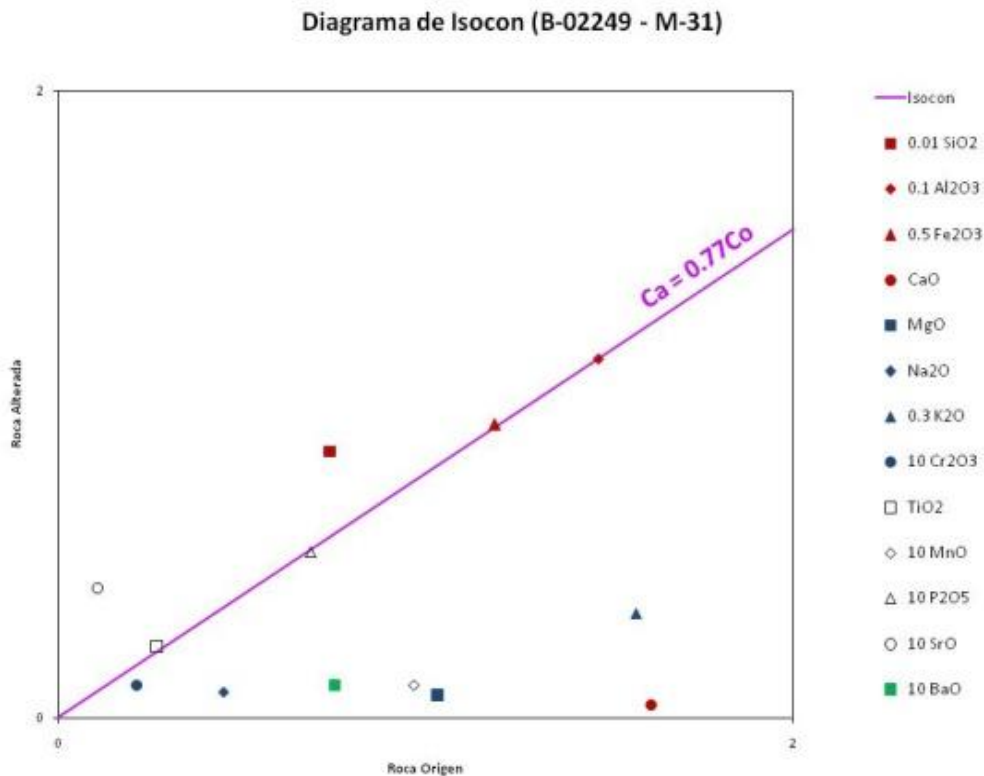


Grafico N°10. Diagrama de Isocon para B-02249 (Villón, 2011).

#### 1.12.7.1 Geoquímica de Tierras Raras relacionadas a la alteración

Los elementos de tierras raras (con excepción del Eu) son generalmente incompatibles durante el fraccionamiento ígneo. Las tierras raras pesadas (Lu y Yb) son esencialmente inmóviles mientras las tierras raras ligeras son móviles durante la alteración (W.H. MacLean, T.J. Barrett, 1993).

En este trabajo se realizó sobre las cuatro muestras anteriormente analizadas y de la muestra de la roca origen, los diagramas spider se presentan a continuación (los datos fueron normalizados con Sum+McDon 1989).

En el Grafico N°11 se puede observar las muestras alteradas comparadas con la muestra M-31 (línea verde) que pertenece a la muestra de la roca

origen. La muestra B-02230 se sobrepone casi a la línea verde. Existe un efecto de pérdida en los elementos de tierras raras pesados. La línea magenta de la muestra B-02241, según este gráfico sufre un efecto de ganancia de masa como se vio anteriormente en los diagramas de isocon.

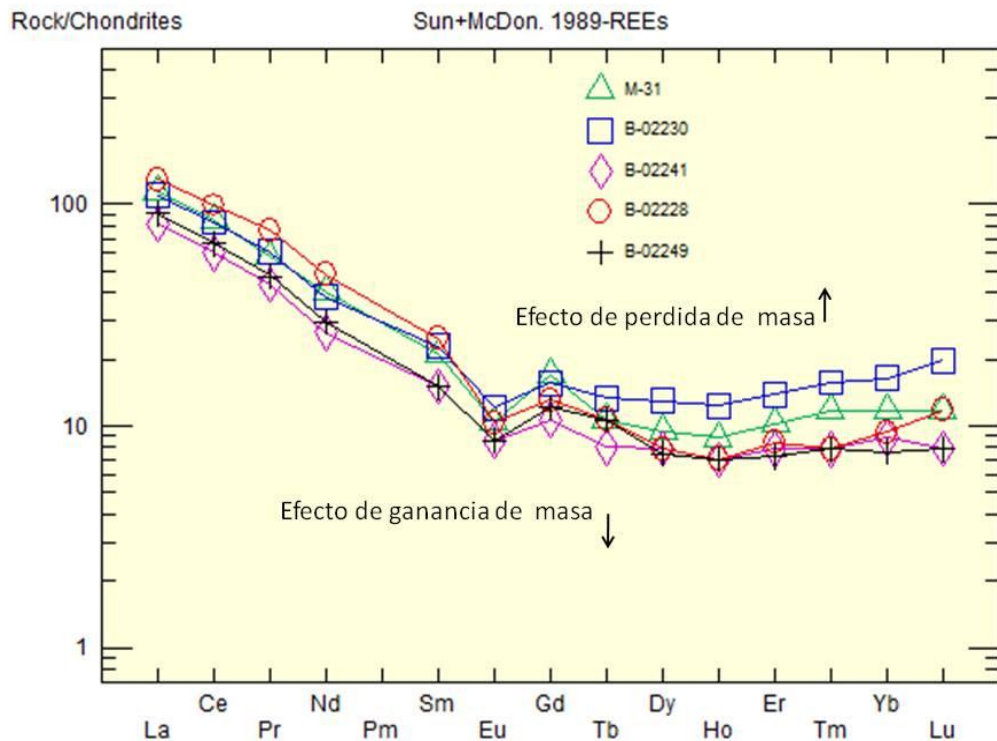


Grafico N°11. Gráfico Rock/Chondrites - Sun McDon 1989-REEs (Villón, 2011).

En el Grafico N°12 se ha separado las dos muestras de argílica avanzada (B-02249) y argílica (B-02228) para ser comparadas con la de roca origen. La línea negra de la muestra B-02249 se observa debajo de la línea verde lo que indicaría un efecto de ganancia de masa. En el gráfico de la muestra B-02228 (línea roja) se observa una pérdida de masa en los elementos de tierras raras ligeros y una ganancia de masa en los elementos de tierras raras pesados.

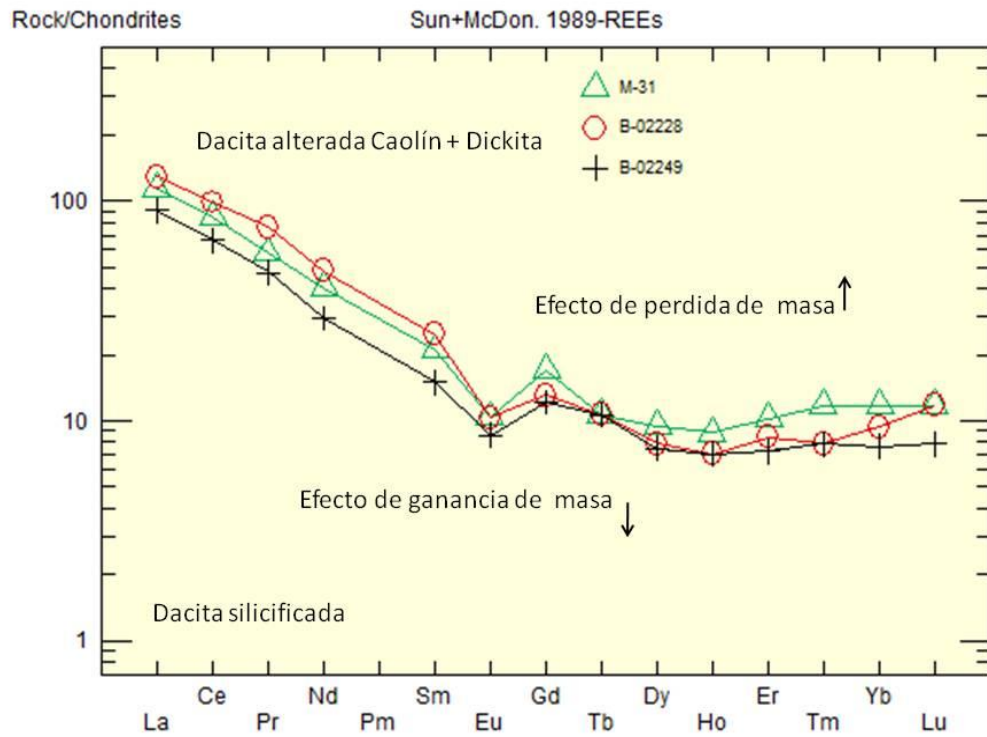


Grafico N°12. Gráfico Rock/Chondrites - para la Alteración Argílica avanzada (Villón, 2011).

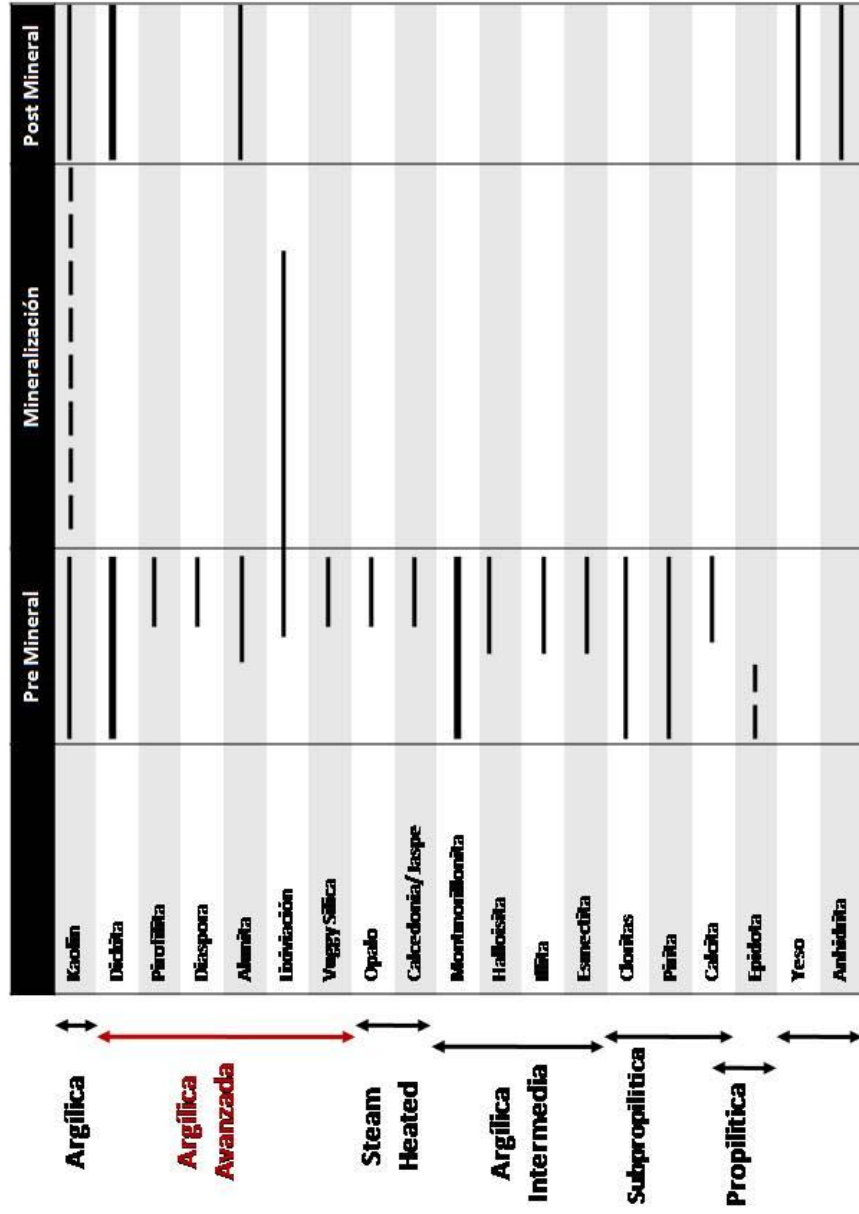
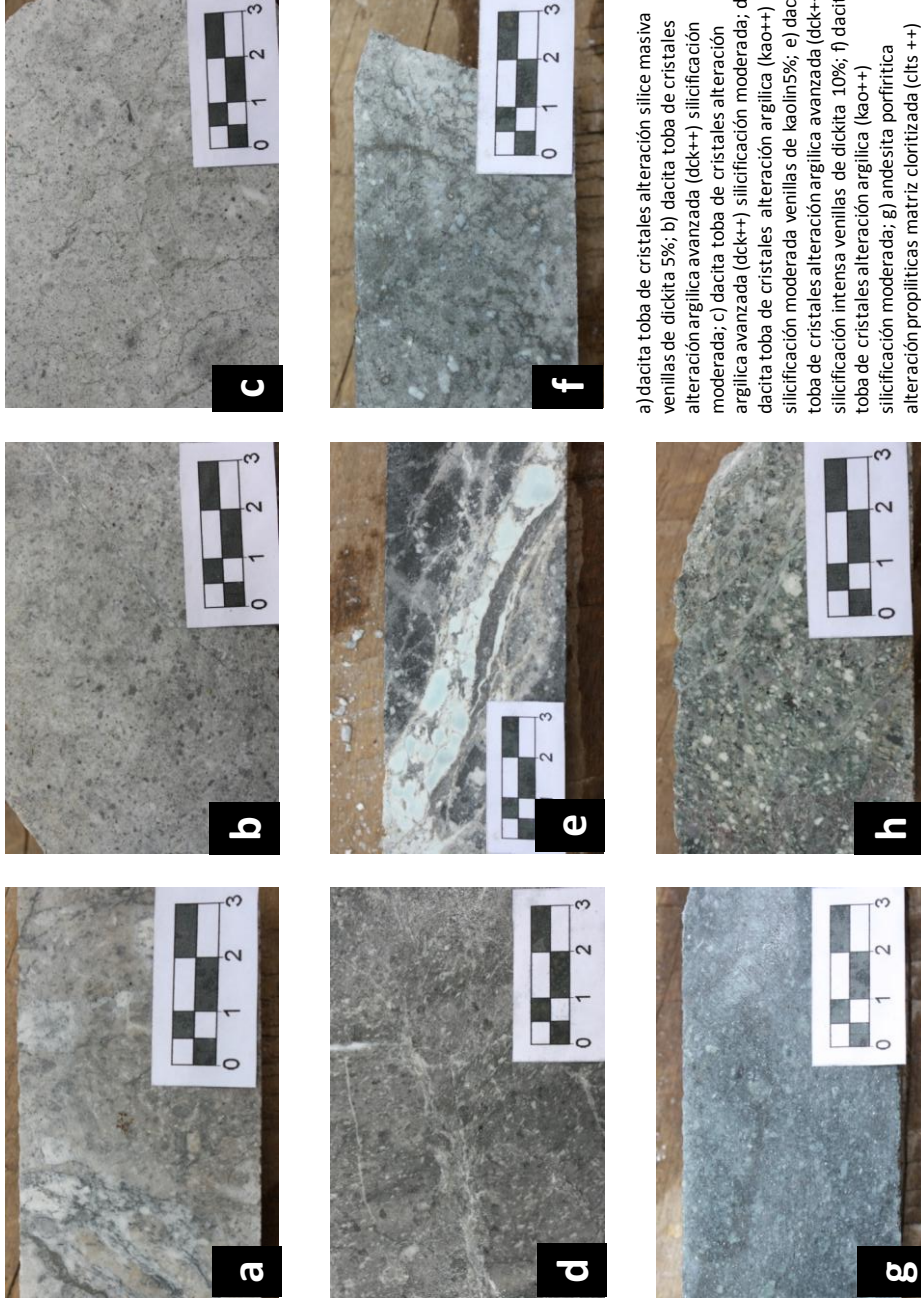


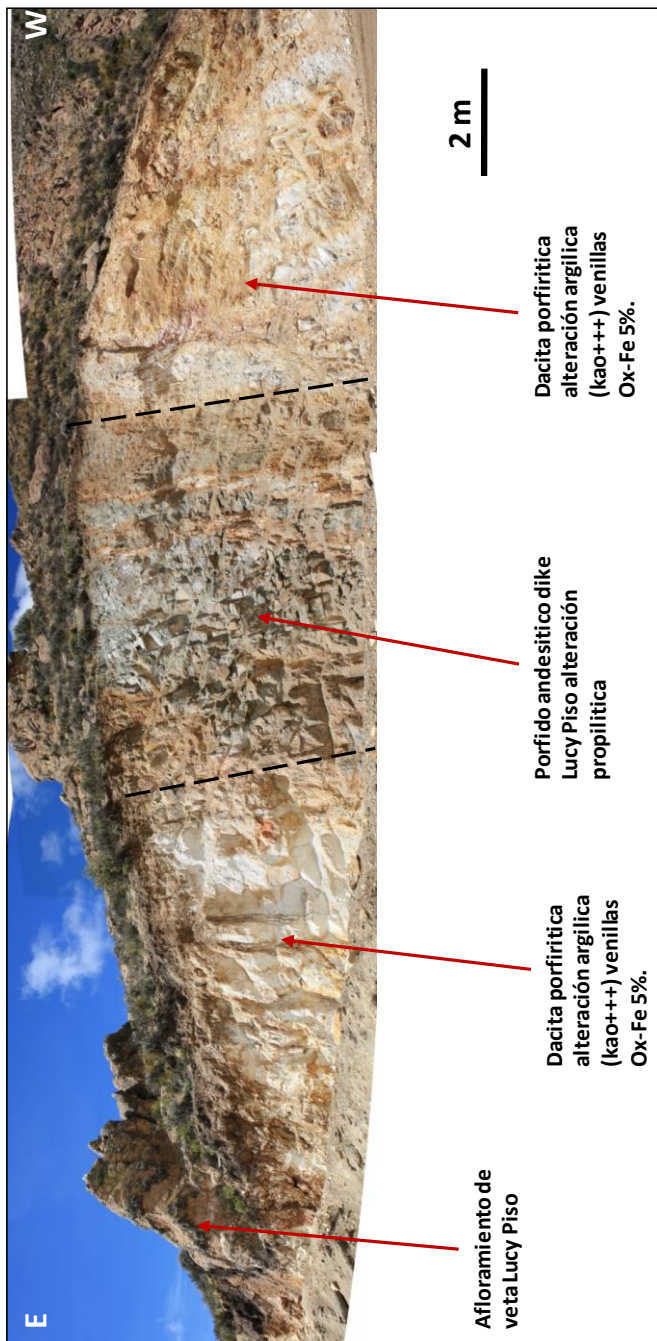
Gráfico N°13. Distribución de los Minerales de Alteración en las Etapas de Mineralización.



Fotografía N°8. Rocas con Alteración Hidrotermal (Villón, 2011).



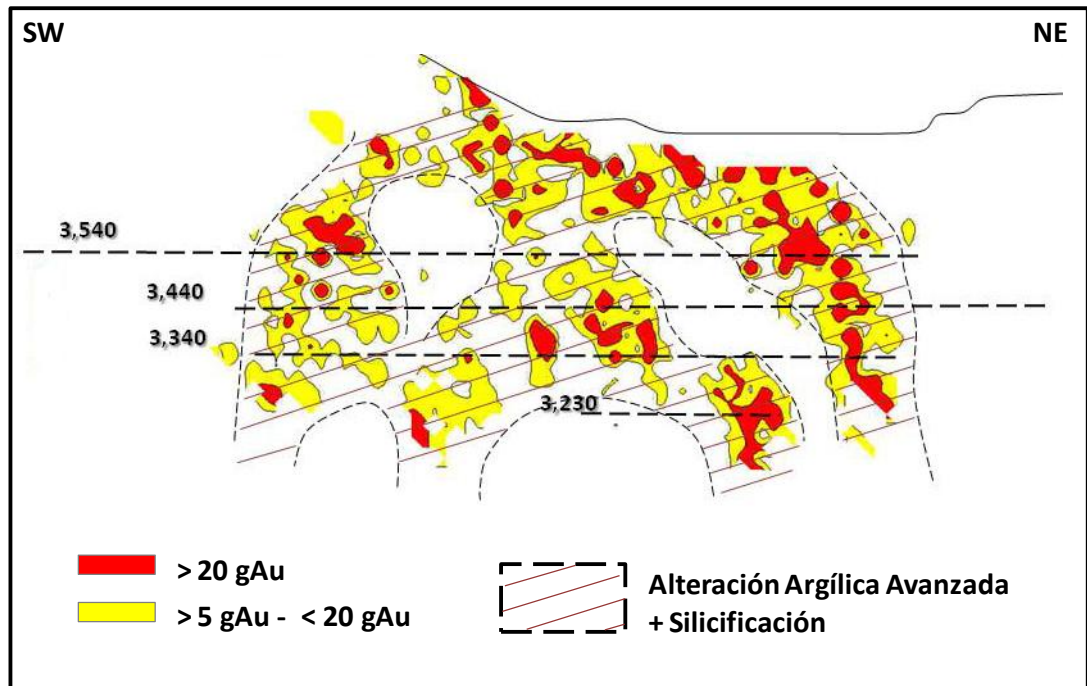
## Corte de la veta y dique Lucy Piso



Corte en la carretera Samauire de la veta Lucy Piso, mirando al SW. En esta fotografía se puede observar el halo de la alteración argílica supergena (kao+++), alrededor de la veta cerca a superficie.

Fotografía N°9. Afloramiento de la Veta y Dique Lucy Piso con su Halo de Alteración (Villón, 2011).





Esquema N°5. Isovalores de Oro de la Veta Nazareno en Relación a la Alteración Argílica Avanzada con Moderada y Fuerte Silicificación (Villón, 2011).

### 1.13 GEOMETRIA Y TEXTURAS DE LA MINERALIZACIÓN

Las estructuras en el yacimiento de Chipmo son vetiformes con anchos variables. En las zonas de brechas estas estructuras llegan a su máximo ancho alrededor de 20 metros.

La mineralogía está compuesta principalmente por cuarzo en texturas de brecha y de reemplazamiento. El oro que es el mineral de mena se presenta como oro libre, electrum y telururos. Además se tiene sulfuros como la pirita, tetraedrita y tenantita, estibina y otras sulfosales de bismuto y plomo, baritina, yeso, anhidrita y calcita. Como minerales de alteración tenemos a la alunita, dickita, pirofilita, diáspora, caolín, illita, esmectitas, cloritas, pirita, etc.

Entre los telururos reconocidos en el yacimiento de Chipmo son mayormente telururos de plata o de plata–oro, los cuales son los siguientes:

cervellita, hessita, petzita y calaverita, además de un mineral Teluro Ag-Bi.

Entre las texturas de mineralización se destacan las texturas de brecha, de reemplazamiento y las bandeadas, a continuación se describen cada una de ellas:

#### 1.13.1 Textura de Brecha

La textura de brecha se presenta en las rocas andesíticas, se pueden describir como brechas compuestas por fragmentos de roca andesítica silicificada de formas angulosas a subangulosas que van desde milímetros hasta metros, la matriz está compuesta por cuarzo. En algunas muestras se observan los bordes de los fragmentos corroídos lo que les da una apariencia redondeada.

Las diferentes generaciones de cuarzo forman texturas bandeadas y de brecha. Se puede encontrar este tipo de brecha con fragmentos angulosos de cuarzo blanco y gris envueltos por un cuarzo sacaroide.

Las brechas en Chipmo están más extendidas en la roca andesítica. Su formación se puede explicar por fracturamiento hidráulico de las rocas. Estas ocurren en la mayoría de los casos entre dos fallas, que pueden ser tensionales que se encuentran entre la falla piso y techo de la estructura

principal. Por estas fallas fluye el fluido hidrotermal, como el agua no puede ser disuelta por la roca andesítica se producen fracturas hidráulicas entre estas fallas, las cuales son rellenadas por cuarzo. Estas fracturas hidráulicas pueden tener relación con la etapa de la segunda ebullición en Chipmo. Varias de estas brechas están relacionadas a la mineralización de oro. En las dacitas y riolitas casi no hay presencia de brechas por la razón que estas disuelven mejor el agua que las andesitas, esto podría ser una razón también por lo cual las dacitas y riolitas tiene mayor halo de alteración.

### 1.13.2 Textura de Reemplazamiento

Las texturas de reemplazamiento son: "lattice blanded" y sacaroidal.

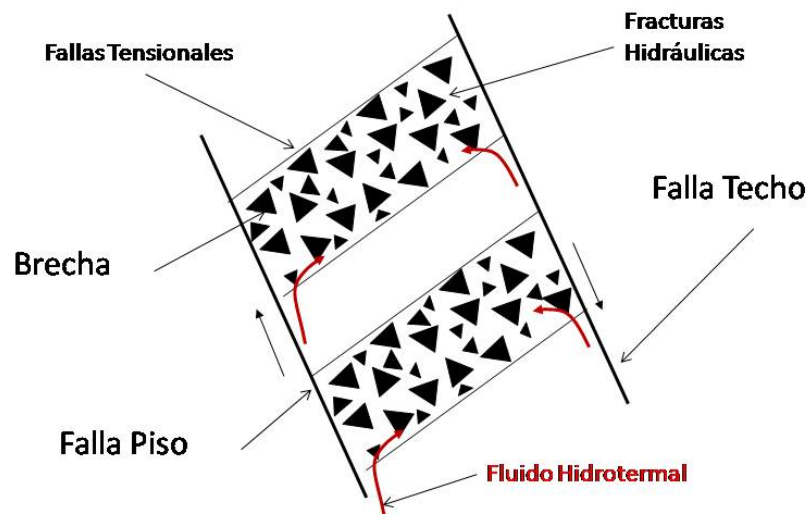
Las texturas de "lattice blanded" se observan en los cuarzos blanco y gris, lo cual podría explicarse que anteriormente ya existían cristales de baritina y calcita, las cuales fueron reemplazadas por cuarzo blanco o gris. Esto se ha reconocido porque existen estructuras solo de baritina, calcita o anhidrita que no fueron reemplazadas.

La textura sacaroidal se observa en la última etapa cuarzo, lo cual podría explicarse como el reemplazamiento del cuarzo por la calcita o anhidrita, igualmente que la textura anterior la calcita o anhidrita ya tenía que existir para ser reemplazada.

Al parecer en el yacimiento de Chipmo se han dado varias etapas con el cambio de pH en la precipitación de los minerales. En un pH neutro a básico precipitaron la baritina, calcita o anhidrita, luego el pH disminuye y precipita el cuarzo. Esto se repite de manera cíclica dando como resultado estas texturas de reemplazamiento superpuestas. Actualmente existe precipitación de yeso/anhidrita.

### 1.13.3 Texturas Bandeadas

Las texturas bandeadas se muestran en las vetas que están emplazadas en las rocas más ácidas del yacimiento de Chipmo (dacitas y riolitas), la cual se explica por el mecanismo de “crack seal” o cristalización. En un primer etapa cuando ya se han formado las vetas de cuarzo blanco estas se fracturan (“crack seal”). El fluido hidrotermal ingresa por las fracturas formado el cuarzo gris que al cristalizar amplía los espacios abiertos permitiendo que fluya más fluido, engrosando la fractura. El fracturamiento continuo paralelo a la estructura forma esta apariencia bandeada.

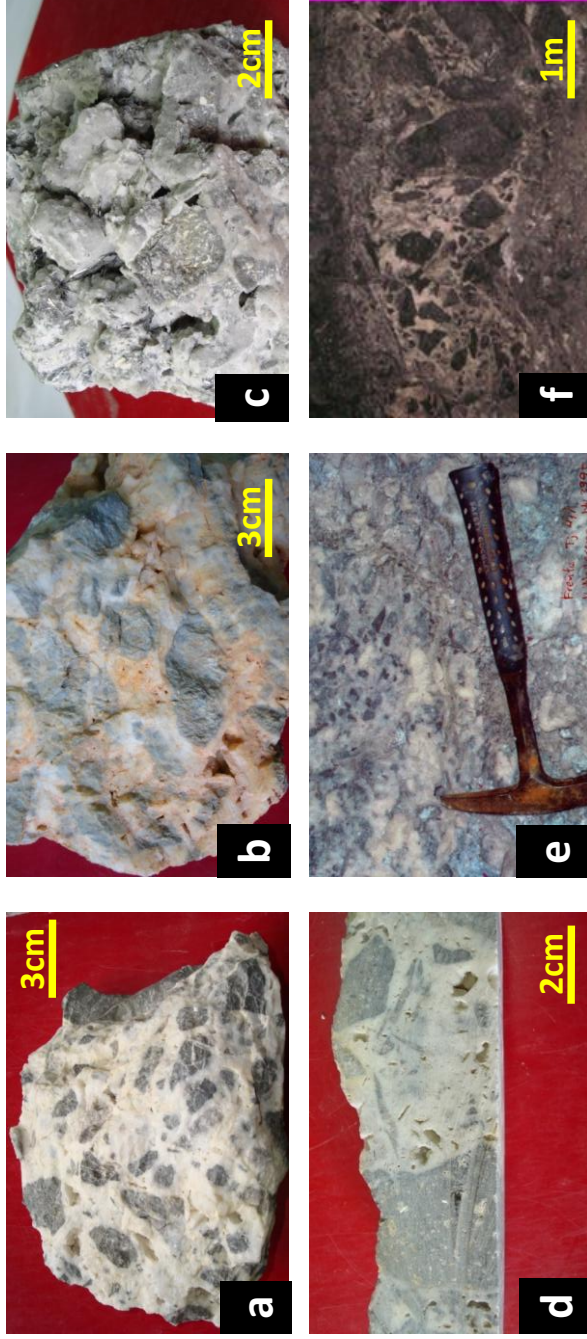


Esquema N°6. Formación de Brechas en las Andesitas (Villón, 2011).



a) Estructura de cuarzo bandeada (0.40m); b) estructura de cuarzo bandeada (3.00m); c) cuarzo blanco con textura "lattice bladed" (cuarzo reemplazando baritina); d) cuarzo blanco y gris con textura "lattice bladed" (cuarzo reemplazando baritina y calcita?); e) cuarzo blanco con textura "lattice bladed" (con ox-fe) cuarzo reemplazando baritina); f) cuarzo blanco con textura "lattice bladed" ; g) estructura de cuarzo lechoso y cuarzo gris bandeada y venillas de pirita ("crack seal");

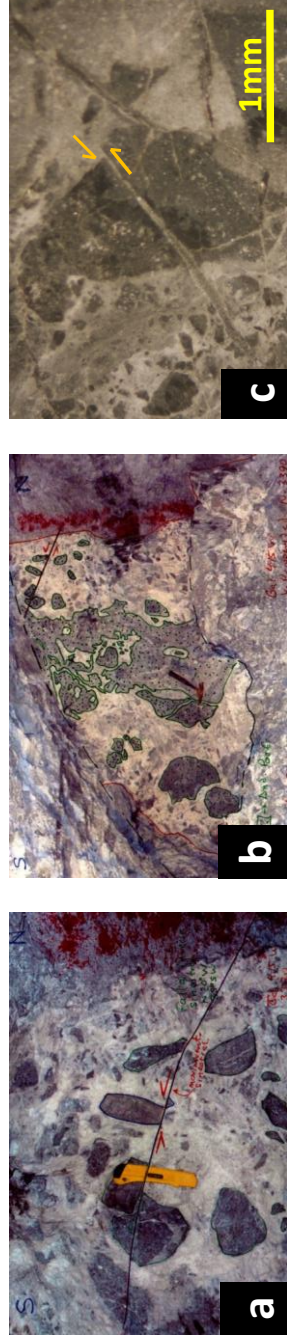
Fotografía N°10. Texturas de Mineralización (Bandeada y "Lattice Bladed" (Villon, 2011).



a) Brecha hidrotermal de cuarzo lechoso con fragmentos subangulosos de andesita, cemento silíceo; b) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso con fragmentos redondeados (bordes corroídos) de andesita; c) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso con fragmentos subangulosos de andesita; d) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso, fragmentos subangulosos de andesita, cemento silíceo; e) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso, fragmentos angulosos centimétricos de andesita, cemento silíceo; f) brecha hidrotermal conteniendo fragmentos angulosos (> 1 metro) de andesita.

Fotografía N°11. Texturas de Brecha (Villón, 2011).





a y b) Brecha hidrotermal de cuarzo lechoso con fragmentos redondeados (bordes corroídos) de andesita; c) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso fragmentos subangulosos de andesita; c) brecha hidrotermal de cuarzo lechoso, fragmentos subangulosos (< 1mm) de andesita, cemento silíceo.

Fotografía N°12. Texturas de Brecha (Villón, 2011).

## **1.14 SECUENCIA PARAGENÉTICA**

La secuencia paragenética se puede dividir en tres etapas:

### **1.14.1 Pre Mineralización:**

En este primer estadio el fluido hidrotermal circulaba por la aberturas de las fallas normales formadas en la fase Quechua I. Este fluido alteró la roca caja formando los primeros halos de alteración. Posteriormente se depositan venillas de baritina y calcita asociada a cristales pentadoedricos de pirita I.

### **1.14.2 Mineralización:**

En esta etapa las fallas sufren un movimiento de compresión lo cual forma trampas estructurales. El fluido hidrotermal queda entrampado donde ocurre la segunda ebullición lo que permite la deposición de minerales. Comienza la depositación del cuarzo blanco sin mineralización de oro. Luego el cuarzo gris se emplaza por un mecanismo de "crack seal" o por "presión de cristalización". Asociado con pirita II, calaverita I y oro nativo I. Posteriormente se deposita el cuarzo lechoso sacaroide, que algunas veces envuelve a los dos eventos de cuarzos anteriores; seguidamente se deposita la pirita III, telururos de plata, tetraedrita, sulfuros de plata que están asociados al oro nativo II.

### **1.14.3 Pos Mineralización:**

Una vez que se acaba la mineralización de cuarzo con oro y sulfuro, la mineralización es cortada por venillas de dickita y también por estibina. Además hay un último evento de precipitación de anhidrita en las mismas estructuras de cuarzo.



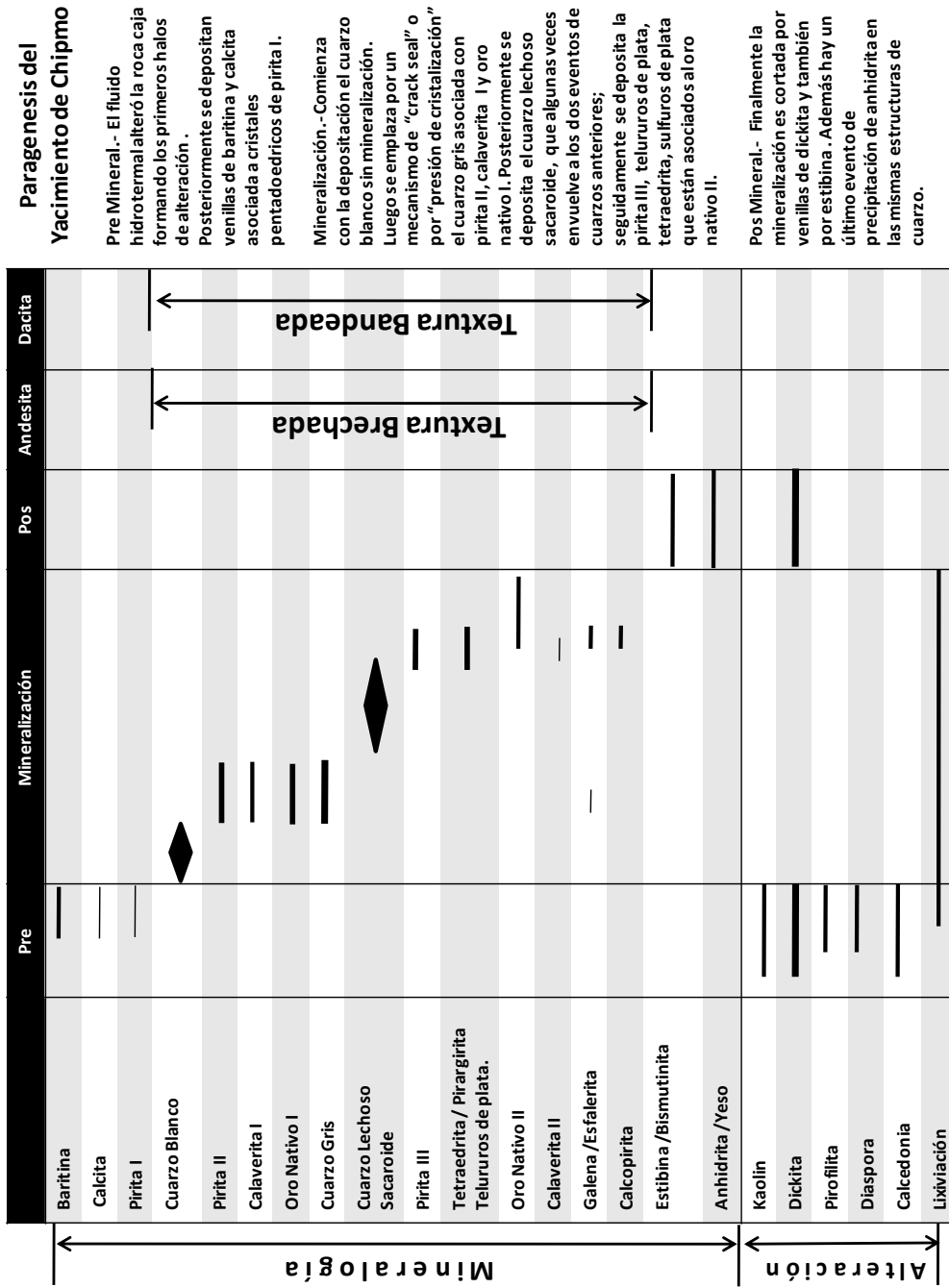


Grafico N°14. Secuencia paragenética (Villón, 2011)



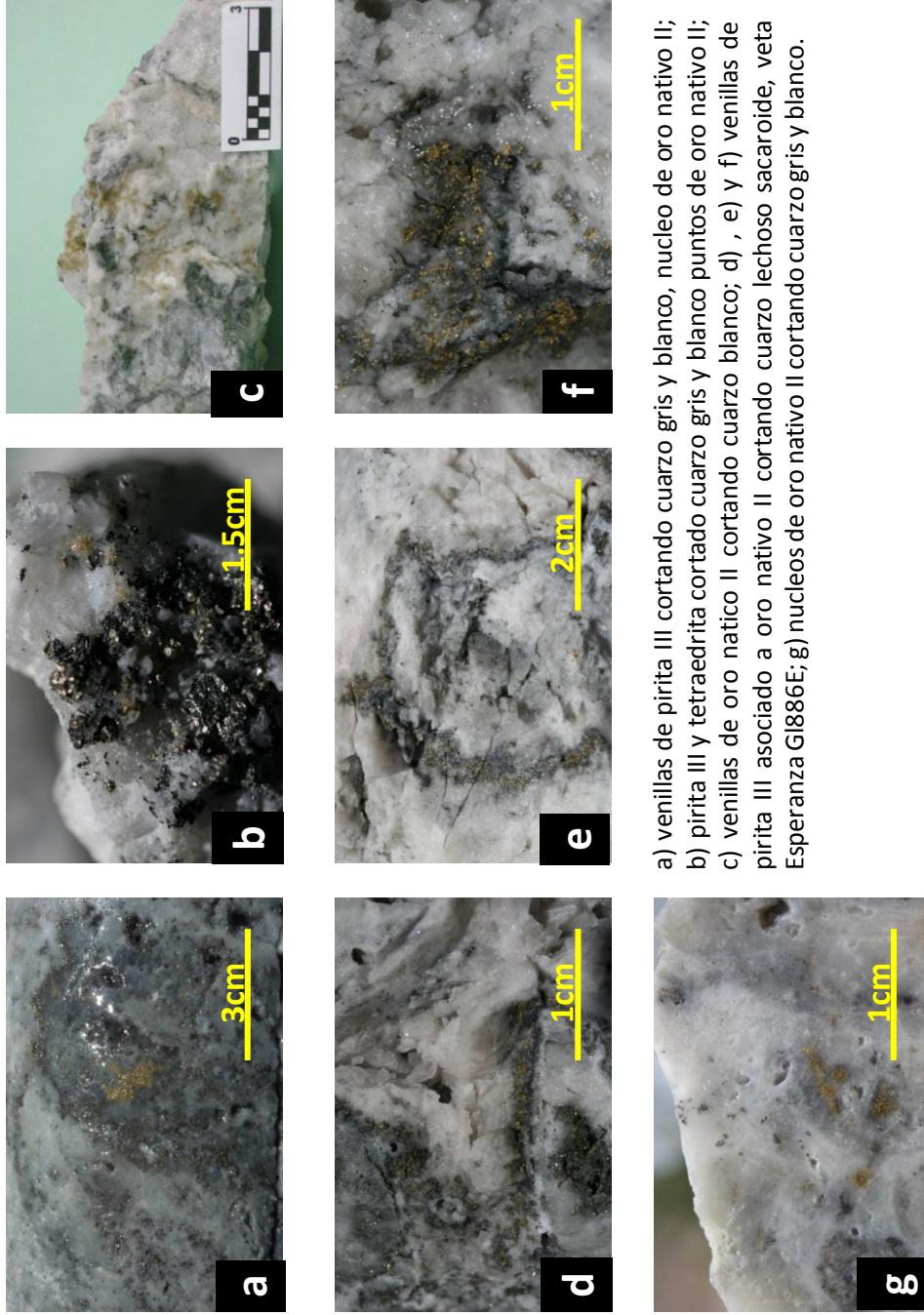
a) cristales de baritina acompañada por pirita l; b) cristales de baritina envueltos por dickita; c) cuarzo sacaroides envolviendo cuarzo gris; d) cuarzo sacaroides envolviendo cuarzo gris presenta oquedades; e) oro nativo I asociado a cuarzo gris ambos envueltos por cuarzo blanco; f) fragmento de cuarzo blanco conteniendo oro nativo II y envuelto por cuarzo sacaroides.

Fotografía N° 13. Primera etapa de la secuencia paragenética (Villón, 2011)



a) venillas de pirita III cortando cuarzo gris y blanco; b) pirita III y tetraedrita cortando cuarzo gris y blanco; c) cristales de baritina asociados a tetraedrita; d) venillas de pirita III cortando cuarzo gris y blanco; e) venillas de pirita III cortando cuarzo gris y blanco y venillas de platas rojas; f) venillas de pirita III asociado a galena cortando cuarzo gris y blanco.

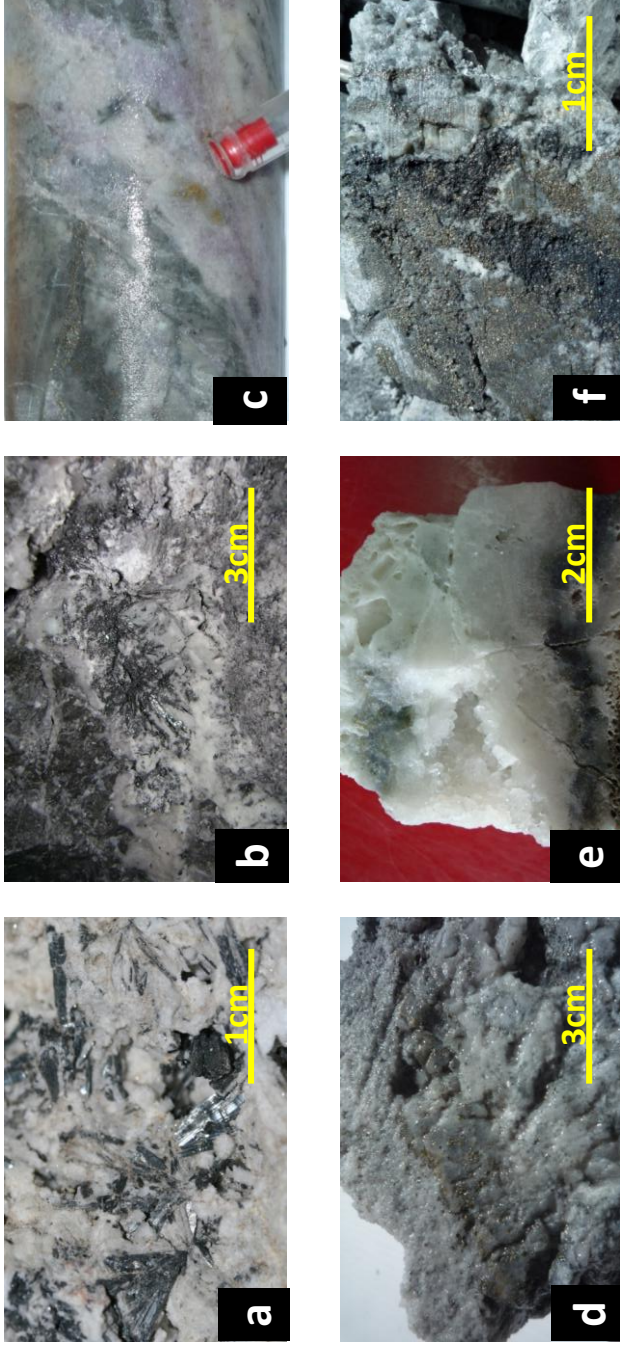
Fotografía N° 14. Etapa de sulfuros en la secuencia paragenética (Villón, 2011)



a) venillas de pirita III cortando cuarzo gris y blanco, núcleo de oro nativo II;  
 b) pirita III y tetraedrita cortado cuarzo gris y blanco puntos de oro nativo II;  
 c) venillas de oro nativo II cortando cuarzo blanco; d) , e) y f) venillas de pirita III asociado a oro nativo II cortando cuarzo lechoso sacaroides, veta Esperanza G1886E; g) núcleos de oro nativo II cortando cuarzo gris y blanco.

Fotografía N°15. Etapa de oro en la secuencia paragenética (Villón, 2011)





a) cristales de estibina cortando cuarzo sacaroides; b) cristales de estibina y dickita cortando cuarzo sacaroides; c) fragmento de cuarzo blanco conteniendo oro nativo II envuelto por anhidrita; d) cuarzo gris cortado por venillas de pirita III y oro nativo II; e) oro nativo II cortando a cuarzo gris y cuarzo blanco; f) pirita III asociada a tetraedrita cortando al cuarzo gris y blanco.

Fotografía N°16. Etapa de oro y de estibina en la secuencia paragenética (Villón, 2011).

### 1.15 MINERALOGÍA DE ORO Y PLATA

Se realizó un análisis por microscopio electrónico de barrido de cuatro muestras (M43, M44, M45 y M46) del sector este de la veta Nazareno, realizado por ALSChemex. El modo SPL fue utilizado para la caracterización de los minerales de Au y Ag.

Mineral	M43		M44		M45		M46	
	Wt%	# granos	Wt%	# granos	Wt%	# granos	Wt%	# granos
Gold	0.00	0	0.71	29	0.00	0	0.00	0
Electrum_5%-10%Ag	0.00	0	0.69	261	3.83	6	1.34	29
Electrum_10%-15%Ag	100.00	2	87.90	1516	28.43	79	64.03	460
Electrum_40%-50%Ag	0.00	0	0.09	283	0.00	0	0.31	80
Calaverite	0.00	0	0.00	0	4.95	3	0.00	0
Petzite	0.00	0	0.01	7	11.28	56	1.12	70
Ag-Ag Sulphide	0.00	0	1.02	974	0.61	5	0.82	168
Argentite	0.00	0	1.00	349	0.24	2	0.38	9
Cervelleite	0.00	0	0.67	196	11.21	57	9.91	308
Pearceite	0.00	0	2.47	597	3.13	10	8.89	248
Mckinstryite	0.00	0	0.00	0	2.52	9	0.00	0
Hessite	0.00	0	0.00	0	22.94	76	3.89	64
Ag-Bi Telluride	0.00	0	0.00	0	3.17	15	0.00	0
Matildite	0.00	0	0.06	31	2.21	13	0.00	0
Pyrrargyrite	0.00	0	3.33	730	0.00	0	1.62	121
Freibergite_20%Ag	0.00	0	2.05	430	5.49	252	7.68	575
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>5403</b>	<b>100</b>	<b>583</b>	<b>100</b>	<b>2132</b>

Tabla N°2. Porcentaje relativo de minerales de oro y plata.

De la muestra M43, sólo dos granos de electrum asociados a cuarzo fueron detectados, por lo que los resultados de esta muestra deben tomarse como referencia ya que no se logró encontrar un número representativo de granos con minerales de interés.

En la muestra M44 el porcentaje de minerales portadores de Au representan el 89% del total de minerales de Au y Ag. La fase electrum 10%-15%Ag representa el 88% del total de minerales de Au y Ag, estando en segundo lugar la pirargirita representando alrededor de un 3%, seguido por la percita 2.5% y la freibergita con un 2%. En esta muestra fueron también detectados algunos granos de oro nativo (con % de Ag menores a 3% y algunos con 0% de Ag) representando un 0.7%.

En cuanto a los telururos de Au, sólo 7 granos de petzita fueron identificados los cuales representan alrededor de un 0.01% del total de minerales de Au y Ag.

Las sulfosales de Ag (pirargirita y freibergita) se encuentran en un porcentaje de alrededor de 5%.

En el caso de la muestra M45 los minerales de Au representan alrededor del 48% del total de minerales de Au y Ag. El electrum\_10%-15%Ag (28%) y la hessita (23%) son los dos minerales más abundantes. El mayor contenido de telururos de Au se encuentra en esta muestra estando el porcentaje de calaverita alrededor del 5% y de petzita alrededor de 11%.

En cuanto al porcentaje de sulfuros de Ag en la muestra M45, éste asciende hasta alrededor de 18% y en cuanto a las sulfosales, sólo fue detectada freibergita con un porcentaje alrededor del 5%.

En esta muestra alrededor de un 2% del total de minerales de interés está representado por el sulfobismutato de Ag matildita.

Finalmente en la muestra M46, el porcentaje de minerales portadores de Au es alrededor de 67% en relación al total de minerales de Au y Ag.

El electrum 10%-15%Ag representa un 64% del total de minerales de Au y Ag. El único telururo de Au detectado fue la petzita con una proporción de alrededor de 1%.

En esta muestra se encontró un porcentaje de sulfuros de Ag relativamente mayor en comparación con las demás muestras (20%) representados principalmente por cervelleita y percita. Así mismo se encontró el mayor porcentaje de sulfosales de Ag (9%) predominando la freibergita (8%). Ningún bismutato de Ag fue identificado en esta muestra.

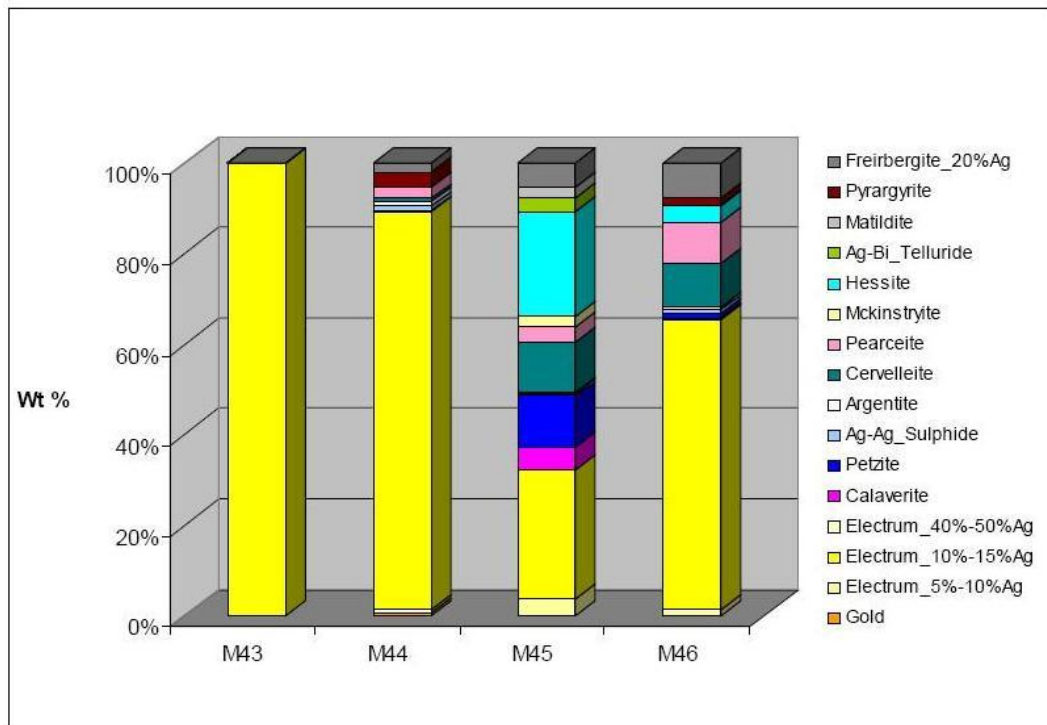


Grafico N°15. Distribución de porcentajes relativos de minerales.

### 1.16 EDAD DE MINERALIZACIÓN

La edad de la mineralización en la veta Prometida (la única veta que se a datado) se estima en  $18,1 \pm 0,5$  MA sobre la base de una alunita de la veta Prometida (D. Noble). Cercanos a la veta Nazareno se han reconocido dos diques hornbléndicos preminerales relativamente paralelos a la veta, uno de ellos de composición andesítica fue datado en  $18.36 \pm 0.30$  M.A. ( $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ )

### 1.17 TERMOMETRÍA

Se realizaron cuatro estudios de inclusiones fluidas en dos generaciones de cuarzo (blanco sacaroide y gris). El estudio fue realizado por los laboratorios de BISA. Los resultados se muestran a continuación:



Muestra	Nº	CLAF.	MIN	TIPO	Øµ	FILL	-tf (°C)	th (°C)	NaCl (wt%)	ρ(g/cm3)	P (bar)
12859	1	P Lw	CZ	BIF	10.0	0.90	0.50	232.70	0.88	1.0984	20.7
12859	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	2.10	270.30	3.55	1.0810	37.9
12859	2	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.20	271.40	3.71	1.0806	38.6
12859	3	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.30	272.20	3.87	1.0803	39.0
12859	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.70	210.50	4.49	1.1110	13.9
12859	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.60	211.40	4.34	1.1104	14.2
12859	3	P Lw	CZ	BIF	5.0	0.90	2.50	210.90	4.18	1.1107	14.0
12859	1	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	4.80	289.90	7.59	1.0746	50.5
12859	2	P Lw	CZ	BIF	10.0	0.90	4.90	290.10	7.73	1.0745	50.6
12859	3	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	4.70	291.20	7.45	1.0742	51.4
12859	4	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	5.00	292.30	7.86	1.0739	52.2
12859	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.10	254.80	3.55	1.0874	29.8
12859	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.20	253.10	3.71	1.0882	29.0
12859	3	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	2.00	255.30	3.39	1.0872	30.1
12859	4	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.30	254.70	3.87	1.0875	29.8

Tabla N°3. Resultados de la muestra 12859 (cuarzo blanco).

Muestra	Nº	CLAF.	MIN	TIPO	Øµ	FILL	-tf (°C)	th (°C)	NaCl (wt%)	ρ(g/cm3)	P (bar)
12860	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	1.40	157.30	2.41	1.1427	4.4
12860	1	P Lw	CZ	BIF	10.0	0.90	1.50	180.70	2.57	1.1290	7.7
12860	1	P Lw	CZ	BIF	20.0	0.90	1.30	151.60	2.24	1.1459	3.8
12860	2	P Lw	CZ	BIF	18.0	0.90	1.40	152.30	2.41	1.1455	3.9
12860	3	P Lw	CZ	BIF	16.0	0.90	1.50	152.90	2.57	1.1452	3.9
12860	1	P Lw	CZ	BIF	14.0	0.90	1.10	268.20	1.91	1.0818	36.7
12860	2	P Lw	CZ	BIF	12.0	0.90	1.40	269.10	2.41	1.0814	37.2
12860	3	P Lw	CZ	BIF	16.0	0.90	1.20	268.80	2.07	1.0815	37.1
12860	4	P Lw	CZ	BIF	16.0	0.90	1.30	270.50	2.24	1.0809	38.0
12860	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	2.20	246.70	3.71	1.0912	26.2
12860	2	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	2.10	247.10	3.55	1.0910	26.3
12860	3	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.30	247.40	3.87	1.0909	26.5
12860	4	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.40	248.20	4.03	1.0905	26.8
12860	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.60	182.60	2.74	1.1278	8.0
12860	2	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.70	181.90	2.90	1.1282	7.9
12860	3	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.50	182.90	2.57	1.1276	8.1
12860	4	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.80	183.70	3.06	1.1272	8.2

Tabla N°4. Resultados de la muestra 12860 (cuarzo gris).

Muestra	Nº	CLAF.	MIN	TIPO	Øµ	FILL	-tf (°C)	th (°C)	NaCl (wt%)	ρ(g/cm3)	P (bar)
12861	1	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.90	193.40	3.23	1.1212	10.0
12861	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.00	192.70	3.39	1.1217	9.9
12861	3	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.10	193.90	3.55	1.1209	10.1
12861	4	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	2.20	194.50	3.71	1.1206	10.2
12861	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	1.70	256.90	2.90	1.0865	30.8
12861	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.80	257.30	3.06	1.0863	31.0
12861	3	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.90	257.80	3.23	1.0861	31.3
12861	4	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.00	258.20	3.39	1.0859	31.5
12861	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.80	192.70	3.06	1.1217	9.9
12861	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.90	193.10	3.23	1.1214	10.0
12861	3	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.80	192.80	3.06	1.1216	9.9
12861	4	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.70	192.90	2.90	1.1216	9.9
12861	5	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	2.00	193.50	3.39	1.1212	10.0
12861	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	2.30	291.70	3.87	1.0741	51.7
12861	2	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.40	292.30	4.03	1.0739	52.2
12861	3	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.50	293.50	4.18	1.0736	53.0
12861	1	P Lw	CZ	BIF	12.0	0.90	1.20	264.30	2.07	1.0833	34.6
12861	2	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	1.30	265.10	2.24	1.0830	35.0
12861	3	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	1.40	265.90	2.41	1.0827	35.5
12861	1	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.70	210.70	2.90	1.1108	14.0
12861	2	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.80	210.90	3.06	1.1107	14.0
12861	3	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.90	211.30	3.23	1.1105	14.1

Tabla N°5. Resultados de la muestra 12861 (cuarzo blanco).

Muestra	Nº	CLAF.	MIN	TIPO	Øµ	FILL	-tf (°C)	th (°C)	NaCl (wt%)	ρ(g/cm3)	P (bar)
12862	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.40	210.70	2.41	1.1108	14.0
12862	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.50	211.70	2.57	1.1103	14.2
12862	3	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.60	211.70	2.74	1.1103	14.2
12862	1	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.40	246.90	4.03	1.0911	26.2
12862	2	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	2.50	247.10	4.18	1.0910	26.3
12862	3	P Lw	CZ	BIF	5.0	0.90	2.30	247.80	3.87	1.0907	26.6
12862	1	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.60	229.50	2.74	1.1001	19.6
12862	2	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.70	230.10	2.90	1.0998	19.8
12862	3	P Lw	CZ	BIF	3.0	0.90	1.80	231.70	3.06	1.0989	20.3
12862	1	P Lw	CZ	BIF	14.0	0.90	1.80	266.20	3.06	1.0826	35.6
12862	2	P Lw	CZ	BIF	12.0	0.90	1.90	267.10	3.23	1.0822	36.1
12862	3	P Lw	CZ	BIF	10.0	0.90	2.00	267.90	3.39	1.0819	36.6
12862	1	P Lw	CZ	BIF	8.0	0.90	1.60	215.70	2.74	1.1079	15.3
12862	1	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.50	225.60	2.57	1.1023	18.3
12862	2	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.60	226.30	2.74	1.1019	18.5
12862	3	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.80	226.90	3.06	1.1016	18.7
12862	4	P Lw	CZ	BIF	4.0	0.90	1.70	227.40	2.90	1.1013	18.9
12862	5	P Lw	CZ	BIF	6.0	0.90	1.60	227.80	2.74	1.1011	19.0

Tabla N°6. Resultados de la muestra 12862 (cuarzo gris).

Donde:

Nº = Número de Inclusiones de fluidos (IF)

CLAF.= Clasificación de las IF si son primarias (P) o secundarias(S).

Además Lw-NaCl (fluido con cloruro de sodio) y Lw-H<sub>2</sub>O (fluido con agua).

MIN = Mineral donde esta contenido la IF, para este caso es CZ (cuarzo).

TIPO = Tipo de inclusión Fluida: BIF (IF Bifásica) y POL (IF polifásicas).

Ø<sub>μ</sub> = diámetro de la IF en micrómetros.

FILL = Grado de relleno IF.

T<sub>f</sub> = Temperatura de fusión (°C).

T<sub>h</sub> = Temperatura de homogeneización (°C).

NaCl = Grado de salinidad (%).

NOTA: La diferencias de color entre las diferentes filas es la agrupación según el grado de asociación de las IF (familias FIF) y viceversa cuando se trata de IF aisladas.

A continuación se grafican de los datos anteriormente presentados en las tablas agrupando las poblaciones de inclusiones fluidas:

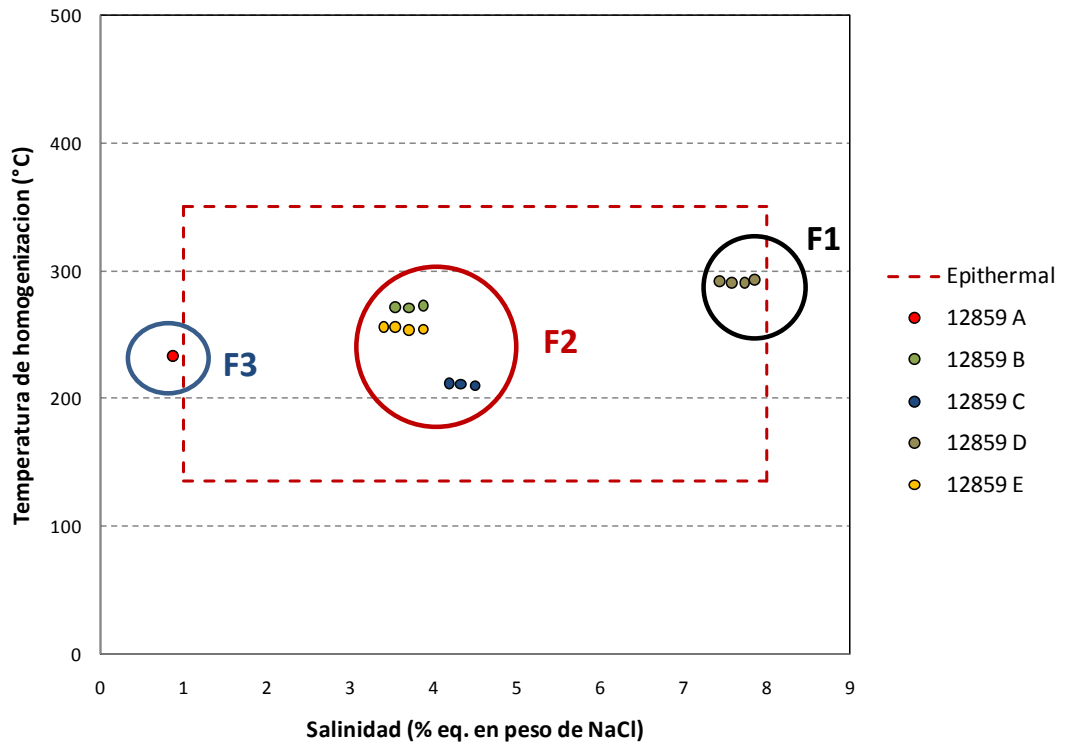


Gráfico N°16. Salinidad (% wt NaCl) vs Temperatura de homogeneización (Th °C) de los resultados de la muestra 12859. Donde también se muestra el rango de variación de los yacimientos epitermales (Tomado de Fluid Evolution Processes Wilkinson, 2001).

Del gráfico N°16 se puede observar tres posibles poblaciones de fluidos; la primera F1 está entre 300°C con salinidad promedio de 7% eq. peso NaCl, F2 de 200° y 300°C con salinidades entre 2 y 5%, y F3 temperatura de 230°C con salinidad entre 0 y 1% eq. peso NaCl.

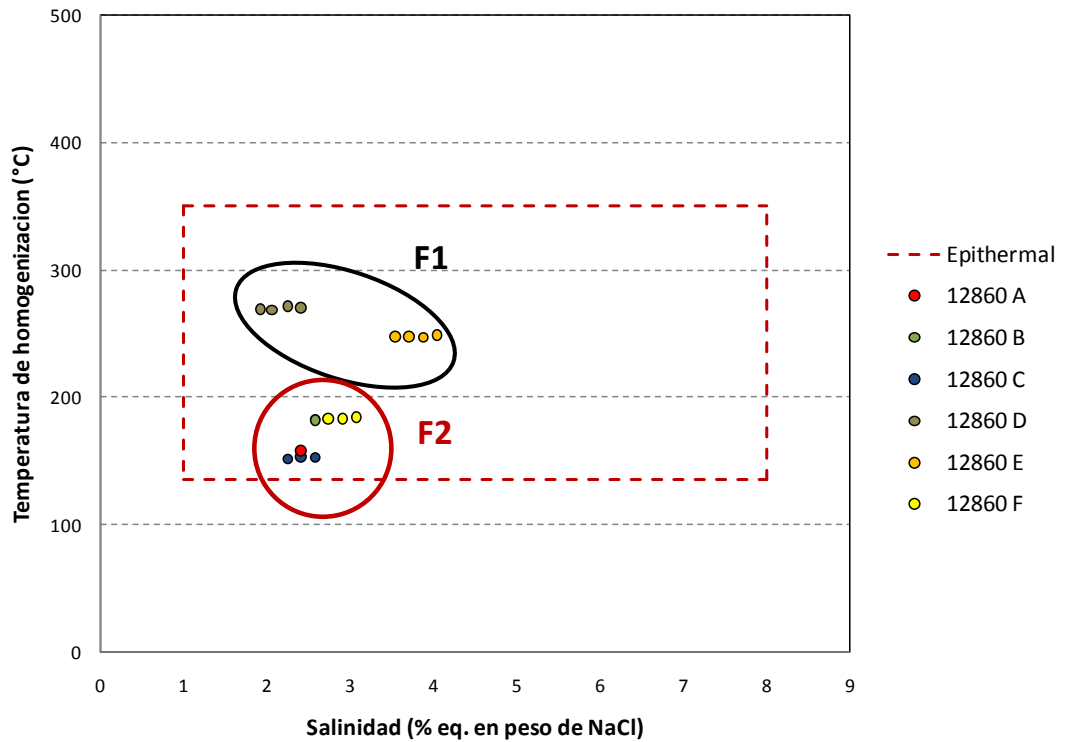


Gráfico N°17. Salinidad (% wt NaCl) vs Temperatura de homogeneización (Th °C) de los resultados de la muestra 12860. Donde también se muestra el rango de variación de los yacimientos epitermales (Tomado de Fluid Evolution Processes Wilkinson, 2001).

Del gráfico N° 17 se puede observar dos poblaciones de fluidos; la primera F1 se encuentra entre 200° y 300°C con salinidad entre 2 y 4% eq. peso NaCl, y F2 temperatura de homogeneización (Th°C) 150° y 200°C y salinidad entre 2 y 3% eq. peso NaCl.

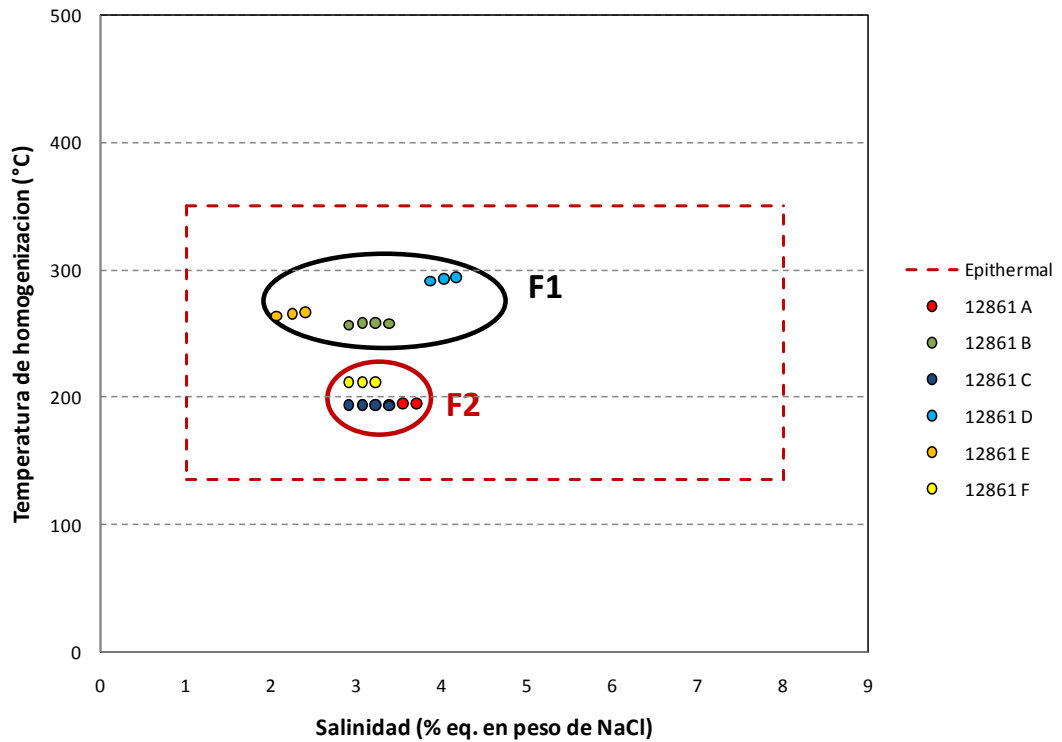


Grafico N°18. Salinidad (% wt NaCl) vs Temperatura de homogeneización (Th °C) de los resultados de la muestra 12861. Donde también se muestra el rango de variación de los yacimientos epitermales (Tomado de Fluid Evolution Processes Wilkinson, 2001).

Del gráfico N°18 se puede observar dos poblaciones de inclusiones fluidas. la primera F1 se observa con temperatura de homogeneización entre 250° y 300°C con salinidad 2 y 4% eq. peso NaCl, y F2 la temperatura de homogeneización es de 200°C con salinidad entre 4 y 5% eq. peso NaCl.

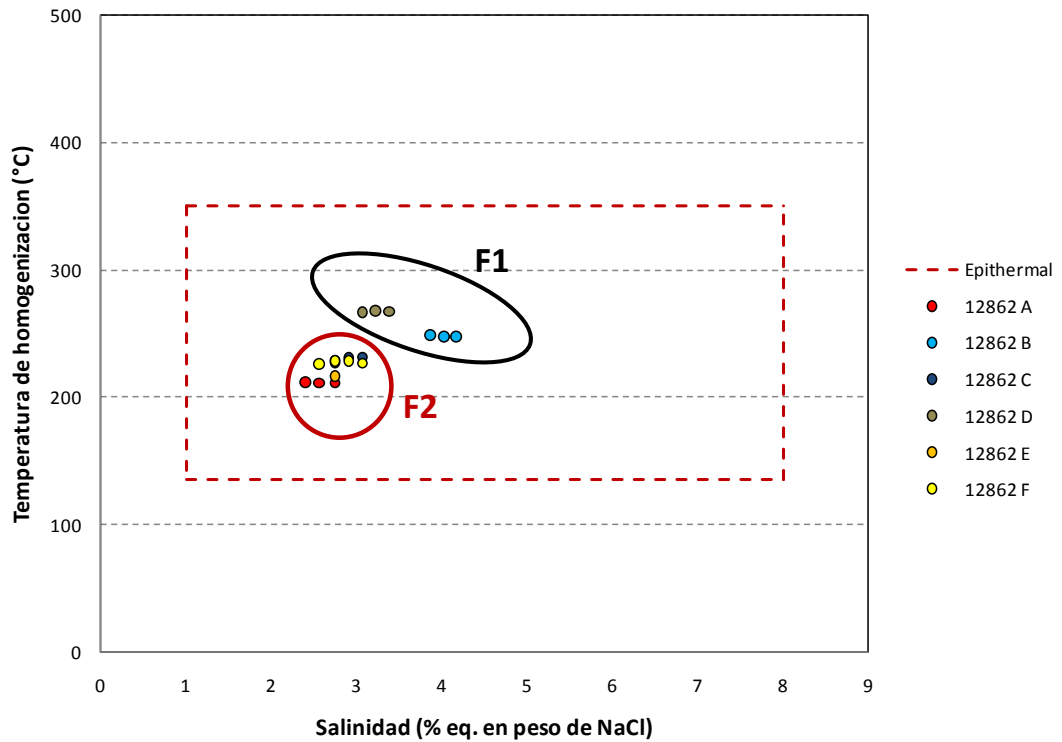


Gráfico N°19. Salinidad (% wt NaCl) vs Temperatura de homogeneización (Th °C) de los resultados de la muestra 12862. Donde también se muestra el rango de variación de los yacimientos epitermales (Tomado de Fluid Evolution Processes Wilkinson, 2001).

Del gráfico N°19 se puede observar dos posibles poblaciones de fluidos mineralizantes. La primera F1 se muestra con temperatura de homogeneización (Th°C) que varían entre 25° y 300°C con salinidad entre 2.5 y 3% eq. peso NaCl y la segunda F2 está entre 200° y 250°C con salinidad entre 1 y 3% eq. peso NaCl.

### 1.17.1 Calculo del grado de sulfidización

Para este caso se considero una temperatura promedio de las familias de inclusiones fluidas más comunes (vistas anteriormente) en el yacimiento de Chipmo. Entonces se tiene una temperatura de homogenización promedio entre 200° a 270°C y una salinidad que varía de 2.5 a 4.0% eq. peso NaCl.

El cálculo de la fugacidad de azufre para cada temperatura se realizo de forma grafica usando para la fugacidad de azufre en el sistema de equilibrio de Cu-Fe-As-S. Se uso este sistema de equilibrio por ser la tenantina uno de los minerales en mayor abundancia en las zonas de mineralización, existe también esfalerita pero no es muy abundante.

Los datos calculados fueron una fugacidad de azufre de -16.5 y -13 para una temperatura de 200° y 270°C en la línea de equilibrio Py/Po. Estos datos lo llevamos al diagrama del estado relativo de sulfidización:

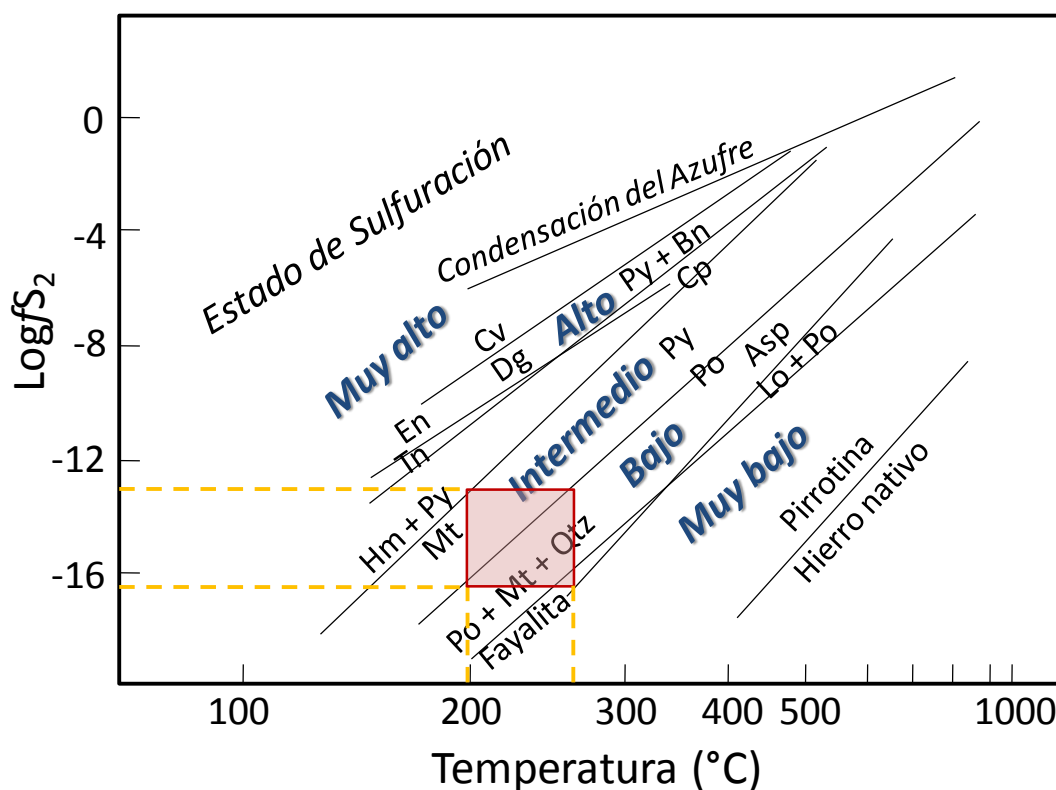


Diagrama N°9.  $\text{Log}f_{\text{S}_2}$  vs.  $T^\circ$ , Diagrama del Estado Relativo de Sulfidización de Fluidos Hidrotermales (Einaudi, Hedenquist & Esra, 2003).

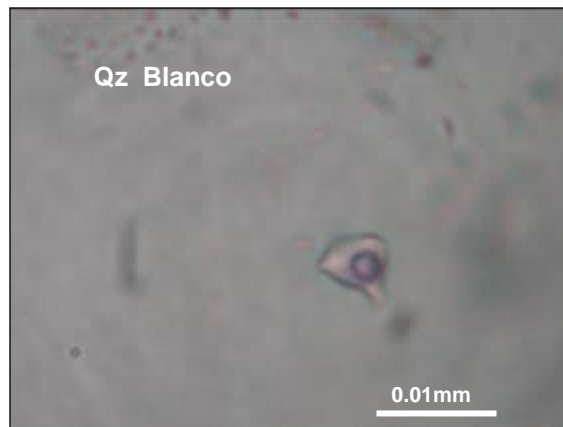


Como se observa en el Diagrama N°10 los fluidos hidrotermales supuestos para el yacimiento de Chipmo caen en el rango de intermedia y baja sulfidización.

#### 1.17.1 Características de inclusiones fluidas de dos generaciones de cuarzo

En el cuarzo blanco sacaroide una de las muestras representativas reporto los siguientes resultados promedio: temperatura de homogenización de 170° - 300°C con una salinidad que va desde 2.0 a 4.2 eq. Peso NaCl.

Igualmente en el cuarzo gris una muestra representativa reporto los siguientes resultados promedios: temperatura de homogenización de 150° - 275°C con una salinidad entre 2.2 a 4.2 eq. Peso de NaCl.



Fotografía N°17. Inclusión fluida acuosa en un cristal de cuarzo blanco.



Fotografía N°18. Inclusión fluida gaseosa en un cristal de cuarzo gris.

### **1.18 TIPO DE YACIMIENTO**

La mineralización de Chipmo es tipo hidrotermal con relleno de cuarzo. Este yacimiento se puede clasificar como vetas epitermales de Au-Ag de sulfidización intermedia y baja. Emplazado en rocas calcoalcalinas ricas en potasio llamado Volcánico Sarpane. Las fallas de las vetas al parecer son profundas y corticales. La mayor estructura reconocida es la veta Nazareno, ha sido reconocida horizontalmente en casi 2 kilómetros y verticalmente más de 800 metros.

### **1.19 GEOLOGÍA ECONÓMICA**

#### 1.19.1 Afloramientos

El afloramiento más proeminente en Chipmo es el de la veta Nazareno. Es un crestón silíceo el cual cuenta con unas venillas de cuarzo, la alteración de la roca es Argílica Avanzada, también se muestran texturas de moldes de baritina cubiertas por cuarzo.

Otro afloramiento es el de la veta Prometida que se proyecta por unos 40 metros al norte del crestón de Nazareno, muestra una zona de alteración argílica avanzada.

#### 1.19.2 Estructuras principales en explotación y exploración

La Mina Chipmo se divide en dos zonas para fines prácticos:

##### *1.19.2.1 Zona de Prometida*

En esta zona se encuentra la veta Prometida, la cual solo se ha encontrado mineralización económica cerca a superficie. Otras vetas relacionadas a esta estructura son la veta Prometida R1 (ancho promedio 2 metros) y Prometida R2 es una veta angosta que no sobrepasa 1.50 metros de ancho. La veta Esperanza es una estructura al sur de veta Prometida R1 y tiene mejor desarrollo en esta zona con un ancho promedio de 2 metros. Una estructura nueva pero que aún falta desarrollar en más niveles es la veta Lía con ancho promedio de 1.50 metros. Otras estructuras tensionales entre las vetas

Prometida R1 y Esperanza son las vetas Keyla y Melissa que tienen un buzamiento de 50° hacia el norte, con anchos menores a 1 metro. Hacia el norte de la veta Prometida se encuentran las vetas Ana María, Mariana, Olga, Katryn, Ada, Escondida, Diana, etc. las cuales guardan un potencial en el futuro para ser exploradas.

#### *1.19.2.2 Zona de Nazareno*

En esta zona la veta Nazareno es la principal veta que ha sido desarrollada en quince niveles, ha sido explorada en una extensión de dos kilómetros y se ha demostrado con perforación diamantina una continuidad de la mineralización en casi 800 metros debajo de la superficie. Es una estructura de ancho promedio de 3 metros en sus mejores zonas, con leyes de más de 60 gramos de oro, los anchos han llegado hasta 20 metros. Es conocido que la veta Nazareno en profundidad (a partir del nv. 3540) se divide en tres clavos principales: clavo este (con valores de oro mayores a 60 gramos de Au), clavo centro y oeste donde se han registrado los mayores anchos). La veta Lucy Piso es una estructura tensional a Nazareno se unen en la zona oeste es una estructura que reporto buenas leyes y anchos (de 20 metros) en un clavo de 200 metros de longitud y 150 metros en continuidad vertical, es una estructura que guarda un gran potencial económico.

Otras estructuras relacionadas a la veta Nazareno son Ramal 411 en la zona oeste, Ramal 850, en la zona centro, y veta Concepción, que es una veta angosta, ubicada en la zona este de Nazareno. Cabe resaltar que los anchos en profundidad de estas estructuras se angosta (menor a 2 metros).

#### 1.19.3 Reservas

Actualmente el valor del Cut-off es 0.384 OzAu/TCS (USD\$950.00/OzAu), con este cutoff se logro cubicar 1'195,500 TCS con una ley de 0.595 OzAu/TCS y un ancho de 2.94 metros.

1.19.4 Producción

La producción diaria es de 1350 Toneladas con una ley de “cabeza” de 0.5 OzAu/TCS. El yacimiento de Chipmo ha demostrado un gran potencial superando a la fecha más de 2.4 MOzAu producidas (periodo 1,998 a 2,011).

Se ha estimado que todo el yacimiento de Chipmo estaría alrededor de 5.0 MOzAu, incluyendo las onzas producidas mas la reserva, recursos inferidos y mineral potencial.

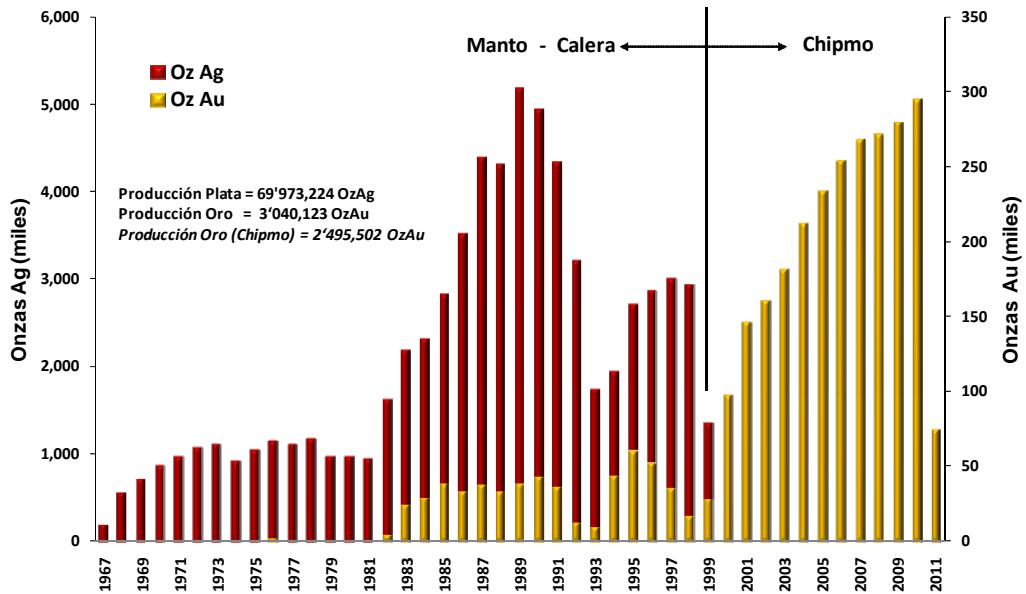


Diagrama N°10. Producción Historica de Orcopampa (Villón, 2011).

## CAPITULO IV

### DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

De todas las rocas volcánicas se resalta el Volcánico Sarpane por ser el metalotecto del yacimiento de Chipmo, es una roca que ha tenido bastante diferenciación magmática varía desde andesitas pasando por dacitas y llegando hasta riolitas.

Los Volcánicos Sarpane pertenecen al campo de rocas calcoalcalinas rico en álcali, lo cual corresponde en un marco regional al Volcánico Tacaza, como también por su edad geológica.

El control estructural de las vetas mineralizadas es en promedio N60°E y con buzamiento preferente de 80° al sur. El yacimiento de Chipmo corresponde a una zona de fallas en bloques y que son cubiertos por depósitos aluviales (400 metros de espesor). Siempre es mencionado un posible graben en el valle del río Orcopampa pero no ha sido demostrado hasta ahora.

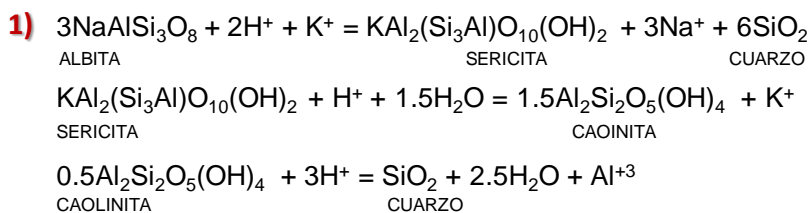
Las fallas noroeste de N30°W y con buzamiento de 85° al noreste son del tipo andino y se alinean con los conos de cenizas de los volcánicos Andagua. En estas fallas radica una importancia por ser las que han originado todo el sistema de fallas tensionales que contienen la mineralización de oro. Aunque muchas de estas fallas se encuentran cubiertas por lo cual no ha sido posible estudiarlas desde antes, se puede inferir en superficie la existencia de estas fallas por los fracturamientos y fallas menores ligadas a éstas (fallas Ocoruro y Misapuquio).

Es de gran importancia los movimientos que han sido reconocidos en el yacimiento de Chipmo: el primero extensivo forma fallas normales (Quechua I), el segundo compresivo forma las fallas reversas (Quechua II) y el tercero otra fase compresiva que forma fallas inversas posiblemente ésta fase sería la fase Quechua III?

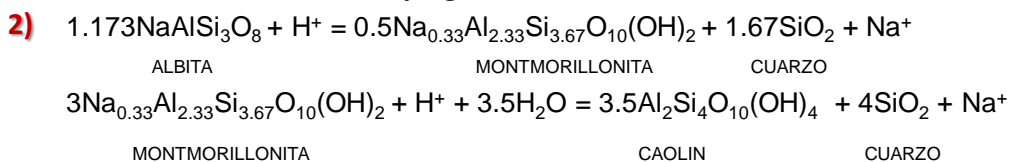
La alteración hidrotermal ligada a la mineralización es la argílica avanzada con algún grado de silicificación, llegando incluso a formar texturas de “vuggy silica”.

De los resultados del análisis del intercambio de masa se observa por simple inspección del gráfico N°6 que en la alteración argílica avanzada la mayor ganancia de masa (para este ejemplo 18g por cada 100g) y la mayor pérdida de masa en la alteración argílica (-25g por cada 100g). Podríamos suponer que en la alteración argílica donde se origina el caolín, la sílice producida por la hidrólisis no precipita allí sino en las zonas de las alteraciones adyacentes como son la argílica avanzada y argílica intermedia donde se muestra un incremento del Si. En las observaciones de campo se noto que la silicificación siempre acompaña a la argílica avanzada y pocas veces a la alteración argílica, en la alteración argílica intermedia se presenta silicificación débil a moderada. Esto es debido a la hidrólisis en la formación de arcillas, lo que explicaría esta silicificación. A continuación se presentan las posibles reacciones químicas que podrían haber ocurrido en las diferentes alteraciones hidrotermales:

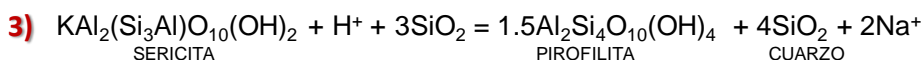
**Alteración hidrotermal de plagioclasa → sericita → arcillas → cuarzo**



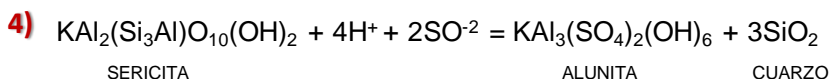
**Alteración hidrotermal de plagioclasa → montmorillonita → arcillas + cuarzo**



**Alteración hidrotermal de plagioclasa → sericita → pirofilita + cuarzo**



**Alteración hidrotermal de plagioclasa → sericita → alunita + cuarzo**



El K es un elemento que muestra moderado decrecimiento en la alteración argílica y argílica avanzada. La alteración del feldespato potásico sería el que forma la mayor cantidad de arcillas.

El incremento de Ca en la alteración argílica intermedia la roca se debe a que la roca es cortada por venillas de calcita. En cambio en la alteración argílica avanzada por causa de los fluidos ácidos el contenido de Ca en la roca es fuertemente deprimido.

El Sr en todas las alteraciones muestra un enriquecimiento de 2 hasta 5 veces del contenido normal de la roca, se puede suponer como una anomalía causada por los fluidos hidrotermales.

El Fe en algunas alteraciones muestra un enriquecimiento, tal vez por la formación de pirita en la alteración argílica intermedia, en cambio en la argílica avanzada y argílica el Fe se mantiene cerca de la línea de isocon.

El Si en la alteración argílica avanzada muestra un enriquecimiento debido seguramente a la hidrólisis en la formación de arcillas y en la alteración argílica este elemento sufre un decrecimiento.

De los resultados de análisis de isocon se noto el decrecimiento del Na, debido a la dilución de las plagioclasas por los fluidos ácidos, aunque los valores de los contenidos no son significativos.

Por otro lado las plagioclasas que conforman las rocas son plagioclasas sódicas (albita y oligoclasa) como mostro el estudio GXMap–MLA de tres muestras de roca dacítica.

El Al y Ti se pueden considerar como elementos inmóviles para estas rocas y servir en la construcción de gráficos isocon. El P siempre aparece cerca de la línea de isocon queda la pregunta si este elemento podría servir como elemento inmóvil.

Los elementos de menor abundancia en estas rocas como el Mg, Mn, Cr y Ba casi siempre son deprimidos por los fluidos hidrotermales y mayor aún en la alteración argílica avanzada.

En el gráfico N°12 la alteración argílica avanzada, los elementos de tierras raras se muestran debajo de la línea de la roca origen lo cual indica ganancia en el intercambio de masa. En las alteraciones argílica y argílica

intermedia los elementos de tierras raras ligeros o pesados pueden mostrar ganancias o pérdidas de masa.

El Tb es un elemento que se presenta en las alteraciones argílica avanzada y argílica como un elemento inmóvil (Gráfico N°12).

El Lu y Yb no presentan inmovilidad como podría esperarse.

Sobre la secuencia paragenética del yacimiento de Chipmo se han identificado tres eventos principales de cuarzo: el cuarzo lechoso, que está en la etapa inicial no contiene mineralización; el cuarzo gris, ligado a la primera etapa de mineralización de oro nativo, sulfuros y telururos de oro y plata; y el cuarzo blanco sacaroide, que está ligado a la mayor etapa de oro nativo, sulfuros y telururos de oro y plata.

En el yacimiento de Chipmo se puede presumir que el pH del fluido hidrotermal ha ido variando en el tiempo, ha sido en principio ácido comenzando con un pH de 3, lo sabemos por los minerales de alteración; luego a llegado hasta un pH igual a 5 de donde supuestamente a precipitado el cuarzo con el oro, es el pH indicado para ello. Luego el pH del fluido ha tenido que ser neutro a básico porque se encuentra venillas de anhidrita, yeso y carbonatos. Este cambio de pH ha sido cíclico, para que se hayan podido formar diversas texturas de reemplazamiento que se encuentran superpuestas. Basado en varios análisis del agua termal en interior mina se puede decir que el agua subterránea esta en un pH igual a 6.5 y el agua se clasifica como un agua de oxidación de sulfatos y reducción de yeso.



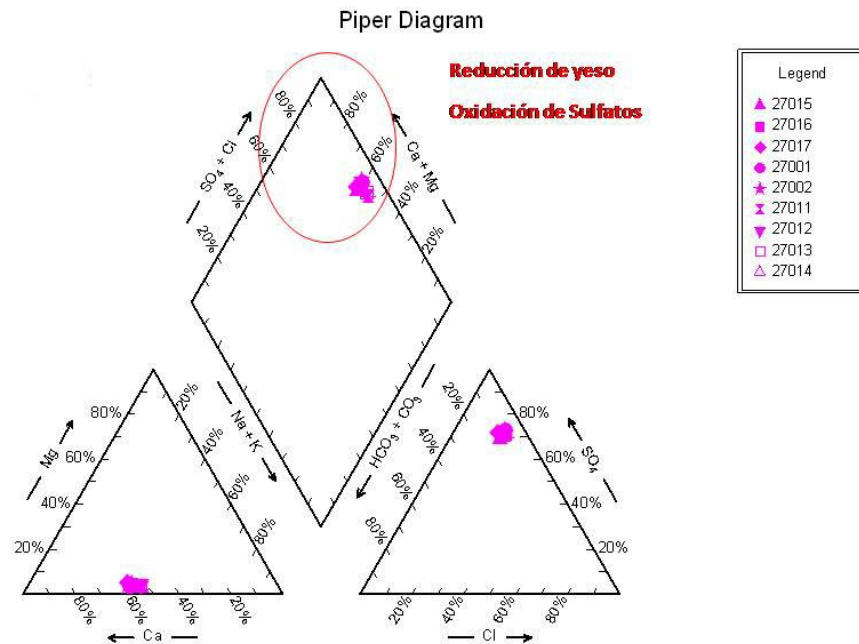


Diagrama N°11. Diagrama Piper de muestras de agua de la Mina Chipmo. (Villón, 2011).

La mineralogía de oro está conformada en especial por electrum con 10-15% de plata. La mineralización de plata es importante por los sulfuros y sulfosales (pirargirita) de plata. Los telururos más importantes son de plata o plata-oro (cervellita, hessita, petzita); la calaverita aporta muy poco a la mineralización de oro.

La geoquímica de los elementos traza la Ag guarda una relación directa muy buena con el As, Cu, Ge, In y Pb; una relación buena con el Cd, Mn, Sb, Se y Zn; y una regular con Te. Sin embargo el oro solo tiene relación directa con el Bi.



Evaluando la fugacidad de azufre en las inclusiones fluidas del yacimiento se puede clasificar a Chipmo como un yacimiento de sulfidización intermedia a baja. Esto tiene lógica por las texturas de reemplazamiento que se encuentran en la mineralización son de baja y por el ensamble mineralógico de sulfuros.

La alteración árgilica avanzada ligada a la mineralización hace pensar a muchos que se trata de una alta sulfidización por la presencia de alunita en la caja, pero hasta el momento no se ha encontrado pruebas de que se trate de una alta sulfidización, tampoco se ha reconocido la presencia de enargita. Una explicación es que ha existido una serie de eventos superpuestos. Al parecer la alteración sería independiente de la mineralización. En el futuro se deberían datar la alteración y la mineralización por separado, algo que todavía no se ha realizado.

## CAPITULO V

# CONCLUSIONES

- Las rocas encajonantes en el yacimiento de Chipmo son calcoalcalinas ricas en potasio de composición andesítica, dacítica y riolítica pertenecientes al Volcánico Sarpane.
- El rumbo preferente para la mineralización es N60°E y buzamiento 80° al sur que corresponde a estructuras tensionales a las estructura de rumbo andino N30°W.
- Se han identificado tres movimientos tectónicos que están ligados al yacimiento Chipmo (el primero Quechua I, el segundo Quechua II y posiblemente el tercero pertenezca al Quechua III?).
- La alteración argílica avanzada y la silicificación están asociadas a la mineralización en el yacimiento de Chipmo.
- El Al, Ti y el Zr son los elementos inmóviles que se encontró como resultado del análisis de geoquímica de rocas alteradas.
- El Tb se muestra como un elemento inmóvil en la alteración argílica y argílica más no en la argílica intermedia.
- Existen tres generaciones de cuarzos bien diferenciadas en el yacimiento de Chipmo: cuarzo lechoso, cuarzo gris y cuarzo blanco sacaroide.
- Las estructuras de mineralización varían desde brechas hidrotermales, reemplamiento (“lattice banded” y sacaroidal) y bandeadas (por procesos de “crack seal” y cristalización).
- La edad de mineralización podría suponerse en 18 Ma; basada en la datación de una muestra de alunita.
- La geometría de las estructuras es de forma vetiforme.
- La mineralogía del oro es principalmente electrum (10-15% de plata).

- Los teleruros son mayormente de plata o plata-oro, muy poco de oro (calaverita).
- Las inclusiones fluidas dan una temperatura de homogenización promedio entre 200° a 270°C y una salinidad que varía de 2.5 a 4.0% eq. peso NaCl.
- El grado de sulfidización está calculado entre Intermedia y Baja.
- La producción histórica de Chipmo llega hasta la actualidad 2.5 MOzAu (1998-2011).
- El potencial total del yacimiento de Chipmo puede calcularse en 5.0 MOzAu.

## CAPITULO VI

# BIBLIOGRAFÍA

Caldas, J. (1993). *Geología de los Cuadrangulos de Huambo y Orcopampa*. Lima: INGEMMET.

Cathryn Gifkins, Walter Herrmann and Ross Large . (2005). *Altered Volcanic Rocks a guide to description and interpretation* . Tasmania: University of Tasmania.

Grant, J. (1996). The Isocon Diagram-A Simple Solution to Gresens' Equation for Metasomatic Alteration. *Economic Geology* , 1976-1982.

Noble, D. (1992). *Apreciación de la geología del Cuadrángulo de Orcopampa, en el Sur del Perú*. Lima: Cia. de Minas Buenaventura S.A.A.

Salazar, J. (2008). *Epithermal Gold-Telluride mineralization in the Chimpo Deposit*.

Swanson, K., & Noble, D. (2003). *Mapa Geologico del Cuadrangulo de Orcopampa*. Lima: INGEMMET.

W.H. MacLean, T.J. Barrett. (1993). Lithogeochemical techniques using immobile elements. *Journal of Geochemical Exploration* , 109-133.