

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, GEOFÍSICA Y MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA



**“CARACTERIZACIÓN PETRO-MINERALÓGICA DE LAS VETAS
CERCANAS AL DISTRITO MINERO SAN JUAN DE CHORUNGA –
AREQUIPA – PERÚ - 2020”**

TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER:

CHAVEZ PERALTA, LUIS GUILLERMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

Msc. Madeleine Nathaly Guillen Gómez

AREQUIPA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

A mi familia amada; Mama Conchita, Mamá María, Mamá Meya, Maricris, Josh y Andrés, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

A todos mis amigos y colegas que aportan y seguirán aportando a mi desarrollo profesional y como persona.

AGRADECIMIENTO

A mi asesora de tesis MSc. Madeleine Nathaly Guillen Gómez, por haberme permitido realizar mi tesis bajo su dirección y asesoría, así como por todo el apoyo brindado durante su elaboración.

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA que nos brinda la oportunidad de realizar investigación con los fondos del proyecto UNSA INVESTIGA, del cual fui parte.

RESUMEN

El presente estudio consiste en la caracterización petro-mineralógica del yacimiento aurífero San Juan de Chorunga el cual es un yacimiento mesotermal ubicado geológicamente en el Batolito de la Costa del sur del Perú en el departamento de Arequipa representado por la Superunidad Sacota que tiene como control 02 sistemas de fallas, el sistema de fallas Iquipí E-W y el sistema de fallas Cincha Lluta las mismas por las que se intruyen lacolitos y lopolitos equivalentes a las superunidades Linga y Tiabaya, esta última tiene diferenciados diatremas y stocks porfiríticos asociarios a la mineralización de los pórfidos Pecoy y Andaray cercanos regionalmente al área de estudio que serían de edad Cretácico superior-Paleoceno.

Los estudios realizados en sección delgada pulida y utilizando la Microscopia Óptica nos proporcionan características como: tamaño de grano, textura, asociaciones mineralógicas, tipos de alteración. Con las fotomicrografías presentadas en el informe se logró realizar una probable secuencia paragenética de minerales de mena y ganga, el oro presente tiene una afinidad alta por el hierro (Fe) la cual se comprueba con la microscopia observando que este se emplaza en oquedades de pirita. Las trazas de minerales base como galena, calcopirita, calcosita y covelita nos indican que nos encontramos en una posible zona de transición.

Se utilizó la espectrometría para determinar y corroborar los posibles minerales de alteración y ensambles, los resultados otorgaron información y de acuerdo a ello se catalogó como un yacimiento de tipo mesotermal.

Palabras claves: Mesotermal, Microscopia Óptica, espectrometría, paragénesis, ensamble Mineralógico.

ABSTRACT

The present study consists of the petro-mineralogical characterization of the San Juan de Chorunga gold mining district, that is a mesothermal deposit geologically located in the Coastal Batholith of Southern Peru in the department of Arequipa represented by the Sacota Superunit controlled by 02 fault systems, the Iquipí EW fault system and the Cincha Lluta NW fault system, that also controlled lacoliths and lopolites of the Linga and Tiabaya superunits, that finally have different diatremes and porphyritic stocks associated with the mineralization of the Pecoy and Andaray porphyries that are regionally close to the study area (Upper Cretaceous-Paleocene).

Studies conducted in thin section polished and using Optical Microscopy provide us characteristics such as: grain size, texture, mineralogical associations, types of alteration. With the microphotographs presented in the report, a probable paragenetic sequence of ore minerals was achieved, the gold has a high affinity with iron (Fe) on microscopy observations that it is included with pyrite. Traces of base minerals such as galene, chalcopyrite, chalcocite and covellite indicate the mesothermal event and the causative porphyry stock proximity.

Spectrometry was used to determine and corroborate the possible alteration minerals and associate them with assemblies, the results gave information and according to this it was classified as a mesothermal type deposit.

Key words: Mesothermal, Optical Microscopy, spectrometry, paragenesis, assembly mineralogical.

INTRODUCCIÓN

La zona de estudios se encuentra ubicada en el flanco occidental de los andes del sur del Perú ubicada en la franja metalogeneticamente aurífera Nazca Ocoña del batolito costanero, este yacimiento está conformado por un conjunto de vetas filonianas de origen mesotermal.

La caracterización mineralógica es un aspecto importante en la rama de la minería la que nos ayuda tanto en la exploración como en las operaciones mineras dándonos una importante información como: texturas, tipos de alteraciones y asociaciones mineralógicas.

Con ayuda de la microscopia óptica se lograrán determinar tanto textura, alteraciones y asociación de minerales, a su vez se logró realizar una posible paragenesis de mineralización, de la misma forma se utilizó la espectrometría de infrarrojo en el rango del VIS/NIR/SWIR para determinar los diferentes tipos de micas blancas presentes en las muestras y corroborar los resultados obtenidos con ayuda de microscopia óptica.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos tanto de microscopia como de infrarrojo tenemos una herramienta importante para el área de exploraciones y a la vez otorgar información al área de operaciones y metalurgia.

**CARACTERIZACION MINERALÓGICA DE LAS VETAS CERCANAS
AL DISTRITO MINERO SAN JUAN DE CHORUNGA**

INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	IV
INTRODUCCIÓN	V
CAPÍTULO I GENERALIDADES	1
1.1 Ubicación	1
1.2 Accesibilidad.....	2
1.3 Trabajos anteriores	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación.....	5
1.6 Formulación del Problema	5
1.6.1 Definición del Problema	5
1.6.2 Formulación del problema	5
1.7 Alcance y limitaciones	5
1.7.1 Alcance.....	5
1.7.2 Limitación	6
1.8 Variables e indicadores	6
1.8.1 Independientes.....	6
1.8.2 Dependientes e indicadores.....	6
1.9 Hipótesis.....	6
1.10 Metodología de Trabajo	6
1.10.1 Trabajo de Gabinete	6
1.10.2 Trabajo de campo	7
1.10.3 Trabajo de gabinete	7
1.11 Clima y vegetación.....	7

CAPÍTULO II_MARCO GEOLOGICO	8
2.1 Geomorfología	8
2.1.1 Valles	10
2.1.2 Pampa Costera.....	10
2.1.3 Escarpa Costera.....	11
2.1.4 Relieve sub-andino.....	12
2.1.5 Conos Aluviales	12
2.1.5 Flujos de Barro (Debris Flow)	13
2.2 Geología regional	14
2.2.1 Complejo Basal de la Costa (PE-gn).....	19
2.2.2 Grupo Ongoro (Pi-on).....	19
2.2.3 Grupo Yura (Ki-ca, Ki-la, Ki-hu)	20
2.2.4 Formación Sotillo (Ti-so).....	20
2.2.5 Grupo Moquegua	21
2.2.5.1 Formación Caravelí (Ti-ca).....	22
2.2.5.2 Formación Paracas (Ti-pa).....	23
2.2.6 Volcánicos Tacaza (Tm-Ta).....	23
2.2.7 Formación Alpbamba (Tm-al).....	24
2.2.8 Formación Huaylillas (Tm-hu)	25
2.2.9 Volcánico Sencca (Ts-vse).....	25
2.2.10 Grupo Barroso (Qp-vba)	26
2.2.11 Depósitos Aluviales (Q-al).....	26
2.2.12 Rocas Intrusivas	27
2.2.12.1 Rocas Intrusivas Hipo abisales	27
▪ Complejo Bella Unión.....	27
2.2.12.2 Rocas Intrusivas Plutónicas	28
▪ Batolito de la Costa	28
2.2.13 Intrusivos Menores.....	29
2.2.14 Geología Estructural.....	30
2.3 Geología Local	32
2.3.1 Formación Paracas (Ti-pa).....	34
2.3.2 Formación Caravelí (Ti-cv).....	34
2.3.3 Batolito de la Costa	35

2.3.3.1 Súper Unidad Sacota	35
▪ Granodiorita.....	35
▪ Diorita.....	36
2.3.3.2 Diques Andesíticos	37
2.3.4 Alteraciones Hidrotermales.....	38
2.3.4.1 Alteración Propílica-Clorítica	38
2.3.4.2 Alteración Carbonatación.....	38
▪ Carbonatos I.....	39
▪ Carbonatos II	39
▪ Carbonatos III.....	40
▪ Carbonatos IV	40
2.3.4.3 Oxidación Hipógena	41
2.4 Geología Económica	41
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO	44
3.1 Introducción	44
3.2 Mapa conceptual para el desarrollo de la investigación.....	44
3.3 Metodología de la investigación del trabajo	46
3.3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	46
3.3.2 Población de la investigación.....	46
3.3.3 Desarrollo de la investigación.....	46
3.4 Preparación de secciones delgadas y pulidas	47
3.5 Espectrometría.....	47
3.5.1 Fundamentos de la espectrometría	47
3.5.1.1 Efactor de Arcillas en flotación.....	51
3.6 Microscopia Óptica	52
3.6.1 Estudio petrominerográfico	52
3.6.1.1 Tipos de Textura	54
CAPÍTULO IV	56
5. CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS	56
4.1 Petrominerográfica de rocas	56
4.1.1 Muestra CM-2009	57
4.1.1.1 Minerales Primarios	57
4.1.1.2 Minerales Secundarios	57

4.1.1.3 Mineragrafía.....	58
4.1.2 Muestra CM-2010.....	62
4.1.2.1 Minerales primarios.....	62
4.1.2.2 Minerales secundarios.....	62
4.1.2.3 Mineragrafía.....	64
4.1.3 Muestra CM-2011.....	68
4.1.3.1 Minerales primarios.....	68
4.1.3.2 Minerales secundarios.....	69
4.1.3.3 Mineragrafía.....	70
4.1.4 Muestra CM-2012.....	74
4.1.4.1 Minerales primarios.....	74
4.1.4.2 Minerales secundarios.....	75
4.1.4.3 Mineragrafía.....	76
4.1.5 Muestra CM-2013.....	81
4.1.5.1 Minerales primarios.....	81
4.1.5.2 Minerales secundarios.....	81
4.1.5.3 Mineragrafía.....	83
4.1.6 Muestra CM-2014.....	88
4.1.6.1 Minerales primarios.....	88
4.1.6.2 Minerales secundarios.....	88
4.1.6.3 Mineragrafía.....	89
4.1.7 Muestra CM-2015.....	92
4.1.7.1 Minerales primarios.....	92
4.1.7.2 Minerales secundarios.....	92
4.1.7.3 Mineragrafía.....	94
4.1.8 Muestra CM-2016.....	98
4.1.8.1 Minerales primarios.....	98
4.1.8.2 Minerales secundarios.....	98
4.1.8.3 Mineragrafía.....	100
4.2 Análisis en espectrometría (LabSpec).....	104
4.2.1 Lectura de las muestras.....	105
CAPÍTULO V ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	113
5.1 Análisis de alteración en base a resultados de espectrometría.....	113

5.2 Posible secuencia de paragénesis:	119
5.2.1 Estadio I	121
5.2.2 Estadio II	121
5.2.3 Estadio III.....	121
5.3 Texturas.....	121
5.3.1 Textura Granular	122
5.3.2 Textura Reemplazamiento y relleno.	122
CONCLUSIONES	124
RECOMENDACIONES	125
ANEXOS	126
A) Abreviatura de las especies minerales.	126
B) Minerales y fases más abundantes en las facies magmático-hidrotermal.....	127
C) Espectro para la roca caja y sus minerales presentes de alteración	128
D) Diagrama de alteraciones propuesto por corbett y leach 1998.	130
BIBLIOGRAFIA	131

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 MAPA DE UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	4
FIGURA 2.1 MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	9
FIGURA 2.2 VALLE, DELIMITADO POR LÍNEAS NARANJA.	10
FIGURA 2.3 PAMPA COSTERA.....	11
FIGURA 2.4 ESCARPE COSTERA.....	12
FIGURA 2.5 CONOS ALUVIALES.....	13
FIGURA 2.6 DEBRIS FLOW.....	14
FIGURA 2.7 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL.	16
FIGURA 2.9 MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	31
FIGURA 2.10 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL.....	32
FIGURA 2.11 MAPA GEOLÓGICO LOCAL.	33
FIGURA 2.12 GRANODIORITA EN ROCA CAJA.	36
FIGURA 2.14 ANDESITA, PRESENTE EN DIQUE ATRAVESANDO AL INTRUSIVO.	37
FIGURA 2.15 MINERAL DE CLORITA PRESENTES EN A Y B.	38
FIGURA 2.16 A) MINERAL DE TURMALINA DENTRO DE CARBONATOS I, B) MUSCOVITA Y SERICITA.....	39
FIGURA 2.17 A) PRESENCIA DE CARBONATO I Y II, B) CARBONATO II RELLENANDO A CARBONATOS I.	40
FIGURA 2.18 CARBONATO III CORTANDO A CARBONATO I Y II.....	40
FIGURA 2.19 VENILLAS DE CALCITA.....	41
FIGURA 2.20 A) OXIDACIÓN EN CRISTALES, B) ASOCIACIÓN DE MINERALES DE ÓXIDOS.....	41
FIGURA 3.1 MAPA CONCEPTUAL CON EL CONTENIDO DE TEMAS A TRATAR.	45
FIGURA 3.2 ZONAS DE GRAN IMPORTANCIA DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	48
FIGURA 3.3 PRINCIPALES ZONAS DE ABSORCIÓN MODIFICADO DE HERRMANN, ET AL., 2001.	49
FIGURA 3.4 PRINCIPALES RASGOS DE ABSORCIÓN QUE SE PUEDEN OBSERVAR EN UN ESPECTRO.	49
FIGURA 3.5 SERIE DE ESPECTROS QUE CORRESPONDEN A DIFERENTES MINERALES.....	50
FIGURA 3.6 CARACTERÍSTICAS DE ABSORCIÓN DE LAS ARCILLAS (HAUFF, 1993).	50
FIGURA 3.7 ESQUEMA DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS MINERALES DE ARCILLAS.	51
FIGURA 3.8 MINERALES Y FASES MÁS ABUNDANTES EN LAS FACIES MAGMÁTICO-HIDROTHERMAL.	53

FIGURA 4.1 ESPECTRÓMETRO LABSPEC	104
FIGURA 4.2 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2009.	105
FIGURA 4.3 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2010.	106
FIGURA 4.4 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2011.	107
FIGURA 4.5 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2012.	108
FIGURA 4.6 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2013.	109
FIGURA 4.7 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2014.	110
FIGURA 4.8 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2015.	111
FIGURA 4.9 ESPECTROS EN MUESTRA CM-2016.	112
FIGURA 5.1 ESPECTRO PARA LA MUESTRA DE GRANODIORITA DE ROCA CAJA	115
FIGURA 5.2 ESPECTRO PARA LA MUESTRA DE GRANODIORITA DE ROCA CAJA.	115
FIGURA 5.3 ESPECTRO PARA LA MUESTRA DE VETA,	116
FIGURA 5.4 DIAGRAMA DE (CORBETT Y LEACH 1998).....	118

LISTA DE FOTOGRAFIAS

FOTOGRAFÍA 3.1 MUESTRA DE UNA TRAQUITA.	54
FOTOGRAFÍA 3.2 TONALITA.....	55
FOTOGRAFÍA 3.3 COVELITA (CV) REEMPLAZANDO SELECTIVAMENTE A LA CALCOPIRITA (CP) Y BORNITA (BN).....	55
FOTOGRAFÍA 4.1 MUESTRA CM-2009. TOMADA DE VETA,	57
FOTOGRAFÍA 4.2 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2009.	59
FOTOGRAFÍA 4.3 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2009.....	60
FOTOGRAFÍA 4.4 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2009.....	61
FOTOGRAFÍA 4.5 MUESTRA CM-2010.	62
FOTOGRAFÍA 4.6 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2010.....	65
FOTOGRAFÍA 4.7 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2010.....	66
FOTOGRAFÍA 4.8 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2010.	67
FOTOGRAFÍA 4.9 MUESTRA CM-2011.	68
FOTOGRAFÍA 4.10 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2011.....	71
FOTOGRAFÍA 4.11 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2011.....	72
FOTOGRAFÍA 4.12 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2011.....	73
FOTOGRAFÍA 4.13 MUESTRA CM-2012.	74
FOTOGRAFÍA 4.14 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2012	78
FOTOGRAFÍA 4.15 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2012.....	79
FOTOGRAFÍA 4.16 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2012.....	80
FOTOGRAFÍA 4.17 MUESTRA CM-2013	81
FOTOGRAFÍA 4.18 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2013.....	85
FOTOGRAFÍA 4.19 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2013.....	86
FOTOGRAFÍA 4.20 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2013.....	87
FOTOGRAFÍA 4.21 MUESTRA CM-2014	88
FOTOGRAFÍA 4.22 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2014.....	90
FOTOGRAFÍA 4.23 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2014.....	91
FOTOGRAFÍA 4.24 MUESTRA CM-2015	92
FOTOGRAFÍA 4.25 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2014.....	95
FOTOGRAFÍA 4.26 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2014.....	96
FOTOGRAFÍA 4.27 FOTOGRAFÍA 4.27 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2014	97
FOTOGRAFÍA 4.28 MUESTRA CM-2016.....	98
FOTOGRAFÍA 4.29 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2016.....	101
FOTOGRAFÍA 4.30 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2016.....	102
FOTOGRAFÍA 4.31 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA CM-2016.....	103
FOTOGRAFÍA 4.32 MUESTRA CM-2009	105
FOTOGRAFÍA 4.33 MUESTRA CM-2010.	106
FOTOGRAFÍA 4.34 MUESTRA CM-2011.....	107
FOTOGRAFÍA 4.35 MUESTRA CM-2012	108
FOTOGRAFÍA 4.36 MUESTRA CM-2013.....	109
FOTOGRAFÍA 4.37 MUESTRA CM-2014.....	110
FOTOGRAFÍA 4.38 MUESTRA CM-2015.....	111
FOTOGRAFÍA 4.39 MUESTRA CM-2016.....	112

FOTOGRAFÍA 5.1 FELDESPATOS ALTERADOS A SERICITA.....	117
FOTOGRAFÍA 5.2 GOETHITAS (GOE) RELLENANDO INTERSTICIOS DE CUARZO.....	117
FOTOGRAFÍA 5.3 PRESENCIA DE SILICIFICACIÓN.....	118
FOTOGRAFÍA 5.4 TEXTURA GRANULAR, MACROSCÓPICA	122
FOTOGRAFÍA 5.5 TEXTURA DE REEMPLAZAMIENTO Y RELLENO TOMA MACROSCÓPICO.	123
FOTOGRAFÍA 5.6 TEXTURA DE REEMPLAZAMIENTO Y RELLENO TOMA MICROSCÓPICA.	123

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1 TABLA DE ACCESIBILIDAD AL ÁREA DE ESTUDIO.	2
TABLA 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
TABLA 3.1 TABLA DE NÚMERO DE MUESTRA Y SU RESPECTIVA ABREVIATURA.	46
TABLA 4.1 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2009.....	58
TABLA 4.2 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2010.....	63
TABLA 4.3 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2011.....	70
TABLA 4.4 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2012.....	76
TABLA 4.5 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2013.....	83
TABLA 4.6 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2014.....	89
TABLA 4.7 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2015.....	93
TABLA 4.8 MINERALOGIA IDENTIFICADA EN EL MICROSCOPIO DE POLARIZACIÓN CON ABUNDANCIA Y TAMAÑO DE GRANO DE LA MUESTRA CM-2016.....	99
TABLA 5.1 MINERALOGIA IDENTIFICADA CON EL ANÁLISIS DE ESPECTROMETRÍA LAPSPEC TANTO DE VETA COMO DE ROCA CAJA GN-DIO (GRANODIORITA).	114
TABLA 5.2 DIAGRAMA PARAGENÉTICO DE LOS MINERALES DE MENA Y GANGA.	120

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Ubicación

San Juan de Chorunga es un distrito minero ubicado en el distrito Rio Grande, Provincia de Condesuyos, Departamento de Arequipa, se encuentra al noroeste de la ciudad de Arequipa; geográficamente el prospecto se encuentra en el flanco oeste de la cordillera occidental cercano a la costa.

Las coordenadas de referencia en sistema de coordenadas UTM zona 18 banda L, Datum: WGS 84 (Fig. 1.1)

Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
NORTE	8241550	Latitud	15°53'50" S
ESTE	709280	Longitud	73°02'43" W

1.2 Accesibilidad

Las rutas de acceso son por vía terrestre, se da desde la ciudad de Arequipa pasando por la localidad de Ocoña (Tabla 1.1).

Tramo	TIPO DE CAMINO	Distancia (Km)	Tiempo (Horas)
Arequipa – Ocoña	Carretera Asfaltada	250	3:30
Ocoña – San Juan	Carretera Afirmada	80	4:30
TOTAL		330	8:00

Tabla 2.1 Tabla de accesibilidad al área de estudio.

1.3 Trabajos anteriores

- Ronald Zúñiga 2014 en su tesis presentada a Universidad Nacional de San Agustín describe el modelo estructural y la evaluación económica de la veta San Juan y la Veta Mercedes
- Julio Becerra 2002 describe brevemente las vetas de la unidad minera San Juan en su tesis de “Problemas geo-ambientales en el río de Ocoña generados por la minería aurífera”
- Miguel Nuñez 2017 Describe el carácter estructural y hace una interpretación de las vetas de la labor Lunar de Oro.
- Walter Callo 2017 define con dataciones las intrusiones y mineralización de los yacimientos en todo el segmento del batolito de la costa y determina que el arco magmático no migra, sino se acomoda en su misma estructura.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Describir las características petro-mineralógicas, asociaciones mineralógicas y texturales para definir el tipo de yacimiento al que pertenece el distrito minero de San Juan de Chorunga.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar secciones delgadas y pulidas, difracción de rayos X y espectrometría infrarroja para describir las muestras tomadas de manera macroscópica y microscópica.
- Realizar visitas de campo para mapeo y recolección de muestras.
- Determinar las características petromineralógicas utilizando espectrometría de infrarrojo y microscopía óptica.
- Evaluar el comportamiento mineralógico-textural de la mineralización y nombrar un posible tipo de yacimiento asociado a fluidos hidrotermales.

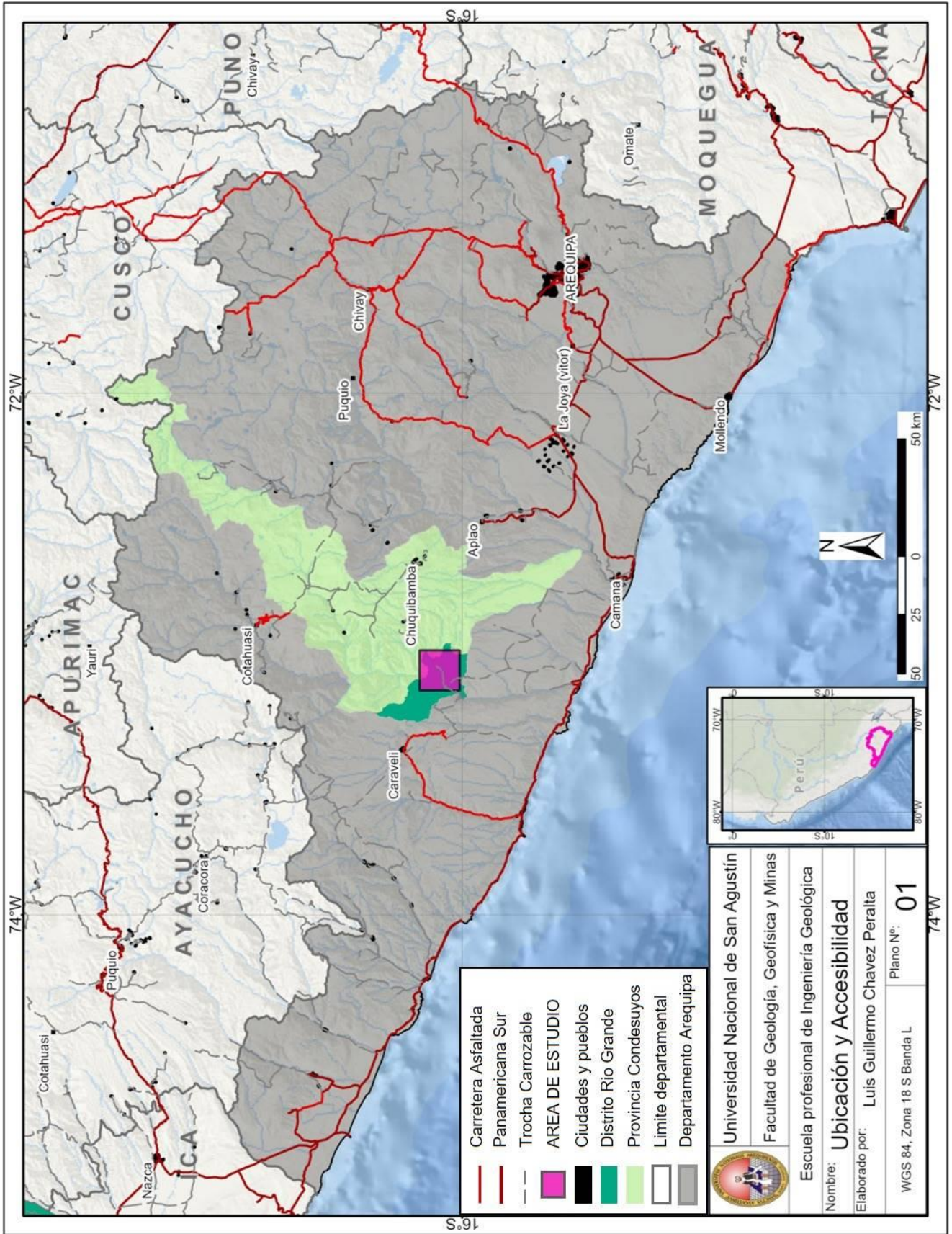


Figura 2.1 Mapa de ubicación y accesibilidad.

1.5 Justificación

La descripción de las características petro-mineralógicas en el yacimiento de San Juan de Chorunga será de gran ayuda para identificar los controles de mineralización en este yacimiento, así como para describir su génesis y poner este distrito minero en contexto prospectivo.

1.6 Formulación del Problema

1.6.1 Definición del Problema

Se ha identificado que las vetas en el área de San Juan de Chorunga no cuentan con una descripción mineralógica detallada y se desconoce sus asociaciones metálicas, ensambles de alteración y relación paragenética.

1.6.2 Formulación del problema

PROBLEMA	CAUSA	EFEECTO
- Asociaciones mineralógicas en las vetas de San Juan de Chorunga y contexto Metalogenético del distrito en los andes peruanos	- Falta de estudios detallados de la mineralogía en el distrito minero de San Juan de Chorunga. - No se ha hecho un análisis genético y asociaciones con minas o proyectos cercanos	- Conocer las asociaciones mineralógicas en las vetas de San Juan de Chorunga. - El distrito minero de San Juan de Chorunga podría poner en contexto nuevas áreas de exploración por oro.

Tabla 2.2 Formulación del problema.

1.7 Alcance y limitaciones

1.7.1 Alcance

- a) Se espera comprender la asociación mineralógica y textural de los minerales de mena y de ganga en el área de estudio para poder interpretar el comportamiento del transporte del Oro.
- b) Hacer una síntesis entre trabajos anteriores y nuevas observaciones de campo de mapeos al 1:100 000 para secciones locales, regionales e interpretación tectónica y metalogenética.
- c) Podremos determinar áreas con potencial de exploración.

1.7.2 Limitación

- a) La presente investigación realizará estudios de descripción óptica de secciones delgadas y pulidas, difracción de rayos X y espectrometría infrarroja; sin embargo, no se alcanzará abarcar técnicas más especializadas como Microscopía electrónica de barrido (SEM), RAMAN, fluorescencia de rayos X, etc.
- b) Contamos con información de estudios anteriores en cuanto al mapeo y dataciones más no contamos con nuevas dataciones, geoquímica y petroquímica.

1.8 Variables e indicadores

1.8.1 Independientes

- a) Mineralogía de las vetas del distrito minero de San Juan de Chorunga.
- b) Génesis del distrito minero de San Juan de Chorunga

1.8.2 Dependientes e indicadores

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES
Mineralización de Au en cuerpos vetiformes en el área de San Juan de Chorunga	- Descripción mineralógica de los minerales de mena y ganga utilizando métodos ópticos. - Controles estructurales.
Contexto Litológico y tectónico.	Mapeo regional (1:50 000 y 1:100 000)
Minerales de alteración	Asociaciones y ensambles minerales Espectrometría
Minerales de mena	Paragénesis

Tabla 2.3 Variables Dependientes e indicadores

1.9 Hipótesis

“Por medio de muestras para descripción macroscópica y microscópica de los minerales de las vetas del distrito minero de San Juan de Chorunga podremos identificar a qué tipo de yacimiento pertenece y poner en contexto prospectivo al proyecto en estudio”

1.10 Metodología de Trabajo

La metodología utilizada en la presente tesis está dada en 3 partes, son las siguientes:

1.10.1 Trabajo de Gabinete

- Recopilación y revisión de antecedentes y literatura del área de estudio.
- Recopilación de bibliografía de estudios semejantes.

- Elaboración de mapas con ayuda de ArcGis, Google Earth, Geocatmin.

1.10.2 Trabajo de campo

- Recolección de muestras del área.

1.10.3 Trabajo de gabinete

- Preparación de secciones delgadas
- Estudio petromineralógico de secciones delgadas – pulidas.
- Espectrometría infrarroja
- Comparación y análisis de resultados.

1.11 Clima y vegetación

En general el clima de la zona es cálido y seco, bastante árido del tipo desértico. En los meses de verano (enero-abril) ocurren pequeñas precipitaciones pluviales, en los meses de mayo a octubre la estación es normalmente seca; una característica es la ocurrencia de fuertes vientos generalmente por las tardes, con dirección Oeste-Este.

La temperatura promedio es de 15°C, en invierno es de 10°C y en verano llega a los 32°C. La flora está constituida mayormente por productos como papa, habas, maíz, etc., además se encuentra variedad de árboles frutales en el valle del Río Chorunga, asimismo la población lugareña se dedica a la producción e importación de vino.

La Fauna está compuesta por ganado vacuno y ovino principalmente.

CAPÍTULO II

MARCO GEOLOGICO

2.1 Geomorfología

En el área de interés se distinguen cuatro grandes unidades geomorfológicas (Fig. 2.1) valles, pampa costera, escarpa costera y relieve subandino formadas por el levantamiento andino y erosión; también se pueden observar algunas geo-formas menores como flujos de barro de forma deltaica y abanicos aluviales a lo largo de los valles.

Las descripciones fueron principalmente recibidas de Carpio, 2017 y foto interpretadas del mapeo regional de INGEMMET.

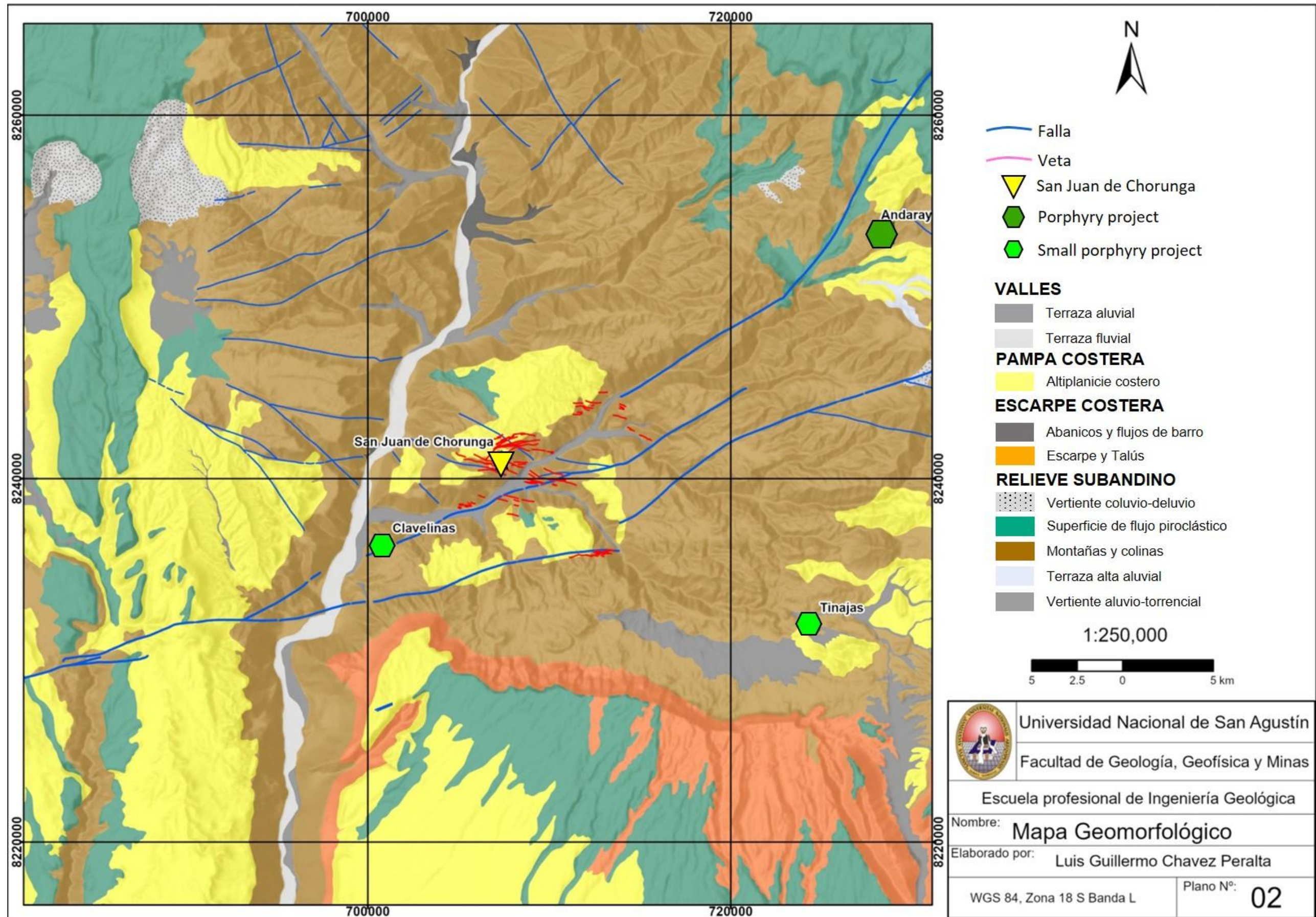


Figura 3.1 Mapa Geomorfológico

2.1.1 Valles

Esta unidad geomorfológica, es el resultado de la intensa actividad erosiva desarrollada, por una parte, por la erosión de los ríos (Chorunga y Ocoña), y otra por los deslizamientos de materiales de ambos flancos de los valles formados. Como consecuencia de esta actividad dando origen a numerosas quebradas y valles profundos, en ellos se diferencian preferencialmente dos tipos de relieves; los grandes valles transversales que son cañones muy profundos con terrazas fluviales ampliamente desarrolladas debido a la antigüedad de los mismos (Ocoña y Chorunga) y los pequeños valles escarpados que cortan las pampas del pie de monte, la dirección de estos, está determinado en algunas zonas por fallas regionales, y en otras por fracturas, resultado del levantamiento Andino y se encuentran mayormente rellenos de terrazas aluviales y flujos de barro. (Ver figura 2.2).

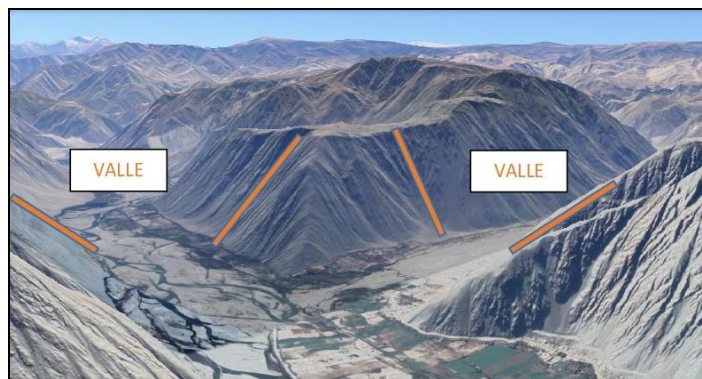


Figura 3.2 Valle, delimitado por líneas naranja producto de la acción erosiva de los ríos Ocoña y Chorunga.

2.1.2 Pampa Costera

Esta unidad geomorfológica está limitada al Este por la Cordillera Occidental y al Oeste por la Cordillera de la Costa y forma parte de la depresión tectónica longitudinal que se extiende a lo largo de toda la faja costanera entre Ica, Arequipa y Tacna, en forma casi paralela a la línea de la costa. (Ver figura 2.3)

Tiene un relieve con suave inclinación hacia el Sureste, se eleva bruscamente hacia el Noroeste hasta los 1900 m.s.n.m para dar lugar a los flancos de la Cordillera Andina.

Litológicamente está formada por la acumulación de depósitos continentales y marinos de edad Terciario - Cuaternario, producto de los diferentes ciclos erosivos se encuentran cerros aislados de poca altura.

Esta unidad geomorfológica es el producto de la forma del basamento que es el dominio del cratón de Arequipa que promueve una extensa subducción plana o semi-plana en la que no hay mayor deformación hasta llegar al relieve sub-andino.



Figura 3.3 Pampa costera, formada por acumulación de depósitos continentales y marinos.

2.1.3 Escarpa Costera

Esta unidad en la zona de estudio, corresponde al relieve formado por la cadena costanera, donde las diferentes cumbres alcanzan alturas de 1800m.s.n.m, hacia la costa terminan bruscamente en el océano pacífico y las playas litorales, son casi ausentes salvo en las desembocaduras de los grandes valles dichas escarpas se encuentran constituidas por rocas metamórficas, graníticas y sedimentarias con edades desde el Precámbrico hasta el Mesozoico. Cuando se encuentran con un cambio litológico (con las rocas sedimentarias) se originan extensas zonas de Talús y al pasar a la roca metamórfica generan abanicos y flujos de barro (Ver figura 2.4)



Figura 3.4 Escarpa costera, constituidas por rocas metamórficas, graníticas y sedimentarias.

2.1.4 Relieve sub-andino

Este grupo de unidades geomorfológicas se ubican entre cotas 800 a 3200 m.s.n.m., presentan una topografía bastante variada con valles bastante profundos en los que encontramos altos estructurales controlados por grandes fallas donde se depositan materiales coluviales de grandes dimensiones y zonas de Talús; las montañas y colinas son pronunciadas y con superficies erosivas activas debido al clima árido y seco en rocas Intrusivas que forman montañas y colinas, sobre estas zonas se desarrolla una superficie altiplánica controlada por el rejuvenecimiento de los valles por unidades volcánicas mio-pliocenas.

2.1.5 Conos Aluviales

Se presentan en las desembocaduras de las quebradas ubicadas a lo largo del cauce del río Chorunga. A mayor tamaño de la quebrada son mayores los depósitos aluviales, los cuales son originados por las venidas en épocas de lluvias socavando el material antiguo e integrando nuevo material. Estos depósitos de abanico están constituidos por intercalación de capas de arenas arcillosas y gravas subangulosas y niveles de grava gruesa subredondeada con matriz areno arcillosas y lentes de arcilla arenosa. (Ver figura 2.5).



Figura 3.5 Conos Aluviales, producto de las épocas de lluvias

2.1.6 Flujos de Barro (Debris Flow)

Los debris flow movilizan fragmentos de roca, bloques y cantos en una matriz arenosa con escaso contenido de arcilla, el agua necesaria para generar un debris flow suele proceder de tormentas de alta densidad o precipitaciones pluviales, estas circunstancias producen una escorrentía rápida que al mezclarse con sedimentos heterométricos con abundantes partículas arcillosas dan lugar a los debris flow. (Fig. 2.6)

Los debris flow constituyen un flujo de sedimentos formando por una mezcla de fragmentos gruesos empastados en una matriz de partículas finas con un contenido de agua y aire en su interior.



Figura 3.6 Debris Flow, sedimentos formados por fragmentos rocosos en una matriz arenosa.

2.2 Geología regional

Regionalmente el área presenta diferentes rocas entre sedimentarias, metamórficas, intrusivas y volcánicas; se puede apreciar una geología compleja llena de una larga historia geológica que abarca edades desde el Precámbrico al Cuaternario reciente como se observa en la Figura 2.7, este proceso geológico inicia con múltiples edades de metamorfismo regional de alto grado en el basamento del complejo de la “Cordillera de la Costa” en la cual encontramos Gneis y esquistos instruidos por granitos producidos en anatexis, esta unidad marca el basamento del bloque alóctono de Arequipa, seguido a este vino una cuenca turbidítica ordovícica (Gro Ongoro) en la que se encuentran las últimas etapas de metamorfismo regional; todas estas unidades sirvieron de fuente para que en el Jurásico se forme una cuenca de arco en la que se encuentran grandes paquetes desde sedimentos pertenecientes al Grupo Yura ,específicamente la formaciones Cachíos, Labra y Hualhuani, estas formaciones se ubican en la parte sur del plano geológico regional del presente estudio, luego del proceso de sedimentación comienza un intenso magmatismo generando arcos de isla que en los que se produce un engrosando de la corteza continental está a la vez va acompañada de un proceso tectónico orogénico llamada fase hercínica que genera los primeros esfuerzos de compresión, generando una faja corrida y plegada controlada por estructuras en flor del sistema de fallas Cincha-Lluta (SFSLL) junto con este proceso se introduce en el continente un magmatismo calco alcalino de tipo plutónico generando cuerpos batolitos (batolito de la costa) con ligera dirección al eje andino (Acosta J. 2010).

Después del ingreso de cuerpos batolitos, se genera una intensa actividad compresiva seguida de eventos trans-tensivos que genera estructuras geológicas como el sistema de fallas Iquipi (SFI) generando fallas menores como las fallas Choclón, San Juan y Rosario por las que se instruyen rocas hipabisales (principalmente Andesitas) con textura porfirítica (Complejo Bella Unión) arrastrando mineralización hipo termal a meso termal que son depositadas en las zonas de baja presión es decir en zonas de espaciamiento favorables zonas de transtensión, el proceso termina con una sedimentación terciaria conformada por el grupo Moquegua y cubierta por productos volcánicos cuaternarios. (Fig.2.7)

Las descripciones de las unidades regionales descritas a continuación fueron tomadas principalmente del Boletín 50 (INGEMMET) realizado por Enrique Olchanski y David Dávila el año 1994.

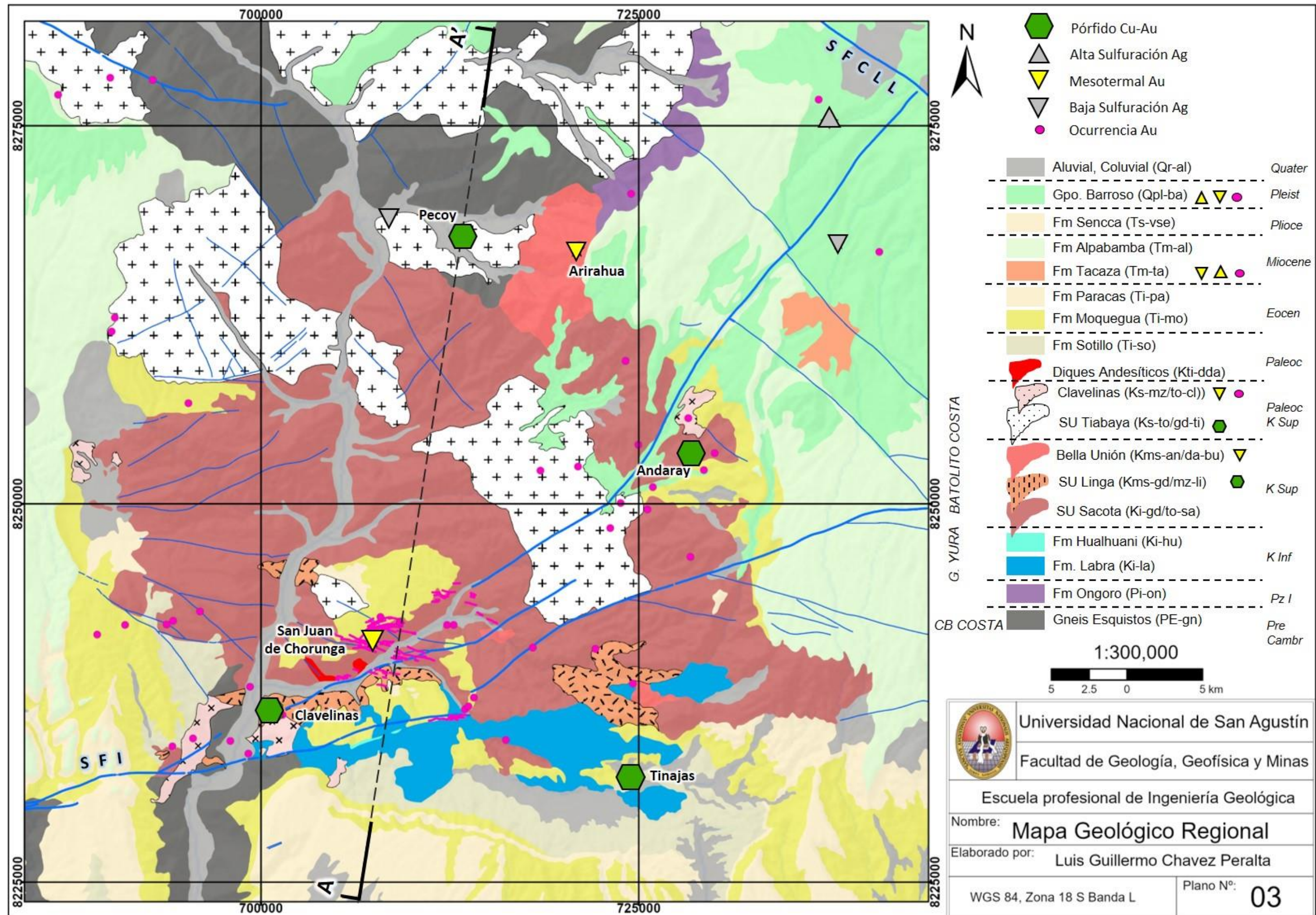


Figura 3.7 Mapa Geológico Regional.

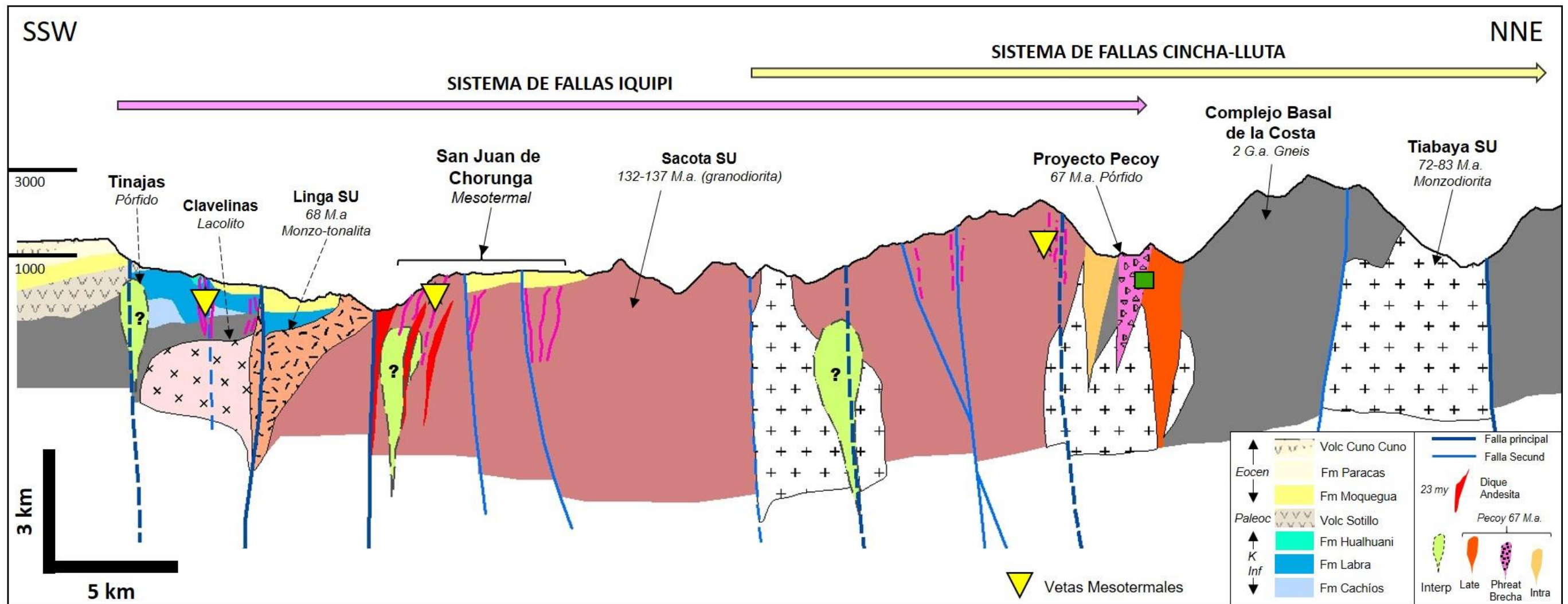


Figura 3.8 Sección Esquemática Regional.

ERA	SIST	SERIE	UNDADES ESTRATIGRÁFICAS	ESP (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	Edad Ma	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. Aluviales (Q-al)	150		Terrazas aluviales, flujos de barro, coluviones	0.01	
		PLEISTOCENO	Grupo Barroso (Qp-vb)	1200		Terrazas aluviales, flujos de barro, coluviones		
	NEOGENO	MIOCENO	PLIOCENO	Volc Sencca (Ts-vse) Fm Huaylillas (Tm-hu)	80 100		Tobas Riolitas y riodacitas	2.0 14.8
			Fm Alpbamba (Tm-al)	800		Arenisca medias a congo. con cemento calcáreo	20.4	
		Volc Tacaza (Tm-ta)	1500		Arenisca medias a congo. con cemento calcáreo			
		PALEOGENO	EOCENO	YMOQUEGUA	Fm. Paracas (Ti-pa) Fm. Caravelí (Ti-ca)	180		Arenisca medias a congo. con cemento calcáreo Conglomerados Medios a gruesos deleznales
	PALEOCENO			Fm Sotillo (Ti-so)	~150		Areniscas finas y conglom	60.0
	MESOZOICO		CRETACICO	SUPERIOR	Batolito de la Costa			SU Tiabaya (Ks-to/gd-ti) Bella Unión (Kms-an/da-bu) SU Linga (Kms-gd/mz-li) SU Sacota (Ki-gd/to-sa)
		INFERIOR		Fm Hualhuani (Ki-hu)	100		Areniscas Cuarcíticas	130
		JURASICO	SUPERIOR	Grupo Yura Fm Labra (Ki-la) Fm Cachíos (Ki-ca)	280		Areniscas finas y limos Lutitas	140 163
	PALEOZOICO	ORDOVÍCICO	MEDIO	Grupo Ongoro (Pi-on)	1000		Pizarras negras intercaladas con esquistos gris claros a verdes	450
	PALEOPROTEROZOICO			Complejo Basal de la costa Arequipa	?		Gneises, anfibolitas, granitos gneisoides y migmatitas	2000

Figura 3.9 Columna estratigráfica regional.

2.2.1 Complejo Basal de la Costa (PE-gn)

Bellido, (1960) fue el primero que describió como Complejo Basal a las rocas metamórficas que afloran en gran parte de la Cadena Costanera del Sur del Perú. Por tratarse de la misma serie metamórfica, esta denominación ha seguido tomándose en cuenta en los diferentes cuadrángulos (Guizado, 1968 y Caldas, 1993), geológicamente, está constituido por una gruesa secuencia de rocas metamórficas

en la que destacan los gneises, anfibolitas y metasedimentos. El mapeo de las subunidades en este apartado es muy complejo ya que no se observan contactos definidos entre los ortogneis y paragneis.

En la parte Oriental de Chuquibamba hasta la localidad de Pampacolca, los gneises están cubiertos por las tobas de la Formación Huaylillas, siendo su coloración superficial de color gris oscuro. Existe un ligero predominio de bandas grises constituidas por anfíboles, sobre bandas blancas que son más delgadas y que están formadas por ortosas y plagioclasas.

Litológicamente está constituido principalmente por gneises, anfibolitas, granulitas, tonalitas, granitos gneisoides y migmatitas, estas últimas rocas intrusivas relacionadas a anatexis.

Edad y Correlación

Según las dataciones por K-Ar, Rb-Sr, se ha determinado edades que varían desde 540 M.a. hasta 1.8 G.a. en las que se cumplen 04 fases de metamorfismo regional variando entre edades cronoestratigráficas paleo-proterozoicas hasta cámbricas.

2.2.2 Grupo Ongoro (Pi-on)

Con este nombre se describe a una secuencia compuesta por rocas de metamorfismo regional de bajo grado que afloran al SE del cuadrángulo de Chuquibambaba, en los cerros de Ongoro, descansando con discordancia angular sobre los metasedimentos del Complejo Basal, y que han sido afectados por un plegamiento de dirección andina y con flancos cuyas inclinaciones varían entre 30 y 60 grados. Por meteorización adopta una tonalidad amarilla y se diferencia de los metasedimentos y gneises precámbricos porque estos son gris oscuro. (Olchanski, 1994)

Litológicamente, el Grupo Ongoro está constituido por pizarras negras intercaladas con esquistos gris claros a verdes. El grosor de estas rocas sobrepasa los 1,000 metros.

Edad y Correlación

Es difícil asignarles una edad exacta a estas rocas metamórficas, sobre todo por la falta de evidencias paleontológicas. La formación Torán del Devónico, la cual no ha sido metamorfizada descansa en discordancia angular sobre el Grupo Ongoro que sí está metamorfizado y por descansar en discordancia angular sobre el Complejo Basal, la consideramos tentativamente como del Paleozoico inferior (posiblemente ordovícico).

2.2.3 Grupo Yura (Ki-ca, Ki-la, Ki-hu)

Jenk W.F. 1948 denomina al conjunto de rocas sedimentarias como Formación Yura, posteriormente Wilson J. 1962 lo elevó a la categoría de grupo.

Regionalmente ocurren afloramientos de las Formaciones Cachíos, Labra y Hualhuani, litológicamente predominan areniscas cuarzosas de facies de deltas y playas (Formación Hualhuani Ki-hu) y lutitas (Labra Ki-la) en la parte superior, haciéndose más pelítica (Cachíos Ki-ca) en su parte inferior.

En la parte sur del cerro Iquipí se encuentran pequeños afloramientos de areniscas cuarcíticas de coloración gris oscuro a negro con intercalaciones de capas delgadas de pizarras negras. Estos afloramientos se encuentran intruídas y metamorfizadas por apófisis hipabisales del Complejo Bella Unión.

Edad y Correlación

El tiempo de sedimentación de las formaciones Cachios Labra de la región Arequipa, ha sido datado entre el Titoniano - Oxfordiano, Jurásico superior (Benavides, 1962)

2.2.4 Formación Sotillo (Ti-so)

Jenks, (1948) denominó con este nombre, a una secuencia de areniscas arcósicas, conglomerados y arcillas no bien consolidadas de color rojo que afloran en el valle de Vitor cerca a Sotillo.

Esta unidad se encuentra descansando sobre una superficie de erosión en forma discordante encima del Grupo Yura y de las rocas del Batolito e infrayace en discordancia debajo de la Formación Millo, Los afloramientos de esta unidad, se ubican en la parte Sur-Oeste del cuadrángulo de Chuquibamba. Tiene un espesor de 150 metros y sus inclinaciones varían entre 5° y 20°; esta formación se encuentra afectada por fallas.

La litología de la Formación Sotillo consiste principalmente de areniscas finas y conglomerádicas de coloraciones grises, blancas, amarillas y rojizas, con predominio de estas últimas. Los sedimentos se encuentran semi-consolidados y tienen un alto contenido de material feldespático; existen algunas intercalaciones de capas de yeso que alcanzan hasta 15 cm. de espesor.

Edad y Correlación

No se han encontrado fósiles dentro de esta formación. Sabemos que descansa sobre una superficie de erosión que fue originada después de la fase Incaica de fines del Oligoceno que afectó a las rocas del Cretáceo superior-Terciario inferior, incluyendo a la Formación Huanca. Infrayace a los conglomerados del Grupo Moquegua de edad tentativa Paleoceno superior y Eoceno inferior; por esta consideración es que se le atribuye a la Formación Sotillo la edad Paleoceno medio a superior.

2.2.5 Grupo Moquegua

Inicialmente es descrita por Adams, (1906), como formación Moquegua, estudios posteriores de, en el área se encuentra dividida en dos miembros Moquegua inferior (Formación Caravelí) y Moquegua superior (Formación Paracas), debido a su extensión regional es elevada a la categoría de grupo. La cuenca Moquegua se encuentra ubicada entre el complejo basal de la costa y el batolito de la costa, es una cuenca rellena por elementos molásicos en forma elongada que se extiende por más de 650 Km, y en un ancho promedio de 60 Km.

2.2.5.1 Formación Caravelí (Ti-ca).

Estos depósitos son de carácter molásicos, representan acumulaciones de pie de monte como consecuencia de un intenso ciclo erosivo que siguió al levantamiento regional.

La sección más completa, aflora en las paredes verticales de Cerro Cuno Cuno con 700 m de espesor aproximadamente reposan en discordancia angular con los depósitos de la formación Sotillo. Regionalmente se pueden reconocer tres miembros, miembro Cruz Blanca, Cuno Cuno, Altos Calpa.

Tanto el miembro superior e inferior están constituidos mayormente por gruesas secuencias conglomerádicas, fácilmente deleznales, mientras que el miembro intermedio está conformado por clastos bien estratificados y compactos. Los contactos entre ellos son gradacionales y fácilmente reconocibles por su coloración.

La parte inferior de toda la secuencia está conformada por conglomerados medianos compuesto por elementos sub-redondeados de cuarcitas, sub-volcánicos, calizas e intrusivos, con diámetros entre 5 a 10 cm.

Al medio ocurren lutitas tobáceas, areniscas de grano fino y limolitas finamente estratificadas; la coloración varía de gris claro a gris verdoso y marrón.

Hacia la parte superior de esta formación se encuentra un conglomerado heterogéneo, poco consolidado y mal clasificado, con elementos de variada naturaleza (cuarcita, volcánicos, calizas, areniscas e intrusivos), redondeados a sub-redondeados en matriz areno-tobácea, el diámetro de los clastos llega a 20 cm. En el tope de esta Formación se observa areniscas, piroclásticos y algunos niveles de tobas blanquecinas medianamente compactas.

Edad y Correlación

La edad de la Formación Caravelí está basada en su posición estratigráfica, yace con discordancia erosional sobre la Formación San José considerada como el Paleoceno superior a eoceno inferior según y es correlacionable con el Grupo Moquegua, Formación Moquegua Superior, el miembro superior de la Formación Seraj de las hojas de Huambo y Orcopampa.

2.2.5.2 Formación Paracas (Ti-pa)

Con esta denominación (Petersen, 1947) estudió esta Formación en la Faja Costanera de departamento de Ica. Los afloramientos de la Formación Paracas en la zona, se encuentran en los cerros Infiernillo y Cuno Cuno.

Litológicamente está constituido por areniscas de grano grueso hasta conglomerádicas, con cemento calcáreo, interestratificadas con lutitas, areniscas tobáceas, areniscas arcillosas, arcillas tobáceas, calcarenitas, margas, etc. El color de esta formación varía de gris claro a gris blanquecino en la parte superior y blanco a blanco amarillento en la parte inferior.

Entre la Formación Caravelí y la Formación Paracas existe una discordancia erosional evidente. El espesor máximo se halla en el cerro Cuno Cuno con espesor de 350m

Edad y Correlación

De acuerdo a las muestras tomadas han permitido situar a la Formación Paracas en el Eoceno medio a superior según (Huamán, 1985). Se correlaciona con formaciones de litología semejantes y que afloran a lo largo de la Costa Sur del Perú.

La Formación Paracas yace con discordancia erosional sobre la Formación Caravelí, este se correlaciona con la formación Camaná y son correlacionable con el Grupo Moquegua (Semperé, 2015).

2.2.6 Volcánicos Tacaza (Tm-Ta)

Newell, (1949), denominó Grupo Tacaza a un conjunto de rocas compuestas por basaltos y arcosas en la parte baja y aglomerados de andesita con tobas dacíticas en la parte alta y que afloran en la mina Tacaza, Distrito de Santa Lucía, departamento de Puno. Este grupo descansa sobre una superficie casi horizontal que se formó sobre los sedimentos Cretáceos y del Terciario inferior que se hallan bien plegados.

Su litología es muy variada y corresponde mayormente a rocas volcánicas, en especial tobas dacíticas, aglomerados y tobas de líticos y cristales con algo de sedimentitos. Su espesor llega aproximadamente hasta los 1,500m.

Edad y Correlación

Los estudios de datación por el método K/Ar, llevados a cabo en las rocas del Grupo Tacaza por Noble, (1973) en el área de Orcopampa, han arrojado el siguiente resultado:

- 19.1 ± 0.3 m.a. (Toba Pisaca)
- 18.9 ± 0.4 m.a. (Toba Manto)
- 19.1- 18.9 m.a. (Toba Subacuoso)

Lo que nos permite asumir que el grupo Tacaza es de edad miocénica, no obstante, sus niveles inferiores pueden ser oligocénicos.

2.2.7 Formación Alfabamba (Tm-al)

Guevara, (1983), denominaron secuencia gruesa de tobas brechoides. D. Dávila (inédito), también describió a la misma secuencia. Esta formación se encuentra distribuida ampliamente entre la parte meridional y el Norte del cuadrángulo de Cotahuasi. Está compuesta por tobas dacíticas, lapilli, tobas brechoides; toda la secuencia tiene una coloración que varía de marrón a blanquecino a marrón grisáceo y coloración violácea; estas coloraciones características, permiten que sea fácilmente identificable en el campo, casi en forma regional, asimismo en las fotografías aéreas donde se le puede seguir por varias decenas de Km.

La Formación Alfabamba yace discordantemente sobre el Grupo Tacaza é infrayace discordantemente a la Formación Sencca y al Grupo Barroso; el espesor es variable, pero se estima en 800 m.

Edad y Correlación

La edad de la Formación Alfabamba se considera Mioceno superior a Plioceno, debido a que sobreyace al Grupo Tacaza de edad Mioceno inferior a medio, é infrayace a los volcánicos Sencca de edad Plioceno y en base a las dataciones realizados por la Misión Japonesa (1986) que ha determinado una edad de 4.8 ± 0.1 M.a. (K-Ar).

2.2.8 Formación Huaylillas (Tm-hu)

Fue descrita en el estudio del Cuadrángulo de Huaylillas por Wilson, (1962), constituida principalmente por tobas y derrames lávicos.

Litológicamente, en forma global, consiste en tobas dacíticas y riolíticas de color blanco amarillento o rosado. Mineralógicamente están constituidas en mayor proporción por feldespatos y biotitas que se presentan en laminillas y cristales de hornblenda. Estos minerales se encuentran mayormente alterados: también tienen cuarzo en cristales oscuros y corroídos. Se presentan en bancos compactos y macizos entre 1 y 3 m de espesor. El grosor de la Formación Huaylillas varía de 100 m aproximadamente y se encuentra en discordancia con la Formación Camaná.

Edad y Correlación

Conforme a los estudios realizados en otras áreas de estudio se han hecho varias mediciones radiométricas, donde se concluye que la edad de Formación Huaylillas es del Mioceno Superior.

Se correlaciona con las tobas y derrames lávicos de igual denominación que afloran en gran parte del Perú, así mismo con los volcánicos Auquivilca, Rumi Huasi y Ayacucho del centro del Perú. Se han realizado distintas dataciones radiométricas en esta unidad, estos datos arrojan resultados de 12.5 a 14.8 y 16 M.a. situándola a esta Formación en el Mioceno Superior.

2.2.9 Volcánico Sencca (Ts-vse)

El nombre original proviene de la región Maure (Tacna-Puno) e introducido por (Mendivil, 1965), al estudiar afloramientos en rocas piroclástica depositadas en forma levemente horizontal, en el fondo de la quebrada Sencca. Afloramientos de este volcánico, en la zona se encuentran en la margen izquierda del río Ocoña.

Litológicamente está constituido por tobas y brechas tobáceas de naturaleza mayormente dacítica a riolítica. Macroscópicamente se observan feldespatos, cuarzo, laminillas de biotita y vidrio volcánico, ya que presenta una coloración blanco rosáceo en fractura fresca, variando a gris amarillento o rojizo por intemperismo. En general esta Formación ocurre en bancos compactos formando cornisas verticales o en forma

de lapilli, que se intercala con arena gruesa y tobas retrabajadas. Su espesor máximo para la zona de estudio es de 80 metros aproximadamente.

Edad y Correlación

Se le asigna una edad correspondiente al Plioceno medio a superior, la edad no solo ha sido asignada por sus relaciones estratigráficas, sino también por dataciones radiométricas los cuales indican edad entre 2 y 4.3 M.a. Se correlaciona con los tufos del mismo nombre que afloran en los cuadrángulos de Ichuña (Moquegua) y Characato (Arequipa).

El volcánico Sencca yace discordantemente en forma horizontal cubriendo rocas de diferentes edades, su tope algunas veces se encuentra cubierto por depósitos aluviales y piroclásticos recientes.

2.2.10 Grupo Barroso (Qp-vba)

Wilson, (1962) fue el primero en describir esta unidad que luego sería elevada a la calidad de grupo en virtud a la diferenciación litológica en dos unidades principalmente.

Barroso superior, compuesto principalmente de lavas Andesíticas grises a gris verdosas descritas en los cuadrángulos como basálticas.

Barroso Inferior, cuerpos de domos y centros eruptivos relacionados a tobas de cristales Andesíticos, esta unidad está cubierta en la mayoría de casos por los volcánicos más jóvenes y existe una discrepancia entre la edad del volcánico Sencca y

Edad y Correlación

Análisis mediante K-Ar del Volcánico Chila en Arequipa, da 2.35 m.a. Arenas, (1974), por lo que el grupo tendría una edad plio-pleistocena.

2.2.11 Depósitos Aluviales (Q-al)

Tomando esta denominación se ha agrupado muchos depósitos que rellenan valles y quebradas; en las laderas están intercalados con materiales coluviales y eluviales.

Litológicamente están conformados por una mezcla de clastos, gravas, limos y arcillas, poco consolidados, mayormente de naturaleza volcánica e intrusiva, producto

de la erosión de las rocas aflorantes en esta zona el espesor es variable de unos centímetros hasta decenas de metros. Todos estos depósitos pertenecen al Cuaternario reciente.

2.2.12 Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas volcánicas se han diferenciado teniendo en cuenta su cronología y nivel de emplazamiento.

2.2.12.1 Rocas Intrusivas Hipo abisales

▪ Complejo Bella Unión (Ks-an/da-Bu)

Está constituido por una serie de cuerpos pequeños de composición andesítica a dacítica con afloramientos discontinuos siguiendo el patrón estructural andino, emplazados en el flanco oeste del batolito costanero.

En ambas márgenes del río Ocoña afloran otra serie de estos intrusivos en pequeñas dimensiones que intruyen y metamorfizan a rocas del complejo basal.

Petrográficamente su composición varía de andesita afanítica a una dacita porfirítica, predominando la primera. En las dacitas el cuarzo se encuentra cristales euhedrales en menor proporción que las plagioclasas.

En la margen derecha del río Ocoña estos cuerpos hipabisales han originado zonas mineralizadas en sus contactos con rocas metamórficas e intrusivas. En la margen izquierda estas rocas son factores de mineralización.

Edad de Emplazamiento

El complejo Bella Unión intruye regionalmente al grupo Yura (Jurásico superior Cretáceo inferior), además este cuerpo hipabisales es intruido por rocas intrusivas del Batolito Costanero (Cretáceo superior Terciario Inferior); por lo que se le asigna una edad entre el Cretáceo medio a Cretáceo superior; aproximadamente 113 M.a.

2.2.12.2 Rocas Intrusivas Plutónicas

▪ Batolito de la Costa

El Batolito de la Costa ha sido emplazado en forma alargada, paralela y cerca del litoral, con rumbo de grandes zonas de fallamiento y fracturamiento emplazadas en las márgenes entre placa continental y marina del continente sudamericano.

El Batolito de la Costa consta de cinco segmentos que son: Piura, Trujillo, Lima, Arequipa y Toquepala. El segmento Arequipa a su vez está subdividido en cinco superunidades: Patap, Pampahuasi, linga, Sacota y Tiabaya. A nivel regional solo afloran las tres últimas superunidades,

Litológicamente el Batolito de la Costa, está constituido por dioritas, granodioritas, monzonitas y tonalitas, cuerpos que también fueron intruidos por rocas hipabisales más jóvenes de naturaleza subvolcánica en forma de dique y pequeñas apófisis.

A) Súper Unidad Sacota

Dentro el área de estudio, es la más importante abarca el 60% que se expone en forma de pequeños y alargados cuerpos dispersos, que siguen zonas de gran fracturamiento. La composición litológica de la superunidad está compuesta principalmente por granodioritas y tonalitas. En términos generales la granodiorita es rica en hornblendas de color es de color gris de grano medio, bien cristalizada y con cristales anhedrale, en algunos lugares presenta textura seriada.

Edad de Emplazamiento

En la publicación de Ccallo se le describe principalmente de edad Cretacica Inferior, se le expone bastante bien tre las localidades de Nazca y Aplao con edades entre 132 y 145 M.a.

B) Súper Unidad Linga

Fue descrita en detalle en la quebrada Linga en Arequipa por Stewart (1968) y es la más variable de las Superunidades conformada aproximadamente por unas 30 unidades. Se consideraba a la Superunidad Linga como un grupo de rocas

híbridas producidas por un metasomatismo potásico (Stewart 1968, Hudson 1974), pero se demostró convincentemente que la Superunidad Linga corresponde a un grupo específico de rocas dentro del Batolito derivado de un magma común (Agar & Le Bel, 1978). La litología predominante es la monzonita y pequeños cuerpos de monzonitas con cuarzo, pero tiene variaciones internas, tamaño granular variable, feldespato potásico y poca biotita. Otra característica notable es que las plagioclasas se encuentran frecuentemente zonadas. A esta superunidad se le asocia la mineralización de los yacimientos de Cobrepampa, y diferentes ocurrencias de oro.

Edad de Emplazamiento

Las rocas de esta Superunidad registran una edad de 140 - 134 Ma y se asume responsable de la mineralización de Cu, Fe y Mo.

C) Súper Unidad Tiabaya

Esta unidad constituye la segunda en orden de amplitud en el Batolito, siendo de naturaleza mayormente granodiorita, su afloramiento se extiende en forma de una faja con más de 20 Km de ancho y 90 Km de largo.

Otra de las características de esta Súper unidad es la presencia más constante de xenolitos redondeados, de grano fino, con diámetros de 5 a 15 cm. Y abundantes diques de composición microdiorítica.

Edad de Emplazamiento

Esta súper unidad se emplazó hace 72 - 83 M.a., datación hecha por el método de K-Ar que la ubica en el cretáceo superior, de acuerdo a las opiniones de (Pitcher W. & Cobbing J. 1977)

2.2.13 Intrusivos Menores

De los cuerpos plutónicos ya descritos se tiene una variedad de intrusivos de pequeñas dimensiones, que son diques y pequeño stock, de naturaleza subvolcánica y edad más reciente. La mayoría de intrusivos están representados van desde decímetros a decenas de metros de ancho y de metros a kilómetros de longitud.

En general estos diques de composición básica son de grano fino y color oscuro a negro, determinándose como andesitas, dacitas, granodioritas, micro dioritas, asociadas mayormente a las súper unidades Tiabaya y Sacota.

La edad de intrusión de estas rocas corresponde al terciario medio a superior, por encontrarse cortando al Grupo Tacaza.

2.2.14 Geología Estructural

Las características estructurales en este segmento están controladas por varios sistemas de fallas regionales; principalmente se tiene el sistema de fallas Iquipi (SFI) con un azimut generalizado E-W; principalmente son fallas de rumbo senestrales inversas; estas fallas estarían controlando el emplazamiento de varias series de intrusivos del batolito de la costa en el área de estudio. Este sistema de fallas está representado por las fallas San Juan, falla Rosario, generan diaclasamiento en las rocas intrusivas del batolito, siendo las familias de segundo orden de la zona de estudio.

Otro sistema importante es el de Cincha-Lluta de dirección NW-SE (SFCLL), Familia NE-SW; en la intersección de las fallas SFI y SFCLL se ha favorecido el emplazamiento de depósitos de pórfidos de Cu-Mo±Au (Pecoy, Tororume, Sondor, etc.

Finalmente existe un sistema NS a NNE estas fallas generalmente cortan a las vetas algunas de ellas generan desplazamiento de decenas a 100 metros. Son de tipo mixtas, generalmente fallas inversas con un movimiento horizontal con ángulos entre 30° y 40°. Este sistema suele ser post mineralización en varias áreas y sería de importancia para considerar en la prospección y exploración de yacimientos.

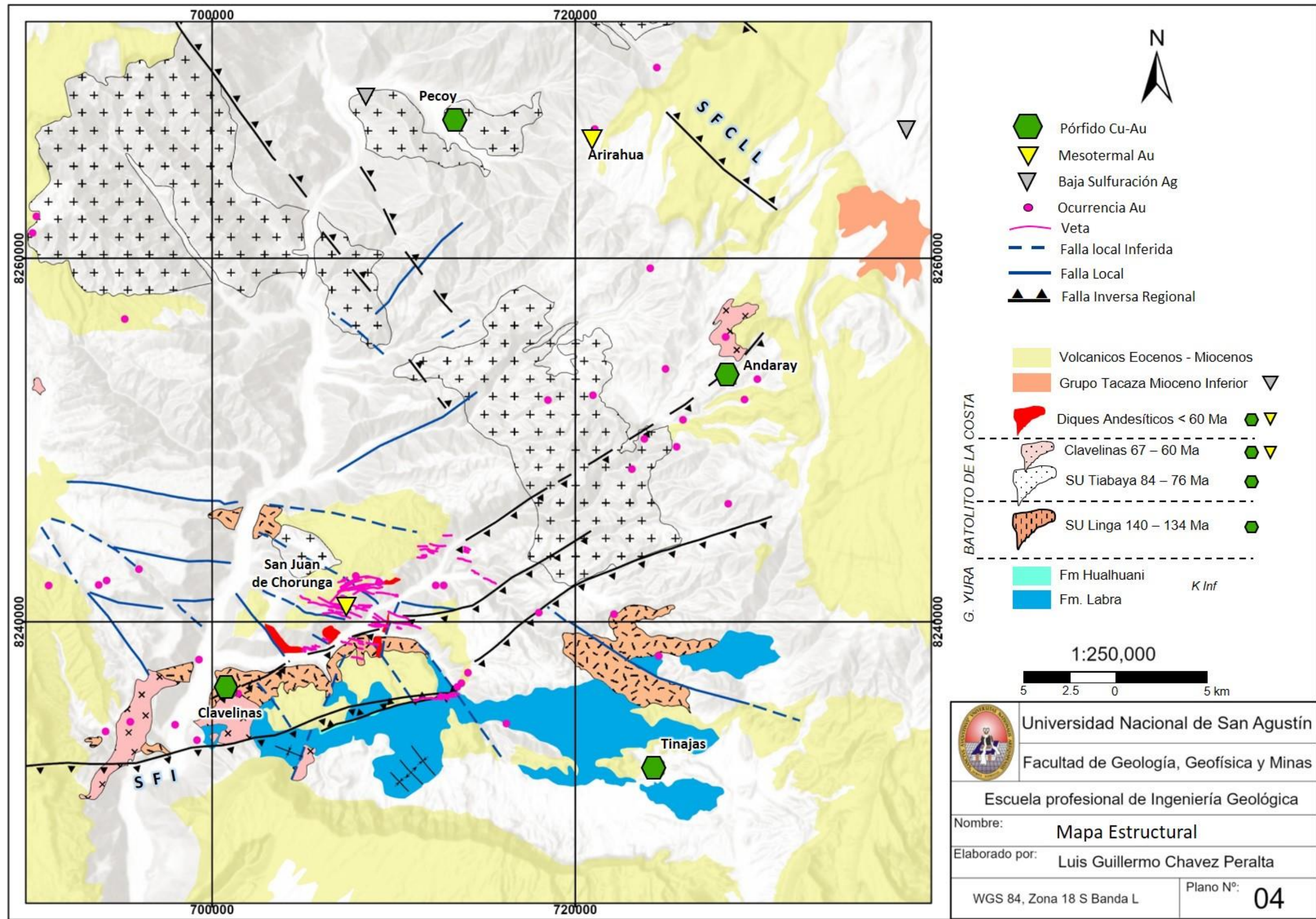


Figura 3.8 Mapa Estructural Regional.

2.3 Geología Local

La geología local del área de estudio se compone básicamente de rocas hipabisales (Complejo Bella Unión) e intrusivo de origen plutónico como el batolito de la costa.

El complejo Bella Unión que aflora en la zona de estudio representada por diques andesíticos y monzoníticos es responsable de la migración de la mineralización (Fig. 2.11). Los estudios dan a conocer detalladamente las unidades, súper unidades y segmentos para el plutonismo del batolito de la costa, comparando los segmentos en unidades y súper unidades según su composición y tectónica (Cobbing & Pitcher 1983).

ERA	SIST	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ESP (m)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	EDAD	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Dep. Aluviales (Q-al)	150		Terrazas aluviales, flujos de barro, coluviones	0.01	
	PALEOGENO	EOCENO	MOQUEGUA	Fm. Paracas (Ti-pa)	180		Arenisca medias a congl. con cemento calcáreo	39.0
				Fm. Caravelí (Ti-ca)			Conglomerados Medios a gruesos deleznales	56.0
		PALEOCENO	Fm Sotillo (Ti-so)	~150		Areniscas finas y conglom	60.0	
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Batolito de la Costa			SU Tiabaya (Ks-to/gd-ti) Bella Unión (Kms-an/da-bu) SU Linga (Kms-gd/mz-li) SU Sacota (Ki-gd/to-sa)		
		INFERIOR	Grupo Yura	Fm Hualhuani (Ki-hu)	100		Areniscas Cuarcíticas	130
	JURÁSICO	SUPERIOR		Fm Labra (Ki-la)	280		Areniscas finas y limos	140
				Fm Cachíos (Ki-ca)		Lutitas	163	
PALEOPROTEROZOICO			Complejo Basal de la costa (Pe-gn)	?		Pizarras negras intercaladas con esquistos gris claros a verdes	2000	

Figura 3.9 Columna estratigráfica local

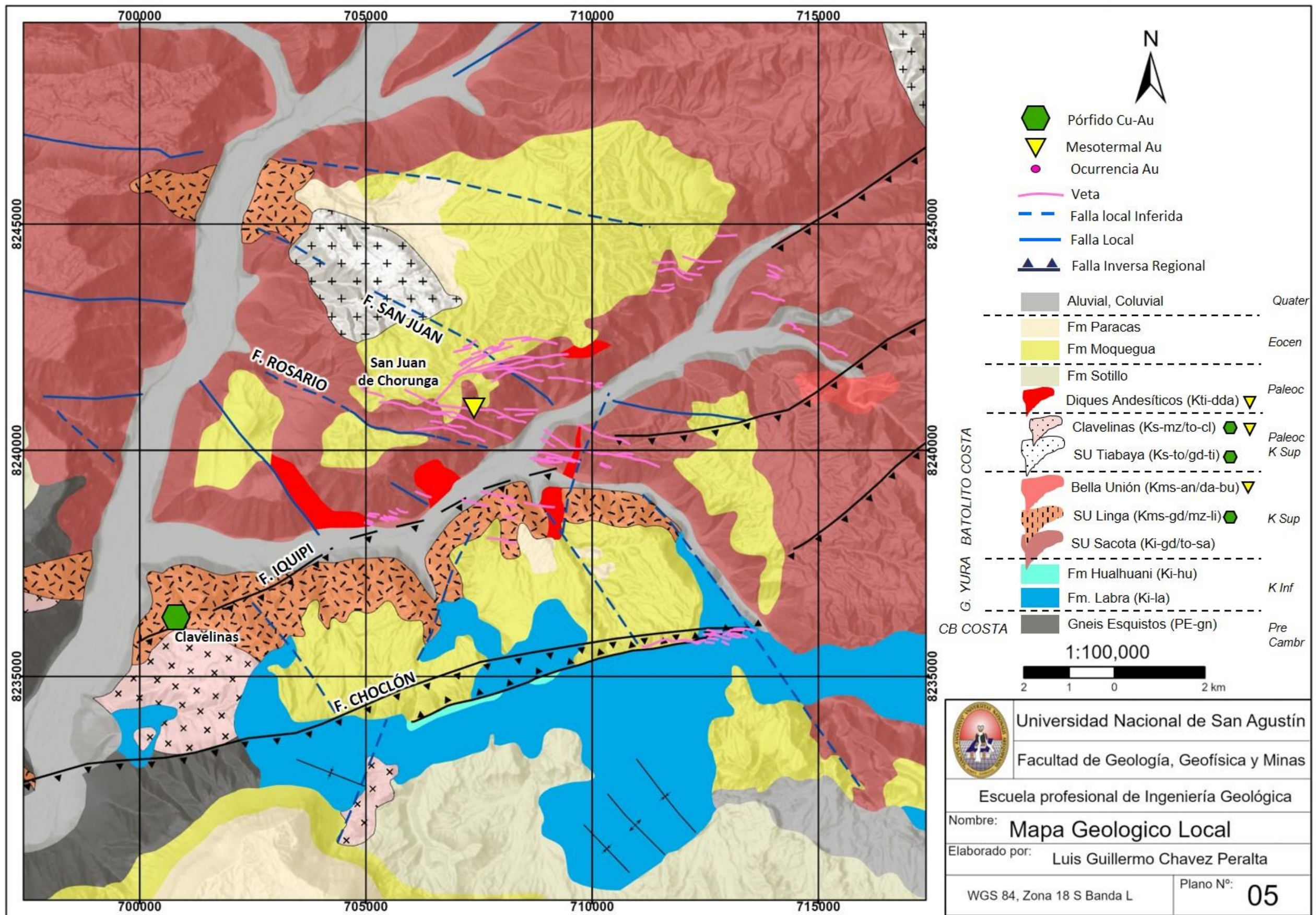


Figura 3.10 Mapa Geológico Local.

Las rocas encajonantes de los intrusivos hipabisales fueron descritas en el apartado anterior.

2.3.1 Formación Paracas (Ti-pa)

Los afloramientos de la Formación Paracas en la zona, se encuentran en los cerros Infiernillo y Cuno Cuno.

Litológicamente está constituido por areniscas de grano grueso hasta conglomerádicas, con cemento calcáreo, interestratificadas con lutitas, areniscas tobáceas, areniscas arcillosas, arcillas tobáceas, calcarenitas, margas, etc. El color de esta formación varía de gris claro a gris blanquecino en la parte superior y blanco a blanco amarillento en la parte inferior.

Edad y Correlación

La Formación Paracas yace con discordancia erosional sobre la Formación Caravelí, este se correlaciona con la formación Camaná y son correlacionable con el Grupo Moquegua (Semperé 2015).

2.3.2 Formación Caravelí (Ti-cv)

Estos depósitos son de carácter molásicos, representan acumulaciones de pie de monte como consecuencia de un intenso ciclo erosivo que siguió al levantamiento regional. La sección más completa, aflora en las paredes verticales de Cerro Cuno Cuno con 700 m de espesor aproximadamente reposan en discordancia angular con los depósitos de la formación San José. Regionalmente se pueden reconocer tres miembros. Tanto el miembro superior e inferior están constituidos mayormente por gruesas secuencias conglomerádicas, fácilmente deleznable, mientras que el miembro intermedio está conformado por clastos bien estratificados y compactos.

Edad y Correlación

La edad de la Formación Caravelí está basada en su posición estratigráfica, yace con discordancia erosional sobre la Formación San José considerada como el Paleoceno superior a eoceno inferior y es correlacionable con el Grupo Moquegua, Formación Moquegua Superior, el miembro superior de la Formación Seraj de las hojas de Huambo y Orcopampa.

2.3.3 Batolito de la Costa

2.3.3.1 Súper Unidad Sacota

Dentro el área de estudio, es la más importante abarca el 60% que se expone en forma de pequeños y alargados cuerpos dispersos, que siguen zonas de gran fracturamiento. La composición litológica de la superunidad está compuesta principalmente por tonalitas, granodioritas y dioritas. La granodiorita, generalmente se presenta en forma homogénea, de un color gris claro, en roca fresca; en algunos lugares contiene xenolitos de microdiorita con diámetros entre 2 y 5 cm. En términos generales la diorita es de color gris de grano medio, bien cristalizada y con cristales anhedrales.

▪ Granodiorita

Los cambios entre la mineralogía y la textura de la granodiorita varían tanto en profundidad como en afloramiento esto es debido a los distintos parámetros como temperatura, presión, composición y gradiente térmico.

El término de “Granodiorita “fue introducido por Lingdren, para designar a una variedad del granito en el cual predomina las plagioclasas sódicas sobre los feldespatos alcalinos. Se toma referencia de muestras microscópicas tomadas dentro de la superunidad Sacota que generalmente están conformadas por granodioritas y monzonitas, estas presentan una dirección preferencial de rumbos NW-SE en el margen izquierdo de la quebrada Chorunga (Jorge 1991). La composición mineralógica de cinco muestras estudiadas en láminas delgadas, tomadas en la quebrada Chorunga y Ocoña: boletín n° 37.

Tomada en la margen izquierda del río Ocoña, quebrada Chorunga, estudiada en lámina delgada nos hace ver que está constituida por 48% de plagioclasa, ortosa 16%, cuarzo 12%. Minerales accesorios: biotita 5% y como minerales secundarios calcita y sericita 12 % estas rocas han sido clasificadas como granodiorita y se caracterizan por presentar cristales anhedrales de plagioclasas bien desarrolladas, con 2 a 3 mm de diámetro.

Edad del emplazamiento

La súper unidad Sacota se ha emplazado hace 137 Ma es correspondiente al Cretácico inferior (W. Ccallo 2017).



Figura 3.11 Granodiorita en roca caja.

▪ Diorita

Esta roca aflora al oeste del yacimiento San Juan pertenece a la súper unidad Tiabaya, la parte oeste de la veta mercedes esta encajonada entre dioritas, ver foto N°10 la cual muestra la oxidación que ha sufrido los sulfuros encajonada entre rocas de composición diorítica. La diorita presenta mucho fracturamiento y debido a este se observa claramente manchas rojizas en el contacto de las fracturas, formadas por la circulación de agua.

Feldespatos calco sódicos (oligoclasa –andesina), biotita y pirita. (Rosas 1968) en sección delgada obtuvo la siguiente composición.



Figura 3.3 Diorita, observada en galería (Carpio, 2017).

2.3.3.2 Diques Andesíticos

Esta roca se encuentra a manera de diques que cortan al intrusivo, son cuerpos tabulares discordantes que rellenan las fracturas, estos diques en la zona de investigación se encuentran instruyendo al gran cuerpo batolítico y su dirección generalmente es E-W paralelo a las vetas con buzamiento variables, el dique pórfido Andesítico se comporta como un control litológico ya que entre el contacto de la Andesita con el intrusivo se encuentra el fluido mineral.

Por su textura se pueden diferenciar dos tipos de diques uno denominado andesita con textura porfirítica de un color gris verdoso oscuro a negruzco, la presencia de los fenocristales indica un lento enfriamiento para la cristalización de las plagioclasas y hornblendas, el otro tipo de dique es la llamada andesita con textura afanítica que se diferencia debido a que los cristales de plagioclasas son de tamaño a microcristalinos.

Los diques Andesíticos presenta diferentes grados de alteración hidrotermal entre las alteraciones que se encuentran en los diques tenemos (propilitización, silicificación).



Figura 3.12 Andesita, presente en dique atravesando al intrusivo.

2.3.4 Alteraciones Hidrotermales

Es la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio fisicoquímico. La alteración hidrotermal ocurre a través de la transformación de fases minerales, crecimiento de nuevos minerales, disolución de minerales y/o precipitación, y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circuló por la misma. Descripciones e imágenes tomadas de Carpio 2017.

2.3.4.1 Alteración Propílica-Clorítica

Presencia de epidota y/o clorita y ausencia de un apreciable metasomatismo catiónico o lixiviación de álcalis o tierras alcalinas; H₂O, CO₂ y S pueden agregarse a la roca y comúnmente se presentan también albita, calcita y pirita. Este tipo de alteración representa un grado bajo de hidrólisis de los minerales de las rocas y por lo mismo su posición en zonas alteradas tiende a ser marginal.

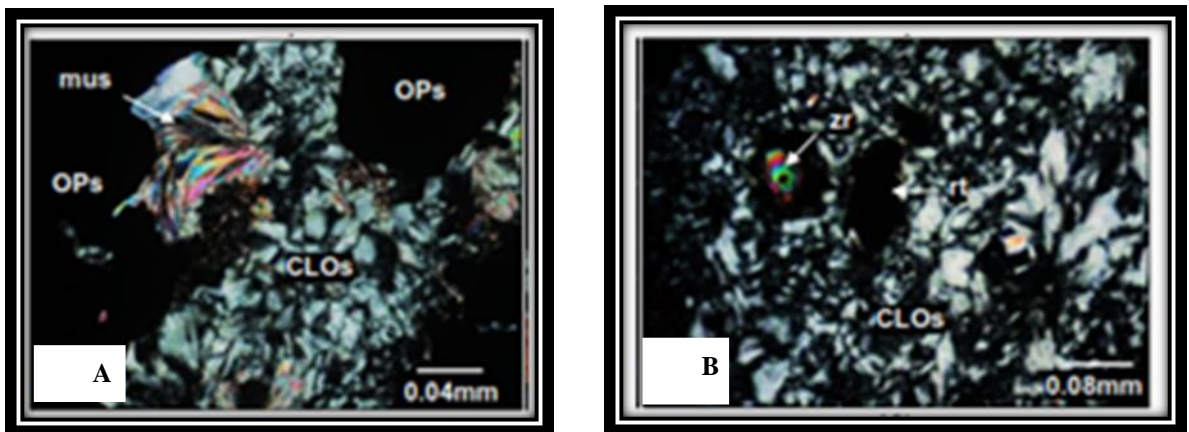


Figura 3.13 Mineral de clorita presentes en A y B.

2.3.4.2 Alteración Carbonatación

Los carbonatos se encuentran en un amplio rango de pH y de temperatura y se asocian con caolín, illita, clorita, y fases calco-silicatadas. Una zonación de minerales carbonatados que se correlaciona con el aumento de pH se encuentra en muchos sistemas hidrotermales. Carbonatos de Fe-Mn (siderita, rodocrosita) coexisten con caolín y arcillas del grupo de la illita, mientras que carbonatos de Ca-Mn-Mg-Fe mezclados (rodocrosita- ankeritakutnahorita-dolomita) coexisten con arcillas del grupo de la illita y cloríticas, y los carbonatos de Ca-Mg (calcita-

dolomita) coexisten con clorita-minerales calco-silicatados. Esta zonación se interpreta como el reflejo de la decreciente movilidad del Fe, Mn y Mg al aumentar progresivamente el pH del fluido. Los carbonatos se presentan típicamente en todos los niveles de sistemas hidrotermales, desde la superficie hasta ambientes de tipo pórfido o skarn. Se observan 4 posibles generaciones de carbonatos:

▪ Carbonatos I

La primera fase de carbonatos es de 53% con respecto a los datos de la muestra, se aprecia como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 3.6 mm; están alterando fuertemente a la roca.

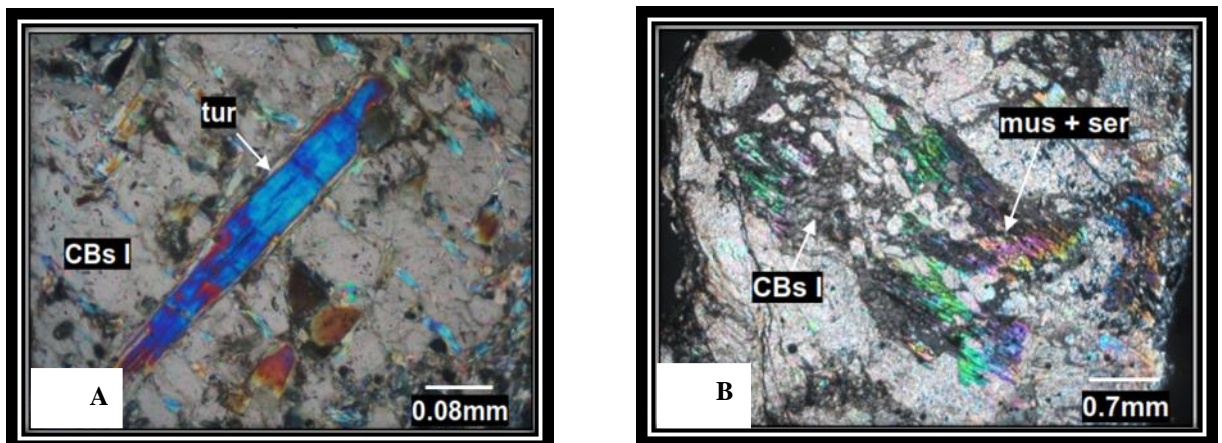


Figura 3.14 A) Mineral de turmalina dentro de carbonatos I, B) muscovita y sericita rodeada de carbonato I.

▪ Carbonatos II

La segunda fase de carbonatos es de un 14 % del total la muestra, se exhiben como agregados micro granulares con formas irregulares y tamaños menores a 0.3 mm; están remplazando a los carbonatos I aprovechando los espacios presentes en la muestra

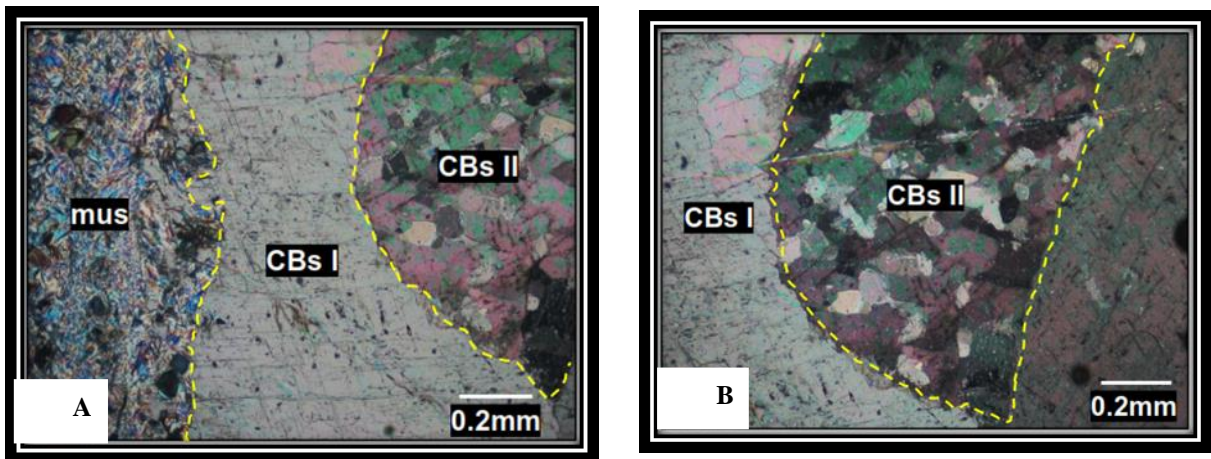


Figura 3.15 A) presencia de carbonato I y II, B) carbonato II rellenando a carbonatos I.

▪ Carbonatos III

Forman el 2 % de la muestra se aprecian como vetillas que cortan la primera y segunda generación de carbonatos muestra en diferente tiempo , se muestran como cristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0.4 mm .

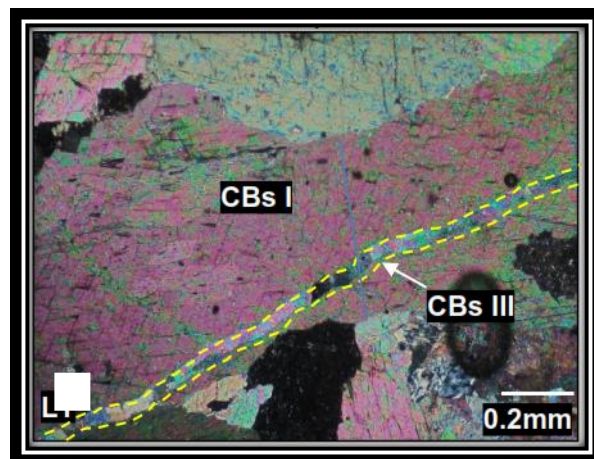


Figura 3.16 Carbonato III cortando a carbonato I y II

▪ Carbonatos IV

La cuarta fase de carbonatos ocurre en un 1% en la muestra representada por vetillas conformadas por microcristales anhedrales con formas irregulares y tamaños menores a 0.3 mm, presenta un espesor promedio de 0.2 mm se observan cortando la muestra.

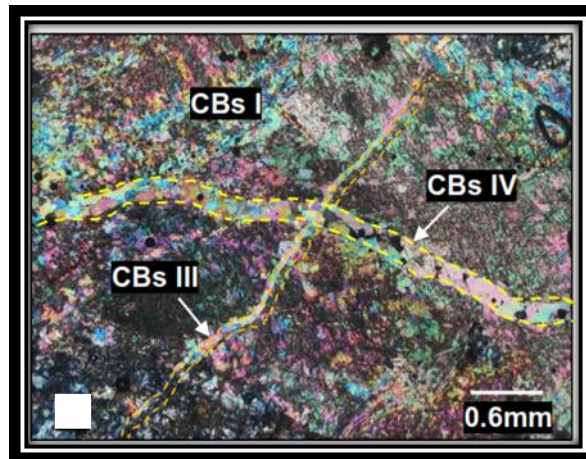


Figura 3.17 Venillas de calcita

2.3.4.3 Oxidación Hipógena

Ciertos minerales de Fe y Cu como la pirita, bornita, observada en el microscopio presentan rotura de sus cristales que expuestas a la humedad son lixiviados y remplazados por óxidos de Cu de color rojizo vino.

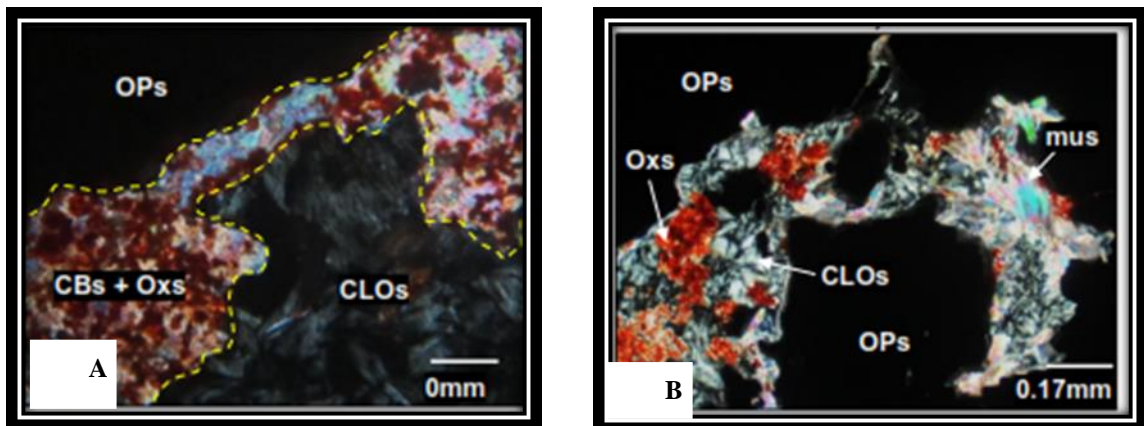


Figura 3.18 A) Oxidación en cristales, B) Asociación de minerales de óxidos.

2.4 Geología Económica

La escasa actividad extractiva de recursos no renovables debido al limitado conocimiento geo-económico, a la falta de vías de acceso, a la lejanía a los centros de industrialización y consumo y a la falta de incentivación para el desarrollo de estas regiones. En el área de Caravelí la actividad minera se circunscribe a la explotación

de algunos yacimientos de mayor valor comercial y de fácil acceso, como es la explotación del oro en áreas que se encuentran en las cercanías de los ríos Ocoña y Caravelí, por otra parte, más del 50% de este territorio está cubierto por rocas del Terciario Superior-Cuaternario carente de interés económico, especialmente en lo que se refiere a minerales metálicos.

Las áreas económicamente favorables están localizadas en dos regiones, con características geológicas propias. La primera relacionada a rocas intrusivas del Batolito Costanero, asociadas a intrusiones hipabisales más jóvenes de naturaleza que varía de ácida a básica constituyendo parte del distrito aurífero de la región costera del departamento de Arequipa donde se explota la asociación cuarzo-pirita-oro.

La segunda región genéticamente está relacionada al magmatismo andino, del Terciario inferior y medio y su asociación con intrusivos hipabisales ácidos e intermedios más modernos donde se explota cobre, zinc, plomo y como sub-producto oro.

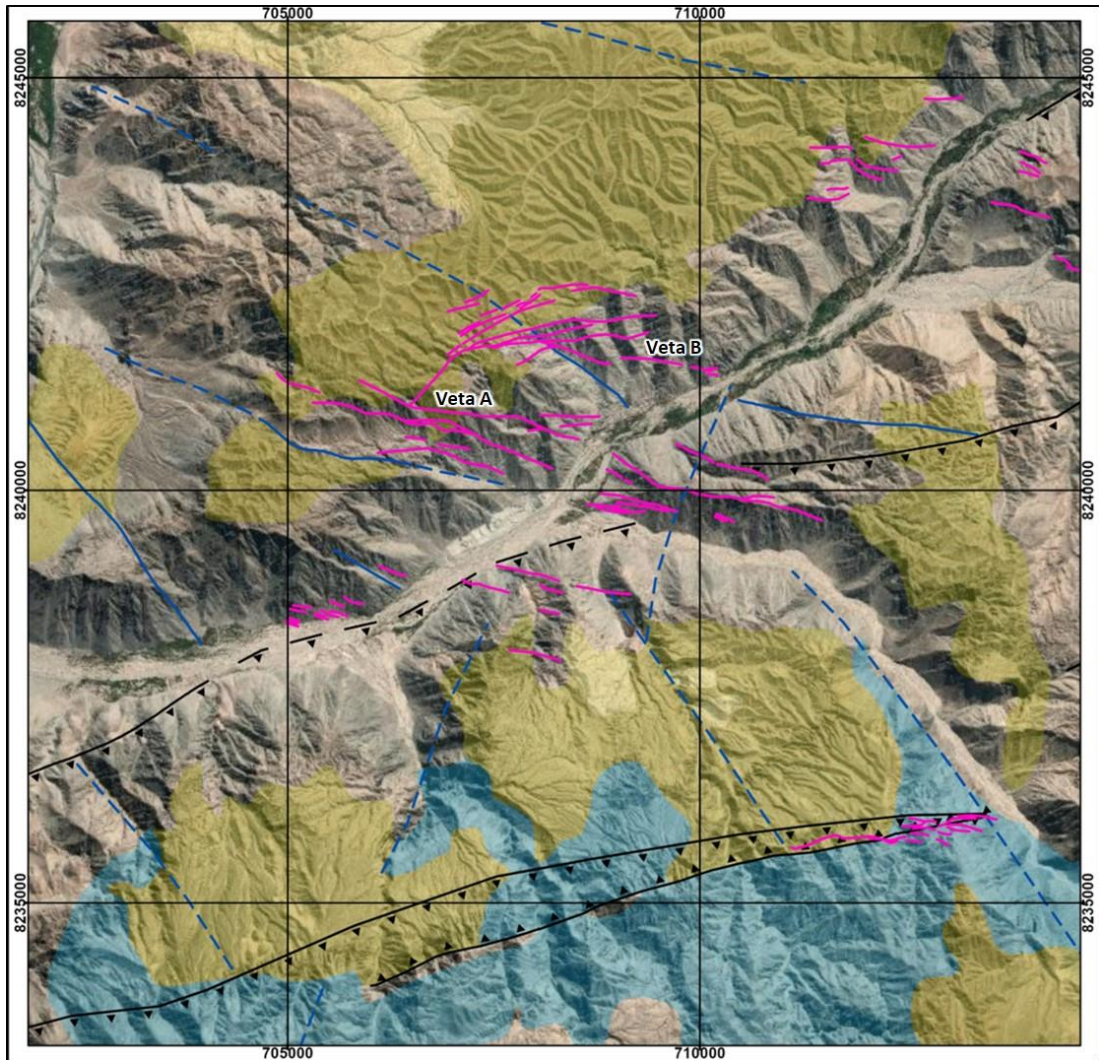


Figura 2.25 Vetas estudiadas en el área de San Juan

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Introducción

Para el desarrollo de la presente tesis, se utilizaron 8 muestras tanto de veta como de caja en el área de San Juan las cuales presentan características propias que serán sometidas a estudiadas por los distintos métodos mencionados en la (fig. 3.1)

En la actualidad se tienen pocos estudios relacionados a la microscopia en el área de san juan, de los cuales se podría aportar información que sea útil tanto para la parte de exploración como en las operaciones.

3.2 Mapa conceptual para el desarrollo de la investigación

En este punto se mencionarán las técnicas usadas en los estudios para el desarrollo óptimo de la presente tesis detallando la metodología de la investigación.

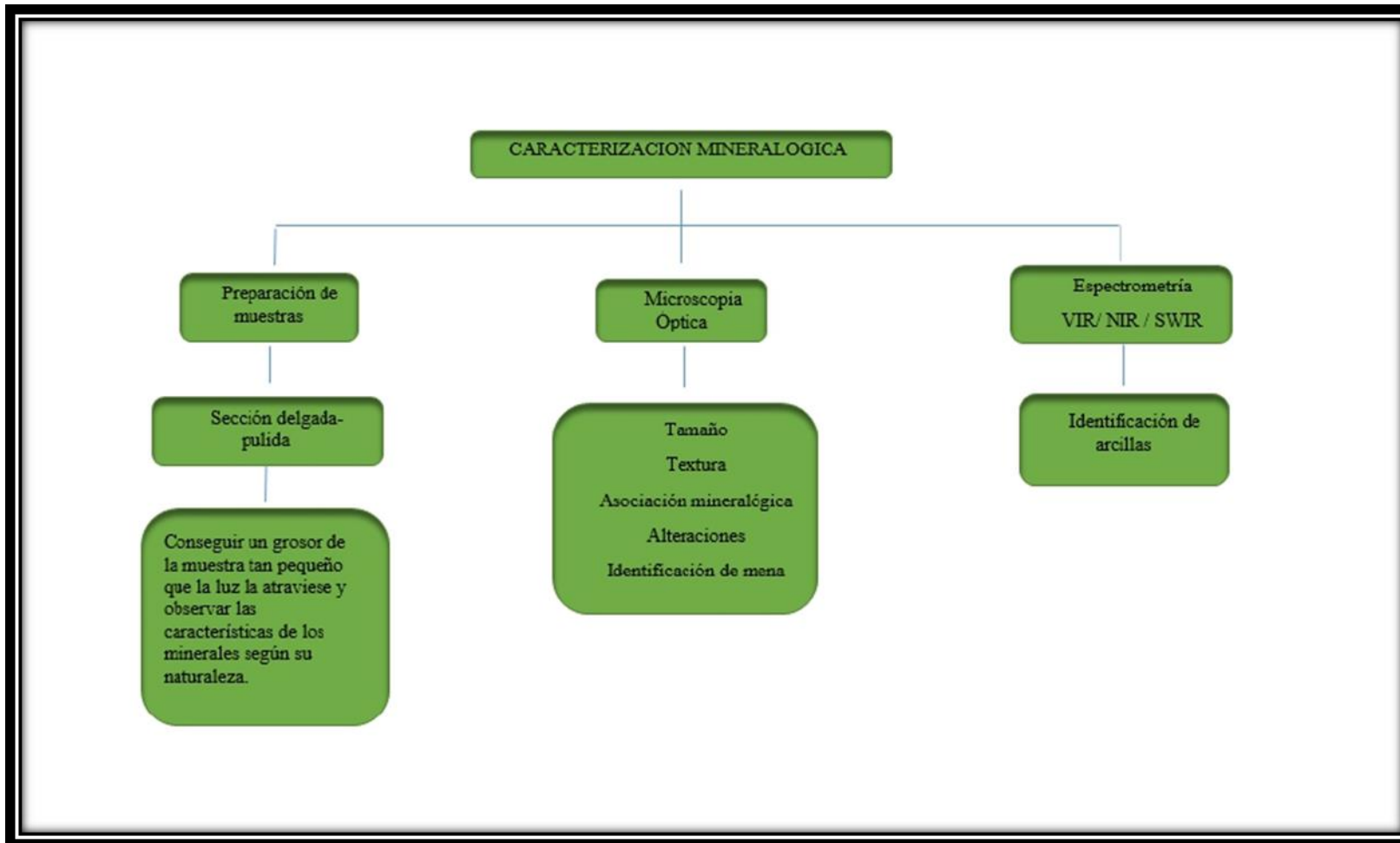


Figura 4.1 Mapa conceptual con el contenido de temas a tratar.

3.3 Metodología de la investigación del trabajo

3.3.1 Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación se da en estudios de muestras tomadas del área, los resultados son totalmente reales sin modificación, los mismos que servirán para el área de producción como para el área de exploración.

Los resultados del estudio son de respuesta inmediata para su respectiva aplicación e interpretación.

3.3.2 Población de la investigación

El trabajo estará basado en el análisis de 8 muestras del área de San Juan las cuales fueron tomadas aleatoriamente y serán analizadas y tendrán una interpretación mineralógica tanto macroscópica como microscópica utilizando los métodos mencionados. Cada muestra tiene un respectivo código el cual será usado en el resto de la presente tesis.

MUESTRA	CODIGO	MUESTRA	CODIGO
Numero 1	CM-2009(veta”A”)	Numero 5	CM-2013(veta”B”)
Numero 2	CM-2010(veta”B”)	Numero 6	CM-2014(veta”A”)
Numero 3	CM-2011(veta”A”)	Numero 7	CM-2015(veta”B”)
Numero 4	CM-2012(veta”A”)	Numero 8	CM-2016(veta”B”)

Tabla 4.1 Tabla de número de muestra y su respectiva abreviatura.

3.3.3 Desarrollo de la investigación

Todas las muestras fueron llevadas a los procedimientos descritos a continuación:

- Preparación de secciones delgadas y pulidas
- Estudio petrominerográfico de secciones delgadas-pulidas.
- Estudio de espectrometría (LabSpec).

En los siguientes párrafos se detallará básica y superficialmente cada tipo de análisis realizado, con la finalidad de entender y comprender su fundamentación teórica y aplicarla a esta presente Tesis.

3.4 Preparación de secciones delgadas y pulidas

- Procurar que todo el material que se vaya a utilizar esté limpio.
- Selección de las rocas de las que se van a extraer las láminas.
- Con una cortadora de disco se cortan las rocas realizando dos caras libres
- Se pule una de las caras.
- Se adhiere con resina la cara pulida, ejerciendo presión para evitar la formación de burbujas y se deja secar.
- Una vez secado, se corta dejando un grosor de unas 300 μm .
- Se realiza un desbastado hasta obtener el grosor deseado, normalmente 30 μm .
- Si no se realizara algún análisis químico, se rotula la muestra con su respectivo código.

3.5 Espectrometría

Esta técnica es típicamente empleada para determinar la mineralogía de rocas alteradas y ayudar en la clasificación de los sistemas de mineralización, identificar los patrones de alteración y consecuentemente para localizar mineralización económica. La espectrometría detecta minerales tales como “filosilicatos, cloritas, epidota, alunita, jarosita, arcillas (caolinita), esmectitas (Montmorillonita), carbonatos” y es también sensible a las variaciones de composición en minerales individuales.

3.5.1 Fundamentos de la espectrometría

Se trata de una técnica basada en el estudio del comportamiento de las ondas del campo electromagnético que son emitidas, absorbidas, reflectadas o refractadas por un cuerpo sólido, líquido o gas (Fig. 3.2). Todo cuerpo que sea sometido a efectos de radiación, como un haz de luz, experimenta un fenómeno de reflexión y absorción de energía. Los métodos espectrométricos (NIR/SWIR) miden las propiedades de aquellas que han sido reflejadas. (Nina, 2019).

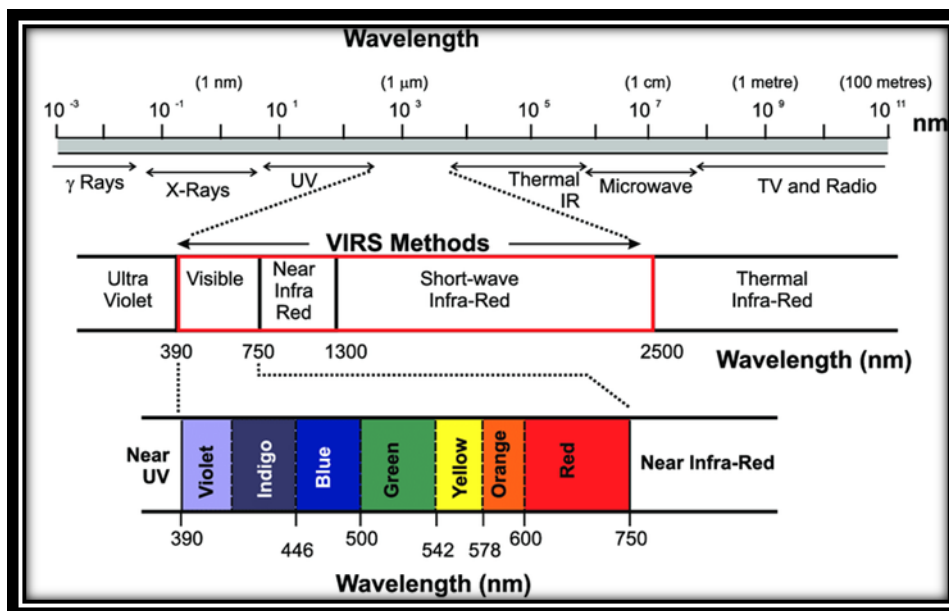


Figura 4.2 Zonas de gran importancia del espectro electromagnético.

El campo de detección para los espectrómetros actuales es de 400 – 2500 nm abarcando gran parte de la zona de la luz visible, cercana al infrarrojo (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR).

Tanto la absorción y reflexión de energía de una molécula, son controladas por características químicas y físicas de la misma, es decir, su composición, distribución de átomos en la estructura cristalina, propiedades de los átomos en la estructura dada (composición electrónica) y propiedades físicas. Por tanto, cada molécula diferente, posee un espectro de absorción y emisión de energía específica (Ostrooumov, 2006).

El término espectro, no es más que una gráfica continua con cambios de pendiente en dos dimensiones, donde los valores en el eje horizontal corresponden a la longitud de onda, que puede ser expresada en micrómetros (μm) o nanómetros (nm), y los valores del eje vertical al porcentaje de reflectancia respecto a la referencia de reflectancia del Halón (CBrClF_2) (Páez, 2008).

Las características que deben ser consideradas en cualquier espectro, para la identificación de compuestos son las siguientes: Los Rasgos de absorción, estos cambian de forma, profundidad respecto al eje vertical, y posición respecto al eje horizontal (longitud de onda) que nos indica, zonas de energía generada por la

vibración de ciertas moléculas y radicales: OH, H₂O, NH₄, CO₃ y enlaces del catión OH como Al-OH, Mg-OH, Fe-OH, (Hunt,1971).

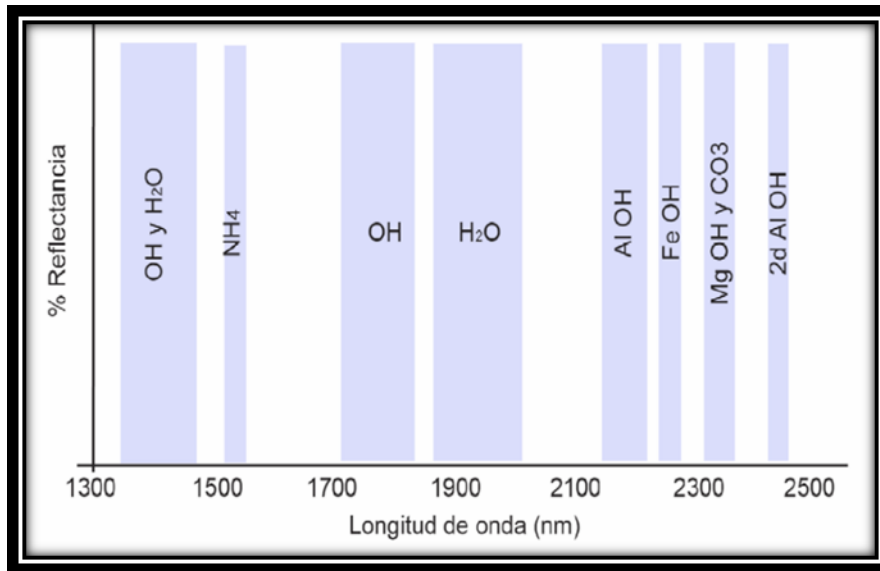


Figura 4.3 Principales zonas de absorción modificado de Herrmann, et al., 2001.

Los rasgos de absorción según su forma y profundidad, pueden ser: agudos, dobles y agudos, simple abierto, dobles y abiertos, en forma de hombro, múltiples, etc.

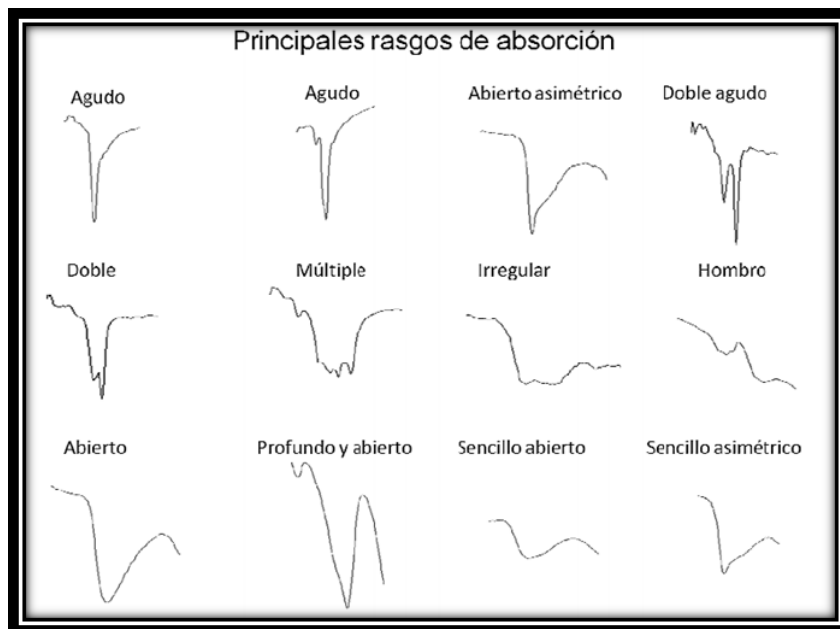


Figura 4.4 Principales rasgos de absorción que se pueden observar en un espectro electromagnético.

En la Figura 3.5 se muestran las principales características espectrales de algunos minerales de alteración, como la dickita, caolinita, Illita-smectita, pirofilita, Jarosita, sericita, etc.

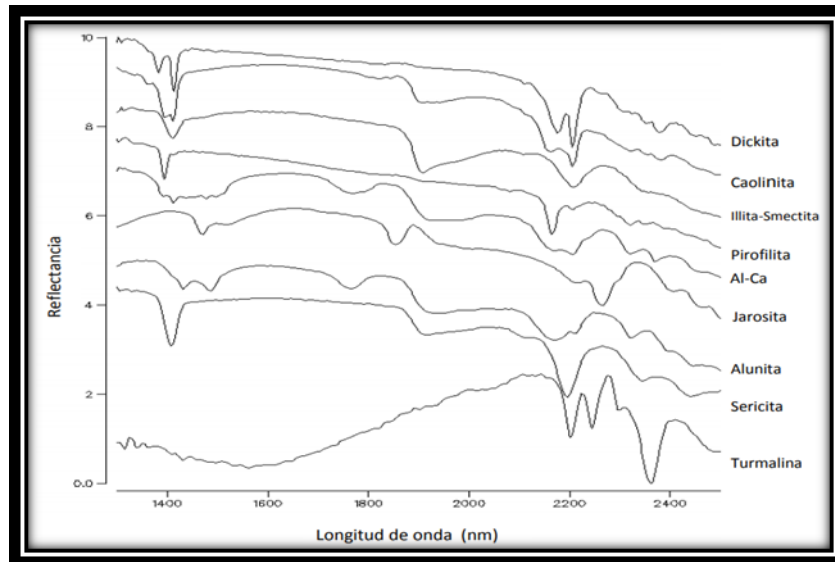


Figura 4.5 Serie de espectros que corresponden a diferentes minerales

Con este método, es posible detectar variantes composicionales o sustitución de elementos en la molécula, este fenómeno se observa como cambios significativos en la forma de los rasgos de absorción y desplazamientos respecto al eje horizontal o longitud de onda.

Posición	Molécula	Mineral
1.4 um	(OH) y Agua	Esmectita, Halloysita, Kaolinita, dickita, illita, illita/esmectita y clorita.
1.9 um	Agua	Esmectita, Halloysita, illita, illita/esmectita y clorita.
2.2 um	Al - (OH)	Montmorillonita, halloysita, kaolinita, dickita, illita, illita/esmectita y beidellita.
2.29 um	Fe(OH)	Nontronita
2.31 um	Mg(OH)	Hectoria, Saponita, Sepiolita
2.31-2.33 um	Mg(OH) > Fe(OH)	Clorita de Mg
2.34um	Mg(OH)	Palygorskita
2.34-2.37 um	Fe(OH) > Mg(OH)	Clorita de Fe.

Figura 4.6 Características de absorción de las arcillas (Hauff, 1993).

Es de suma importancia, mencionar que las diferentes zonas de alteración en un yacimiento mineral, se definen precisamente, por las asociaciones mineralógicas, de modo que, es común encontrar en un mismo espectro la combinación de los rasgos de absorción de dos o más minerales.

3.5.1.1 Efecto de Arcillas en flotación

- Efecto recubrimiento: Se produce cuando las arcillas se adhieren en la superficie de partículas y la mena, provocando a una disminución en la ley del concentrado. Este efecto es causado por atracciones electrostáticas entre superficies del mineral y las partículas que componen la ganga. El pH y tamaño de partículas son factores para minimizar este fenómeno.
- Consumo de reactivos: La presencia de arcillas puede incrementar significativamente la cantidad de reactivos. Este problema se reduce con reactivos que puedan deprimir a estas arcillas, en este sentido, una solución corresponde a buscar reactivos de acuerdo a la mineralogía de las arcillas.
- Reología: La viscosidad determina la movilidad de partículas y burbujas en la suspensión; y adhesión partícula-burbuja, por lo tanto, para lograr un adecuado control es necesario realizar una correcta caracterización mineralógica. Además, se debe tener presente que tanto el pH y del tipo de reactivos impactan considerablemente en la fluidez de las suspensiones.

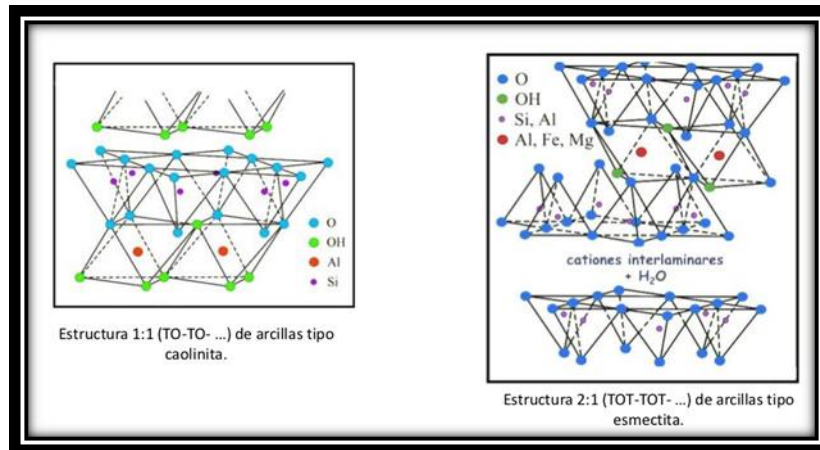


Figura 4.7 Esquema de las estructuras de los minerales de arcillas de tipo 1:1 y 2:1 (Yánes, 2011).

Como se puede apreciar en el esquema de la Figura anterior estructuras del tipo 1:1, son eléctricamente neutras (no presentan electrones libres), por lo que no tienen la capacidad de hincharse. Los minerales pertenecientes al grupo del caolín, presentan mayoritariamente este tipo de estructura laminar.

En cambio, las estructuras 2:1, tienen la característica de presentar en algunos casos, cargas negativas en su superficie, las cuales son capaces de atraer agua o

iones hidratados, permitiendo atrapar moléculas de agua entre las capas (hincharse), como es el caso de la montmorillonita (Farrokhpay, 2016)

Según De Pablo (1964) la generación de cargas negativas en la superficie de las estructuras laminares se debe principalmente a:

1. Distorsión de los bordes producto del proceso de conminución.
2. Situación isomórfica como:
 - a. Reemplazo del Si^{4+} por Al^{3+} en la hoja tetraédrica.
 - b. Capa dioctaédrica (dos cationes) al intercambiar Al^{3+} por Mg^{2+} , Fe^{2+} , etc.

3.6 Microscopia Óptica

El estudio de microscópica de rocas, minerales, asociación textural y menas es un método clásico y hasta hoy irremplazable, la microscopía de polarización y estereoscopia es un método no destructivo y potente para la determinación de sustancias sólidas (cristalinas o amorfas), posee relativamente elevada resolución espacial y además pueden se puede estudiar las relaciones texturales (estructura, fábrica, asociaciones de fases) obteniendo así importante información para comprender la génesis y composición. (Nina, 2019)

En este aspecto, la microscopía de polarización no puede ser remplazada por otras técnicas de análisis global que utilizan muestras molidas para la identificación de fases como la difracción de rayos X. La microscopía de polarización encuentra sus límites cuando la composición química de soluciones sólidas complejas necesita ser conocida o cuando el material es de grano tan fino que impide la identificación de las fases individuales. La identificación de los minerales con el microscopio de polarización se basa en las propiedades ópticas y morfológicas.

3.6.1 Estudio petrominerográfico

Ayudará a determinar la relación que existe entre minerales no metálicos y metálicos económicos, así como identificar el tamaño de los minerales identificados, tipo de texturas, asociaciones mineralógicas (relación entre minerales), alteraciones y reemplazamientos. Para la descripción de las facies mineralógicas, se ha optado usar un esquema empleado para la descripción petrominerográfica (Fig. 3.8).

MINERALES Y FASES MAS ABUNDANTES EN LAS FACIES MAGMÁTICO-HIDROTERMALES			
Nombre	Fórmula	Abreviatura	Observaciones
Plagioclasas	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	PGLs-I	De origen magmático, componente principal de las magmatitas y porfiritas básicas a intermedias.
		PGLs-II	De origen magmático, uno de los componentes principales de las matriz de porfiritas básicas a intermedias.
		ab (PGLs-III)	Como corona de PGLs-I o venilla; generalmente albita.
Cuarzo	SiO_2	cz-I	Magmático, como fenocristales redondeados generalmente corroídos.
		cz-II	Componente de la matriz en porfiritas; +/- recristalizado por procesos hidrotermales.
		cz-III, IV, etc	Hidrotermal, rellenando cavidades y tipos de venillas (A, B, D); a veces masivo.
Feldespatos potásicos.	KAlSi_3O_8	FPKs-I	De origen magmático, componente principal de las magmatitas y porfiritas alcalinas y de composición intermedia a ácida.
		FPKs-II	De origen magmático, uno de los componentes principales de las matriz de porfiritas alcalinas y de composición intermedia a ácida.
		FPKs-III	En masas y venillas, y/o halos de alteración; típico de la alteración hidrotermal potásica y relacionadas.
		ad	FPKs-III (adularia) típico de ambientes hidrotermales de baja sulfuración y similares; frecuentemente acompañado de cuarzo hidrotermal (cz III).
<p>Este es el esquema institucionalizado desde los primeros reportes petrográficos (década de los 80) para Yanacocha y Pierina; actualmente empleados de manera difundida en muchos otros proyectos y operaciones; no sólo epitermales HS, sino pórfidos de Cu-Au-Mo. ad: Adularia; ab (albita secundaria)</p> <p style="text-align: right;">Modificado de S. Canchaya</p>			

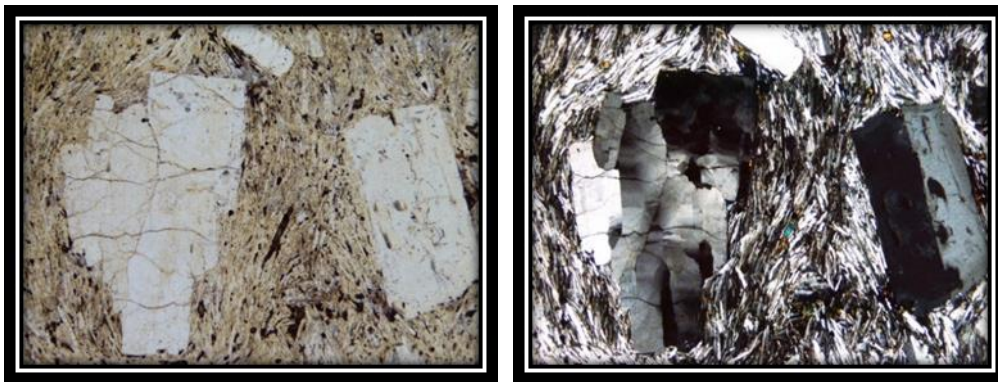
Figura 4.8 Minerales y fases más abundantes en las facies magmático-hidrotermal.

3.6.1.1 Tipos de Textura

Se describirá algunos tipos de texturas de las cuales se utilizarán algunas para realizar la presente tesis:

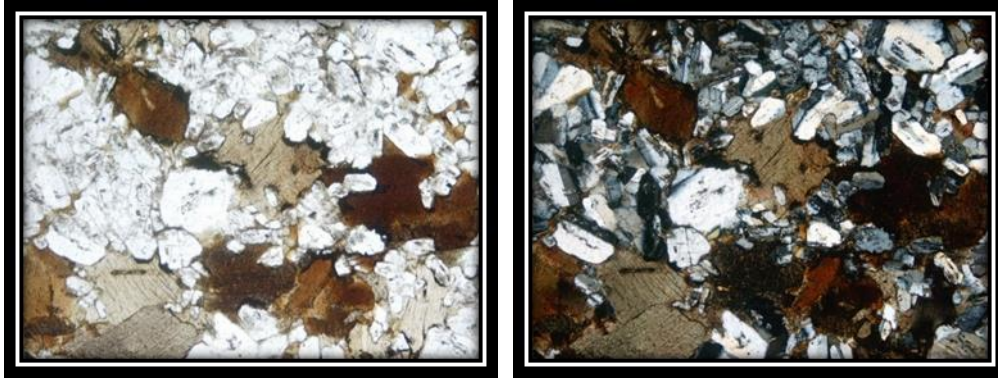
A. PORFÍRICA: Por el tamaño relativo de los cristales, se observan cristales de mayor tamaño en matriz de cristales más finos. Estos fenocristales rara vez alcanzan proporciones mayores al 50%.

Su origen es poligenético, donde se observan dos historias de enfriamiento, primero un enfriamiento lento que permite la nucleación y crecimiento de algunos minerales justo sobre de la curva de Temperatura de liquidus en un ambiente plutónico termalmente aislado, lo cual produce fenocristales, para posteriormente experimentar un episodio de rápida pérdida de calor, pudiendo crear una matriz afanítica o vítrea. (Nina, 2019)



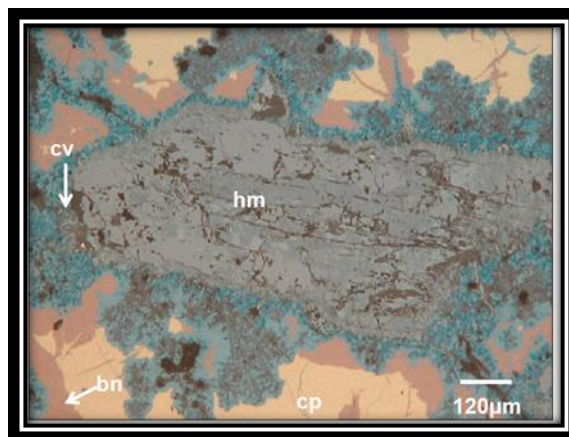
Fotografía 4.1 Muestra de una traquita en donde los fenocristales como la matriz están constituidas por sanidina (nicos paralelos a la izquierda y cruzados a la derecha) (Nina W. 2019)

B. GRANULAR: Se define por el carácter equidimensional de los granos minerales, debido a un único ritmo de enfriamiento relativamente lento del magma, formando cristales de diversas formas como tabulares, prismáticas o irregulares. (Nina W. 2019)



Fotografía 4.2 Tonalita con cristales de biotita (marrón), plagioclasas (prismáticos maclados) y cuarzo (centro) (nicoses paralelos a la izquierda y cruzados a la derecha) (Nina, 2019)

C. REEMPLAZAMIENTO Y RELLENO: Implican generaciones sucesivas de minerales con alguna evidencia de reacción entre ellos. La formación de nuevos minerales a expensas de otros pre-existentes se denomina reemplazo. Este fue definido por (Lindgren, 1933), como el proceso de disolución y depositación capilar prácticamente simultáneo, por el cual un nuevo mineral total o parcialmente diferente puede crecer en el seno de un mineral o agregado más antiguo. Esto es sinónimo de metasomatismo y generalmente implica pequeño o ningún cambio de volumen de la roca o mineral reemplazado. (Nina W. 2019).



Fotografía 4.3 Covelita (cv) reemplazando selectivamente a la calcopirita (cp) y bornita (bn) (Maher, 2017)

CAPÍTULO IV

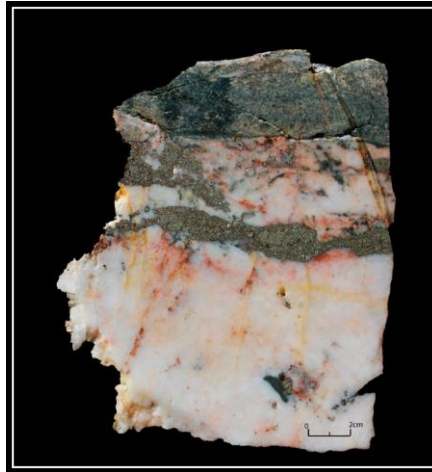
CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS

La información mineralógica mediante el análisis de muestras en sección delgada, pulida, espectrometría, microscopia de polarización, aportará información detallada de la cual ayudará geología de exploración.

4.1 Petro-mineragráfica de rocas

En este apartado se determinará la relación que existe entre minerales no metálicos y metálicos económicos, así como identificar el tamaño de los minerales identificados, tipo de texturas, asociaciones mineralógicas (relación entre minerales), alteraciones y reemplazamientos en las 10 muestras tomadas en campo.

4.1.1 Muestra CM-2009



Fotografía 5.1 Muestra CM-2009. Tomada de veta, con presencia de minerales como cuarzo proveniente del primer fluido hidrotermal y con vetillas rellenas de piritas provenientes de un segundo evento, presencia de óxidos relleno de pequeñas fracturas.

4.1.1.1 Minerales Primarios

No se observan cristales primarios

4.1.1.2 Minerales Secundarios

El cuarzo representa el 71% de abundancia con un tamaño promedio de 8 mm, como agregados de cristales con formas irregulares, extinción ondulante y fuertemente fracturados, que han sido invadidos a través de sus intersticios por agregados de anfíboles (fuertemente alterados por arcillas), sericita microescamosas y agregados de clorita han fracturado y englobado a los cristales de pirita.

El cuarzo II: Agregados de pequeños cristales irregulares que han ingresado a través de los intersticios a los agregados prismáticos de cuarzo I, en ocasiones fracturando a los cristales. Por algunos sectores se encuentra acompañado de sericita.

Los anfíboles presentes en pequeñas trazas con tamaños de 0.2 mm como agregados de cristales irregulares que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo, se encuentran reemplazados intensamente por arcillas terrosas, carbonatos y cloritas, por sectores fracturan y engloban a los cristales de

pirita además muestran impregnaciones de goethita. Trazas de carbonatos presentes en trazas con tamaños menores a los 0.24 mm, pequeños cristales con formas irregulares que han ingresado por los intersticios de los agregados de anfíbol.

Las cloritas representan un 8% de abundancia con tamaños inferiores a 0.15 mm, agregados de cristales escamosos a fibrosos radiados que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo, además por sectores han alterado a los agregados de anfíboles. Cantidades menos al 2% de sericita con formas microescamosas a fibrosas radiadas que junto a la clorita han ingresado por los intersticios de los alrededores del cuarzo.

La muestra presenta una silicificación intensa, cloritización y sericitización débil y una argilización y carbonatación muy débil. En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

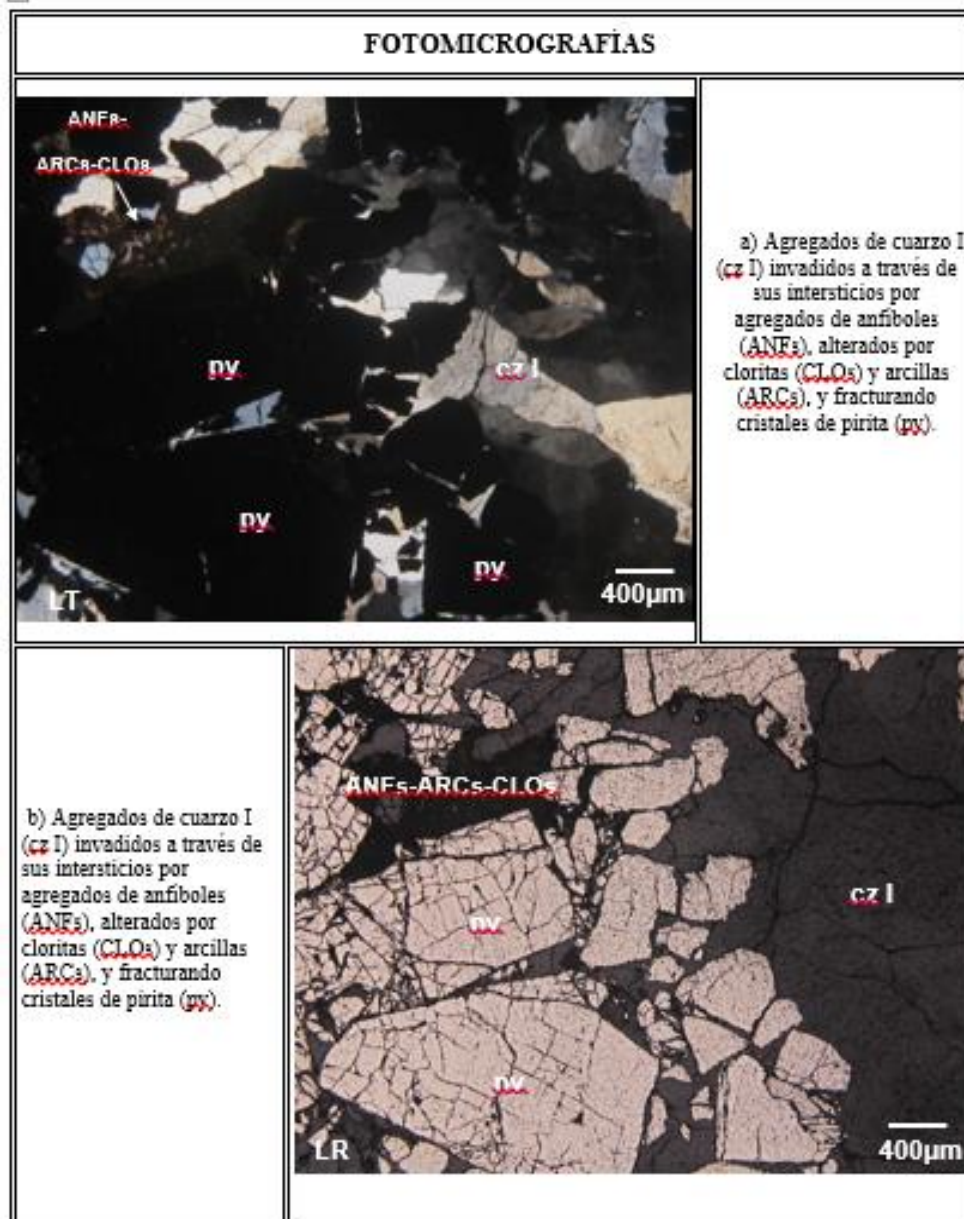
Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Cuarzo	71	8
Anfíboles	Traza	0.2
Sericita	2	0.05
Cloritas	8	0.15
Carbonatos	Traza	0.24
Arcillas	1	0.002
Pirita	15	5.2
Goethita	1	0.005
Oro nativo	traza	0.02

Tabla 5.1 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2009.

4.1.1.3 Minerografía

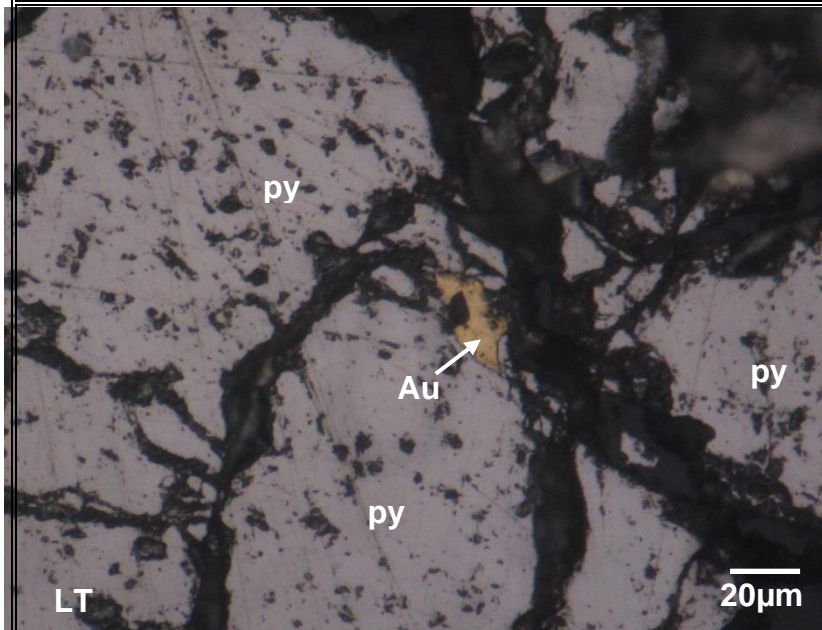
La pirita representa el 14% de abundancia con tamaño 5.2mm, cristales con formas irregulares que han sido fracturados y englobados por los agregados de cuarzo y anfíboles se encuentran reemplazados desde los bordes por goethitas y presentan pequeños cristales de escaso oro nativo en microfracturas.

El oro nativo se presenta como la mena principal con un tamaño de 0.02 mm, se aprecia en pequeños y escasos cristales con forma irregular que han ingresado a través de las microfisuras de pirita. Goethita en cantidades bajas, agregados de microcristales con forma irregular que han reemplazado desde los bordes a los cristales de pirita, también se muestran como agregados terrosos impregnados en los anfíboles.



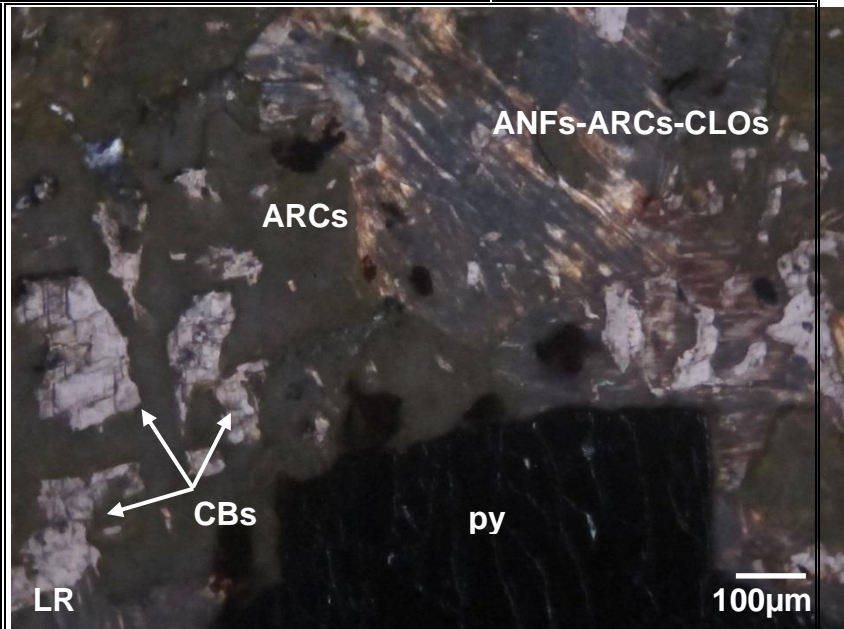
Fotografía 5.2 Descripción microscópica Muestra CM-2009, a) y b) Agregados de cuarzo I (cz I) invadidos a través de sus intersticios por agregados de anfíboles (ANFs), alterados por cloritas (CLOs) y arcillas (ARCs), y fracturando cristales de pirita (py).

FOTOMICROGRAFIAS



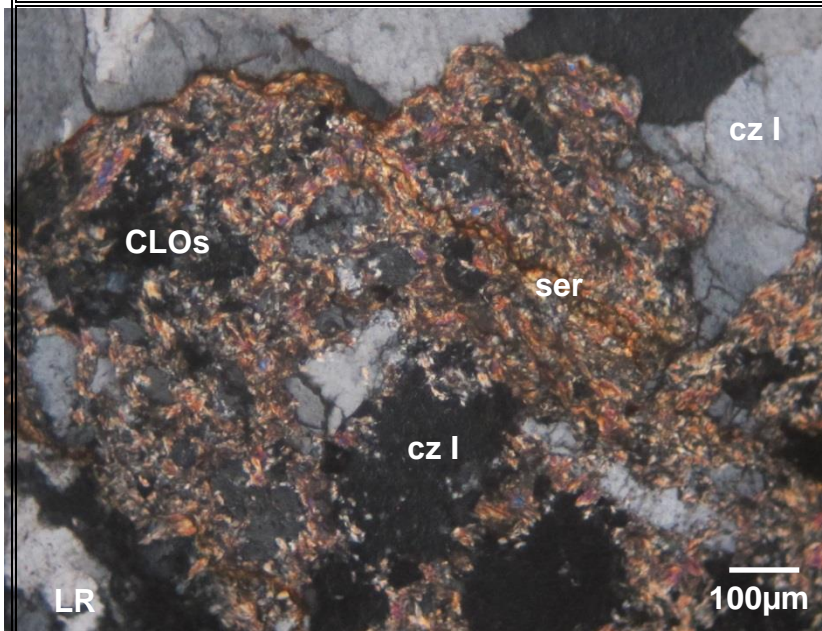
c) Pequeños cristales de oro nativo (Au) ingresando a través de las microfracturas de pirita (py).

d) Agregados terrosos de arcillas (ARCs) alterando a los anfíboles (ANFs), junto a cloritas (CLOs), y englobando cristales de carbonatos (CBs).



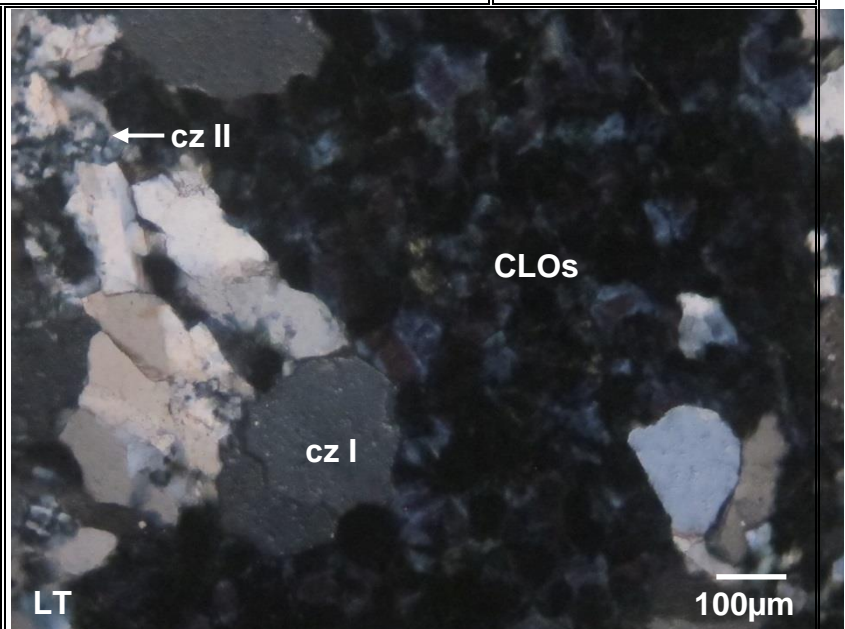
Fotografía 5.3 Descripción microscópica Muestra CM-2009, c) Pequeños cristales de oro nativo (Au) ingresando a través de las microfracturas de pirita (py), d) Agregados terrosos de arcillas (ARCs) alterando a los anfíboles (ANFs), junto a cloritas (CLOs), y englobando cristales de carbonatos (CBs).

FOTOMICROGRAFÍAS



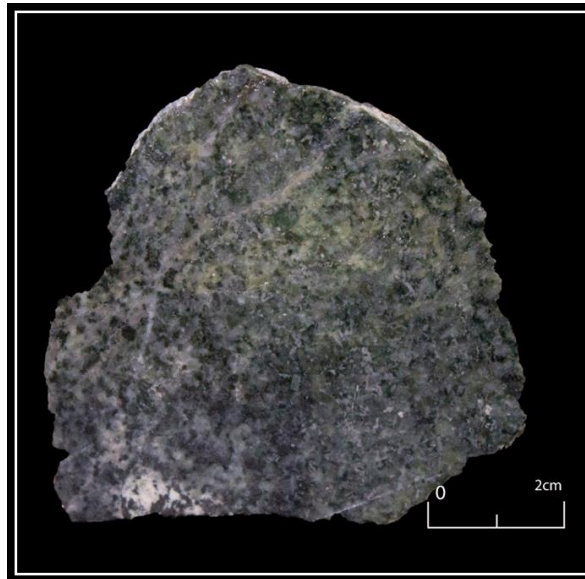
e) Agregados escamosos de sericita (ser) y cloritas (CLOs) ingresando a través de los intersticios de los agregados de cuarzo I (cz I).

f) Agregados de cuarzo I (cz I) invadidos a través de sus intersticios por agregados de cuarzo II (cz II) y cloritas (CLOs) escamosas.



Fotografía 5.4 Descripción microscópica Muestra CM-2009, e) Agregados escamosos de sericita (ser) y cloritas (CLOs) ingresando a través de los intersticios de los agregados de cuarzo I (cz I). f) Agregados de cuarzo I (cz I) invadidos a través de sus intersticio por agregados de cuarzo II (cz II) y cloritas (CLOs) escamosas.

4.1.2 Muestra CM-2010



Fotografía 5.5 Muestra CM-2010. Granodiorita compuesta de cuarzo, biotita, y plagioclasas, extraídas de la roca caja con textura fanerítica equigranular con presencia de alteración de tipo propilítica fuerte con minerales como cloritas, epidotas y calcita que se encuentra como relleno en los planos de falla y fracturas secundarias. Leves cantidades de calcopirita y posibles diseminaciones de oro.

4.1.2.1 Minerales primarios

No se observan minerales primarios

4.1.2.2 Minerales secundarios

El cuarzo I representa el 64% de abundancia con un tamaño de 6mm, agregados cristalinos con forma irregular, extinción ondulante y fuertemente fracturados que han sido invadidos a través de sus intersticios por agregados microescamosos de sericita, muscovita, calcopirita y covelita.

El cuarzo II Agregados de pequeños cristales irregulares que han ingresado a través de los intersticios a los agregados prismáticos de cuarzo I, fracturando a los cristales. Se encuentra acompañado de sericita microescamosa, muscovita y cloritas.

La sericita representa el 4% de abundancia con un tamaño de 0.1mm, agregados de cristales con formas microescamosas a fibrosas radiadas (tamaños <100 μ m) que junto a clarita han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo.

Las cloritas representan el 5% de abundancia con un tamaño menor al 0.02 mm, agregados de cristales escamosos que han ingresado a través de los intersticios y microfracturas de los agregados prismáticos de cuarzo.

La muscovita representa el 0.5% de abundancia con tamaños de 0.8 mm, cristales con forma tabular y flexionados que se encuentran en intersticios de los agregados de cuarzo acompañado de sericita.

La muestra presenta una textura de reemplazamiento, con alteraciones de silicificación intensa, cloritización y sericitización débil y oxidación muy débil.

En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Cuarzo	64	6
Sericita	4	0.1
Muscovita	0.5	0.8
Clorita	5	0.02
Pirita	15	1
Calcopirita	1	0.60
Bornita	Traza	0.01
Covelita	Traza	0.03
Calcosina	Traza	0.06
Oro nativo	Traza	0.09
Electrum	Traza	0.05
goethita	0.5	0.02

Tabla 5.2 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2010

4.1.2.3 Minerografía

La pirita representa el 15% de abundancia con tamaños de 1mm, agregados de cristales con formas irregulares que se encuentran fracturados y englobados por agregados de cuarzo, han sido reemplazados a través de sus bordes y microfracturas por calcopirita, covelita, calcosita, bornita, oro nativo y goethita.

La calcopirita representa el 1% de abundancia con un tamaño de 0.6 mm, cristales con forma irregular, presenten relictos de pirita y han sido reemplazados desde los bordes por agregados de covelita, calcosita, bornita y goethita. Algunos cristales presentes en las oquedades de pirita presentan inclusiones de Electrum.

Bornita pequeños cristales irregulares que han reemplazado desde los bordes a los cristales de calcopirita se encuentran reemplazados por covelita y calcosita.

Covelita: Cristales con formas irregulares que se encuentran intercrecidos con calcosita y reemplazan desde los bordes a calcopirita y bornita. Han ingresado a través de las oquedades y microfracturas de algunos cristales de pirita.

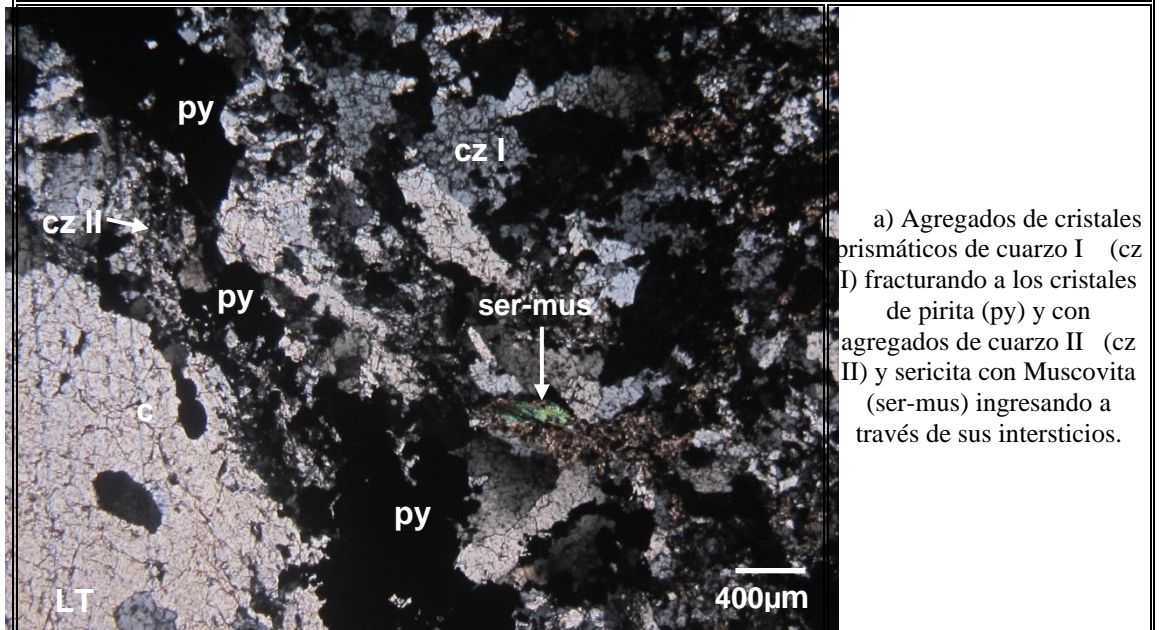
Calcosita: Cristales con formas irregulares que se encuentran asociados a calcosita; reemplazan desde los bordes a calcopirita y bornita. Se encuentran en oquedades y microfracturas de algunos cristales de pirita y cuarzo I.

Oro nativo: Cristales con formas irregulares que se encuentran en oquedades de pirita.

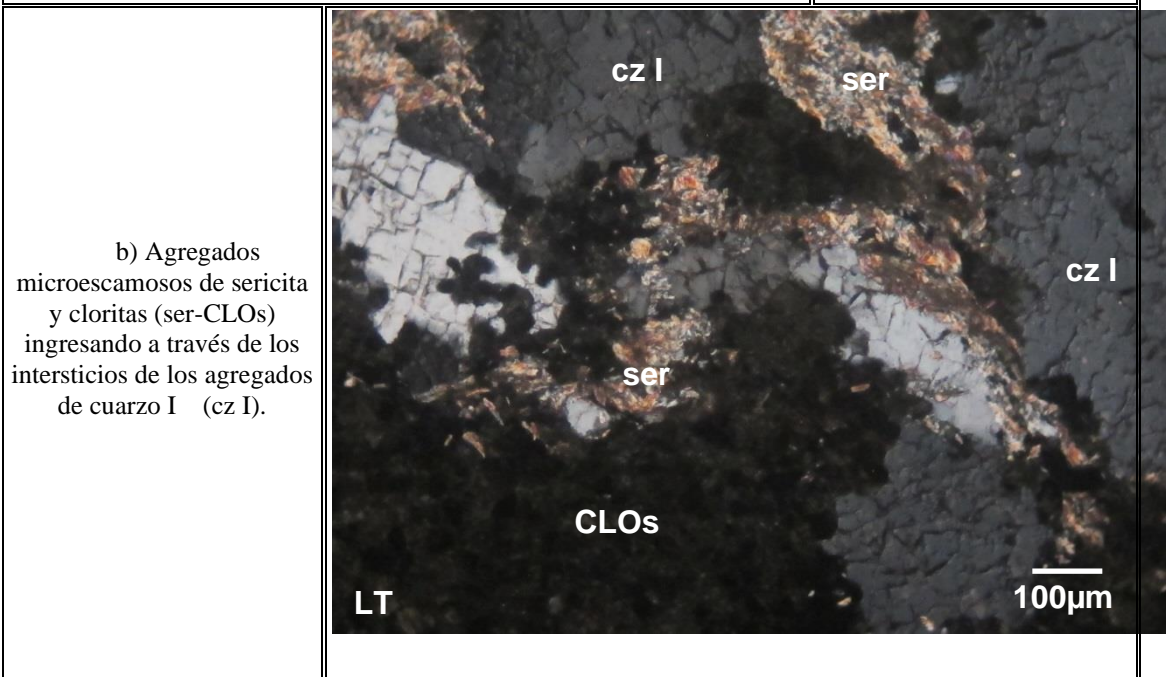
Electrum: Cristales con formas irregulares que se encuentran incluidos en calcopirita.

Goethita: Agregados de cristales con formas coloformes e irregulares que han reemplazado desde bordes y microfracturas a los cristales pirita y calcopirita. Por sectores se encuentran en intersticios de cuarzo I acompañado de covelita y calcosita.

FOTOMICROGRAFIAS



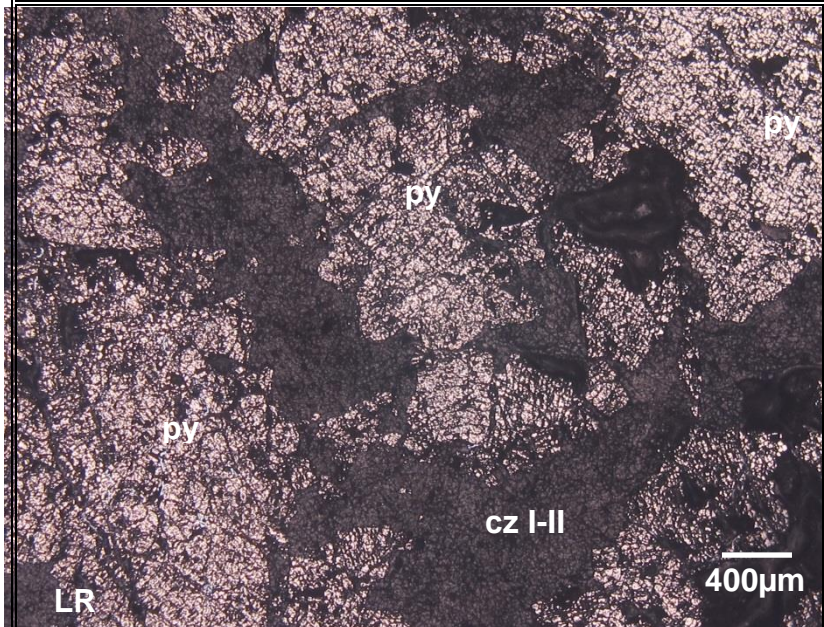
a) Agregados de cristales prismáticos de cuarzo I (cz I) fracturando a los cristales de pirita (py) y con agregados de cuarzo II (cz II) y sericita con Muscovita (ser-mus) ingresando a través de sus intersticios.



b) Agregados microescamosos de sericita y cloritas (ser-CLOs) ingresando a través de los intersticios de los agregados de cuarzo I (cz I).

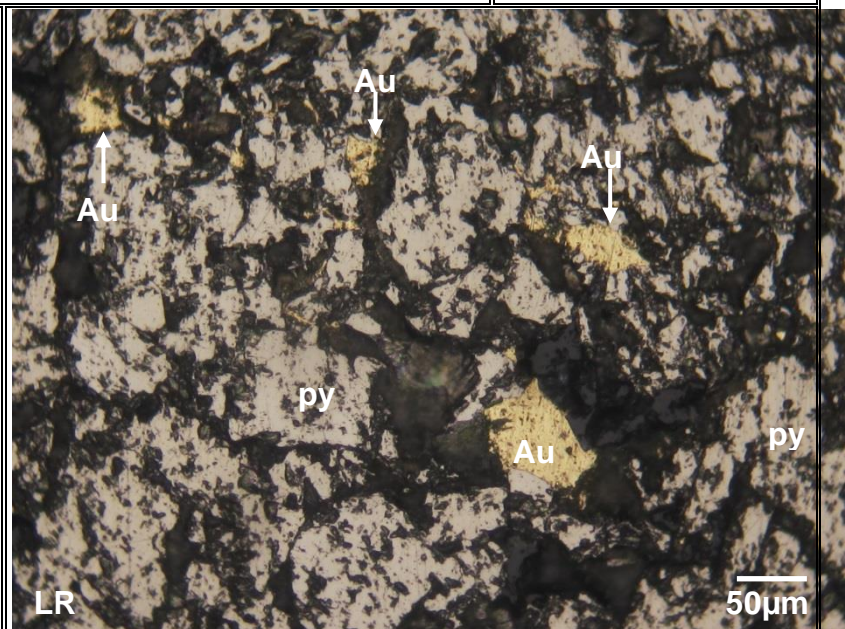
Fotografía 5.6 Descripción microscópica Muestra CM-2010, a) Agregados de cristales de cuarzo I fracturando a los cristales de pirita y con agregados de cuarzo II y sericita con Muscovita ingresando a través de sus intersticios. b) Agregados microescamosos de sericita y cloritas ingresando a través de los intersticios de los agregados de cuarzo I.

FOTOMICROGRAFÍAS



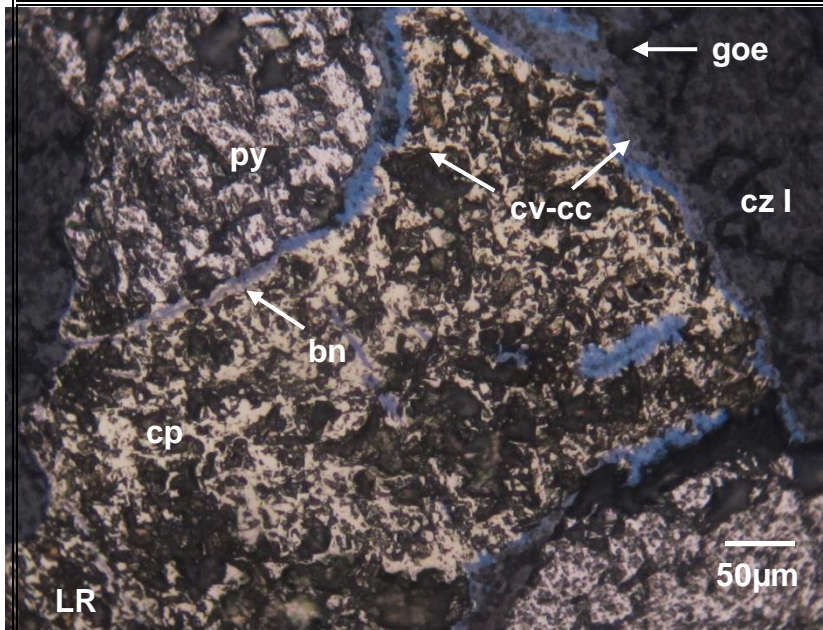
c) Agregados de cristales de pirita (py) invadidos y fracturados por agregados de cuarzo I y II (cz I-cz II).

d) Cristales irregulares de oro nativo (Au) en oquedades y microfracturas de pirita (py).



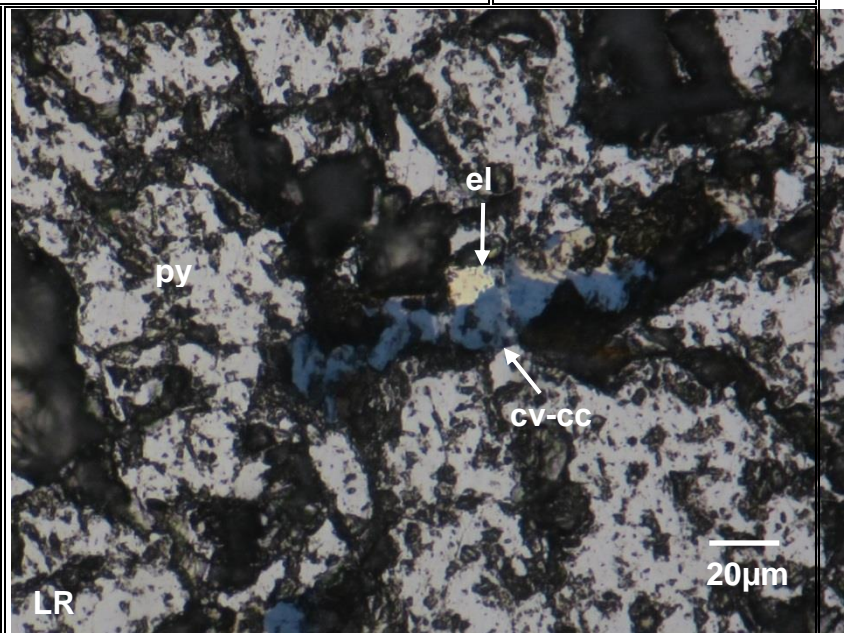
Fotografía 5.7 Descripción microscópica Muestra CM-2010, c) Agregados de cristales de pirita invadidos y fracturados por agregados de cuarzo I y II. d) Cristales irregulares de oro nativo (Au) en oquedades y microfracturas de pirita.

FOTOMICROGRAFÍAS



e) Calcopirita (cp) en intersticios de cuarzo I (cz I) con relictos de pirita y reemplazada desde los bordes por bornita (bn), covelita (cv), calcosita (cc) y goethita (goe).

f) Cristales irregulares de calcopirita (cp) en oquedades de pirita (py), reemplazados por covelita y calcosita (cv-cc), y con una inclusión de electrum (el).



Fotografía 5.8 Descripción microscópica Muestra CM-2010, e) Calcopirita en intersticios de cuarzo I con relictos de pirita y reemplazada desde los bordes por bornita, covelita, calcosita y goethita. f) Cristales irregulares de calcopirita en oquedades de pirita, reemplazados por covelita y calcosita, y con una inclusión de Electrum.

4.1.3 Muestra CM-2011



Fotografía 5.9 Muestra CM-2011. Granodiorita compuesta de cuarzo, biotita y plagioclasas extraída de la roca caja con textura fanerítica equigranular con presencia de alteración propilítica moderada con minerales como clorita y epidota.

4.1.3.1 Minerales primarios

Las plagioclasas representan el 26% de abundancia con tamaños de 2 mm, cristales tabulares, zonados, con macla polisintética y moderadamente alterados por agregados de sericita escamosa, epidota y carbonatos; con cuarzo en intersticios y oquedades que han sido rellenadas por cloritas. Algunos se encuentran como moldes intensamente alterados por sericita.

Anfíboles: Cristales tabulares, por algunas zonas con formas relícticas, maclados y alteradas por carbonatos, que han ingresado a través de los intersticios de las plagioclasas; algunos de mayor tamaño engloban a pequeños cristales de plagioclasas. Presenta cristales de cuarzo ingresando a través de cavidades; han sido reemplazados por biotita y presentan inclusiones de magnetita, pirita y covelita. Algunos cristales han sido cortados por finas venillas de epidota.

Los feldespatos potásicos representan el 11% con tamaño menores al 1.6 mm, cristales con formas irregulares que han sido alterados débilmente por sericita y arcillas; han ingresado a través de los intersticios de los cristales de plagioclasas,

anfíboles y biotitas, en ocasiones englobadas, presentan pequeñas inclusiones de magnetita con carbonato.

La biotita representa el 8% de abundancia con tamaño de 3.2 mm, cristales con formas tabulares e irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de plagioclasas; presentan relictos de anfíboles y han sido alterados por cloritas, epidota y carbonatos; presentan inclusiones de magnetita y zircón.

El cuarzo representa el 21% de abundancia con un tamaño de 1 mm, cristales con formas subredondeadas que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de plagioclasas y feldespatos potásicos.

4.1.3.2 Minerales secundarios

Los minerales de alteración como sericita se observa en agregados microescamosos a fibrosos radiados que han alterado moderadamente a las plagioclasas y débilmente a los feldespatos de potasio se encuentran en un 10% de abundancia, las epidotas presentes como cristales con formas irregulares que han alterado a los cristales de plagioclasas, biotita y anfíboles se encuentran en un 5% de abundancia, los carbonatos presentes en agregados microcristalinos con formas irregulares alterando a los cristales de plagioclasas, feldespatos de potasio y biotitas con abundancia de 3%. La muestra presenta una textura granular y con alteraciones de sericitización, cloritización, epidotización, carbonatación. En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Plagioclasas	26	2
Anfíboles	5	1.6
Biotita	8	3.2
Feldespatos de potasio	11	1.6
Cuarzo	21	1
Zircón	Traza	0.06
Sericita	10	0.15
Clorita	8	0.2
Epidota	5	0.5
Carbonatos	3	0.03
Arcillas	2.5	0.002
Magnetita	0.5	1
Pirita	Traza	0.034
Covelita	Traza	0.020
Hematita	traza	0.030

Tabla 5.3 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2011.

4.1.3.3 Minerografía

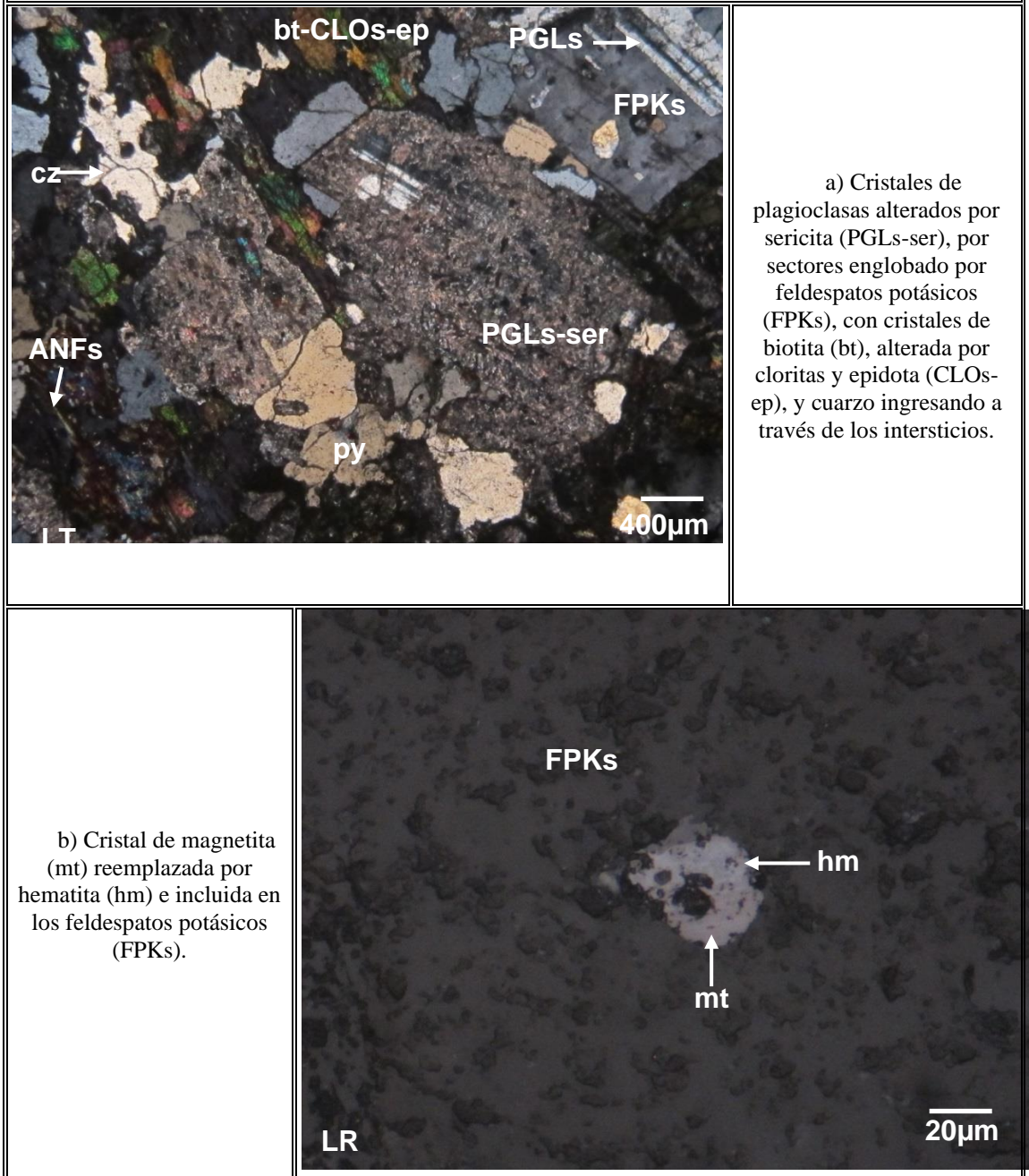
Magnetita: Agregados de cristales con formas irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de plagioclasas, anfíboles y biotita; asociado a cloritas, epidota y carbonatos. Algunos cristales han sido reemplazados por hematita.

Pirita: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran incluidos en los anfíboles.

Covelita: Diminutos cristales irregulares que se encuentran incluidos en los anfíboles.

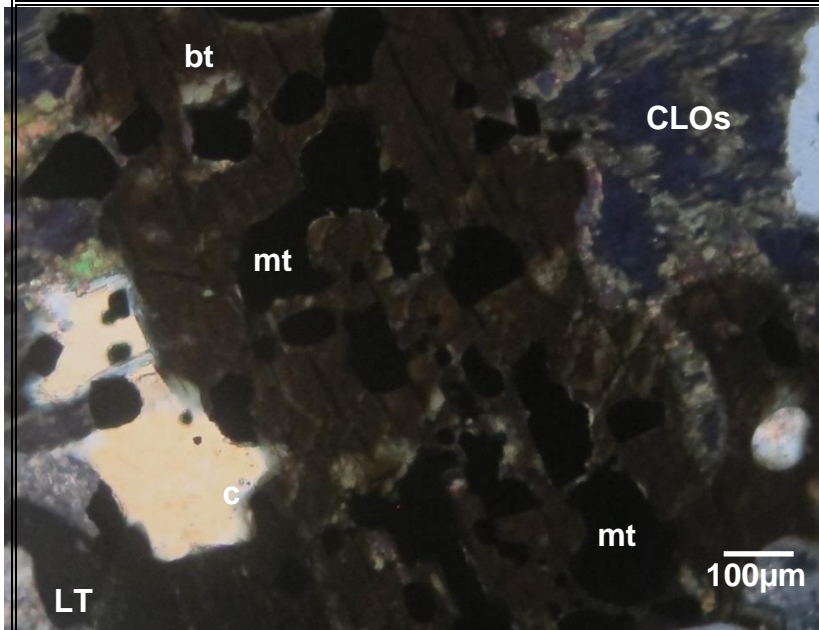
Hematita: Pequeños y escasos cristales con formas irregulares que han reemplazado desde bordes a magnetita.

FOTOMICROGRAFIAS



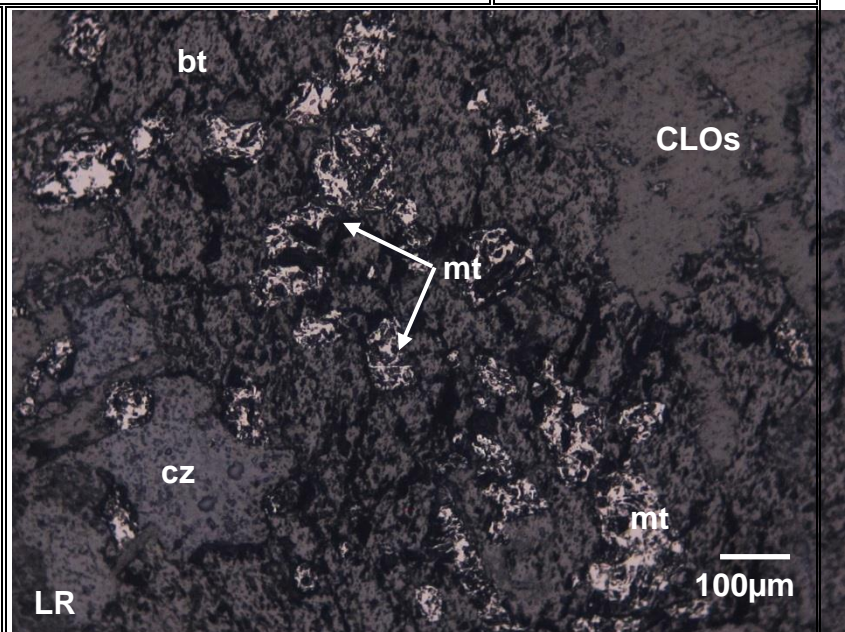
Fotografía 5.10 Descripción microscópica Muestra CM-2011, a) Cristales de plagioclasas alterados por sericita, por sectores englobado por feldespatos potásicos, con cristales de biotita, alterada por cloritas y epidota, y cuarzo ingresando a través de los intersticios, b) Cristal de magnetita reemplazada por hematita e incluida en los feldespatos potásicos.

FOTOMICROGRAFÍAS



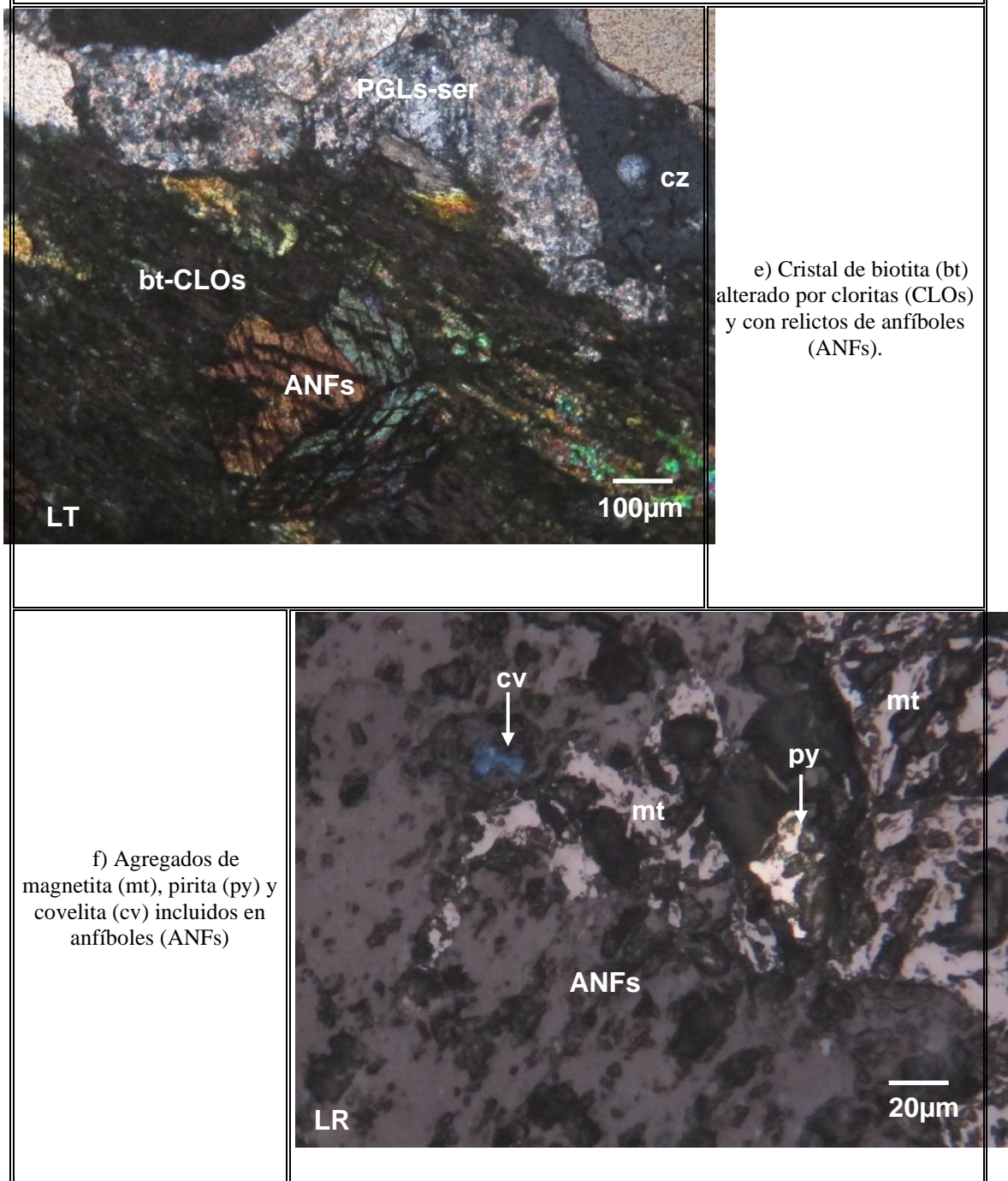
c) Cristal tabular de biotita (bt), invadido por cuarzo (cz), alterado por cloritas (CLOs) y con numerosas inclusiones de magnetita (mt).

d) Cristal tabular de biotita (bt), invadido por cuarzo (cz), alterado por cloritas (CLOs) y con numerosas inclusiones de magnetita (mt).



Fotografía 5.11 Descripción microscópica Muestra CM-2011, c) Cristal tabular de biotita invadido por cuarzo, alterado por cloritas y con numerosas inclusiones de magnetita, d) Cristal tabular de biotita, invadido por cuarzo, alterado por cloritas y con numerosas inclusiones de magnetita.

FOTOMICROGRAFIAS



Fotografía 5.12 Descripción microscópica Muestra CM-2011, e) Cristal de biotita (bt) alterado por cloritas (CLOs) y con relictos de anfíboles (ANFs), f) Agregados de magnetita (mt), pirita (py) y covelita (cv) incluidos en anfíboles (ANFs).

4.1.4 Muestra CM-2012



Fotografía 5.13 Muestra CM-2012. Granodiorita compuesta de cuarzo, biotita y plagioclasas con una textura fanerítica equigranular con presencia de alteración propilítica fuerte, presencia de minerales como la clorita, epidota y calcita rellanando fracturas secundarias. Leves cantidades de calcopirita y posibles disseminaciones de oro.

4.1.4.1 Minerales primarios

Moldes: De feldespatos con formas tabulares que han sido intensamente alterados por sericita I y débilmente por carbonatos; por sectores se encuentran englobados en los cristales de cuarzo I.

Moldes: De ferromagnesianos (posible biotita) con formas tabulares y de bordes corroídos por contacto con los agregados de sericita I. Se encuentran decolorados a muscovita y alterados por cloritas, carbonatos, arcillas y rutilo. Presentan cavidades por donde han ingresado agregados de cuarzo II; por sectores han sido cortados por agregados de pirita y arsenopirita.

El cuarzo I representa el 17% con un tamaño de 2.8 mm, cristales con forma irregular y de bordes corroídos por contacto con los agregados de sericita I, presentan inclusiones de moldes de ferromagnesianos (posible biotita) y feldespatos, completamente alterados por sericita I.

4.1.4.2 Minerales secundarios

La sericita I representa el 23% con tamaño de 0.2 mm, agregados de cristales con formas escamosas a fibrosas radiadas que han reemplazado intensamente a la roca protolito, acompañado de cuarzo II y alterado completamente a los moldes de feldespatos.

Muscovita: Agregados de cristales tabulares que han decolorado a los moldes de ferromagnesianos (posible biotita).

El cuarzo II representa el 2% y un tamaño de 0.21 mm, agregados de cristales con formas irregulares que han reemplazado débilmente a la roca protolito han ingresado a través de los clivajes de los moldes de ferromagnesianos.

Cuarzo III: Agregados de cristales con formas irregulares, fracturados y con extinción ondulante. Han ingresado a través de la vena, inicialmente rellena por pirita, cortando a toda la roca y por sectores asimilando moldes de ferromagnesianos y sericita I de la roca. A través de sus intersticios han ingresado agregados de sericita II, cloritas, carbonatos, arsenopirita y calcopirita.

La sericita II representa el 2% y un tamaño de 0.1 mm, agregados de cristales con formas fibrosas radiadas que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo III por sectores acompañada de cloritas.

Los minerales de alteración como cloritas se observan en agregados de cristales escamosos y fibrosos radiados que han alterado a los moldes de ferromagnesianos y han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo III, los carbonatos se encuentran como cristales con forma irregular que alteran a los moldes de ferromagnesianos y moldes de posibles feldespatos representan el 1.5% de abundancia. Presenta una textura granular con alteraciones de silicificación intensa, sericitización moderada, cloritización y carbonatación.

En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Moldes de feldespato	-	1
Moldes de ferromagnesianos	-	1.2
Cuarzo I	17	2.8
Sericita I	23	0.2
Muscovita	8	1
Cuarzo II	2	0.21
Cuarzo III	39	4
Sericita II	2	0.1
Cloritas	1.5	0.3
Carbonatos	1.5	0.2
Arcillas	2	0.002
Rutilo	1	0.1
Pirita	3	2.6
Arsenopirita	Traza	0.35
Calcopirita	Traza	0.2
Galena	Traza	0.02
Calcosita	Traza	0.1
covelita	Traza	0.008

Tabla 5.4 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2012.

4.1.4.3 Minerografía

Rutilo: Cristales con formas irregulares que han alterado a los moldes de ferromagnesianos (posible biotita).

Pirita: Cristales con formas cúbicas e irregulares que han ingresado a través de la vena y que posteriormente han sido invadidos, fracturados y englobados por los agregados de cuarzo III; en algunas zonas se encuentran incluidas en los cristales de carbonatos, presentan cavidades que han sido rellenadas por calcopirita y galena.

Arsenopirita: cristales con formas rómbicas e irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los agregados de cuarzo III.

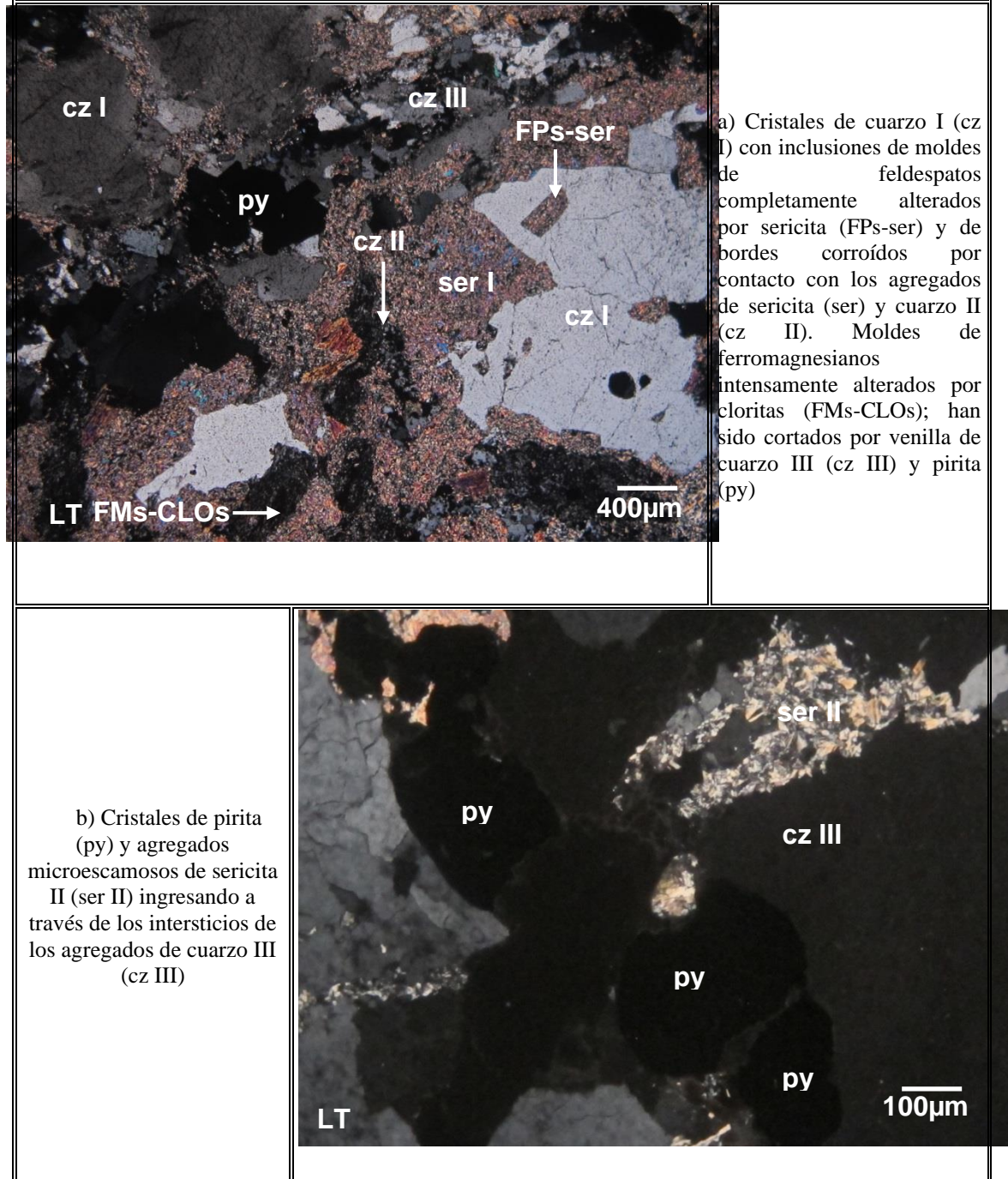
Calcopirita: Pequeños y escasos cristales con formas irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de cuarzo III y pirita; en ocasiones incluida en carbonatos. Se encuentran reemplazados desde los bordes por calcosita.

Galena: Pequeños y escasos cristales con formas irregulares que han ingresado por las oquedades de pirita.

Calcosita: Diminutos cristales irregulares que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo III; presentan relictos de calcopirita.

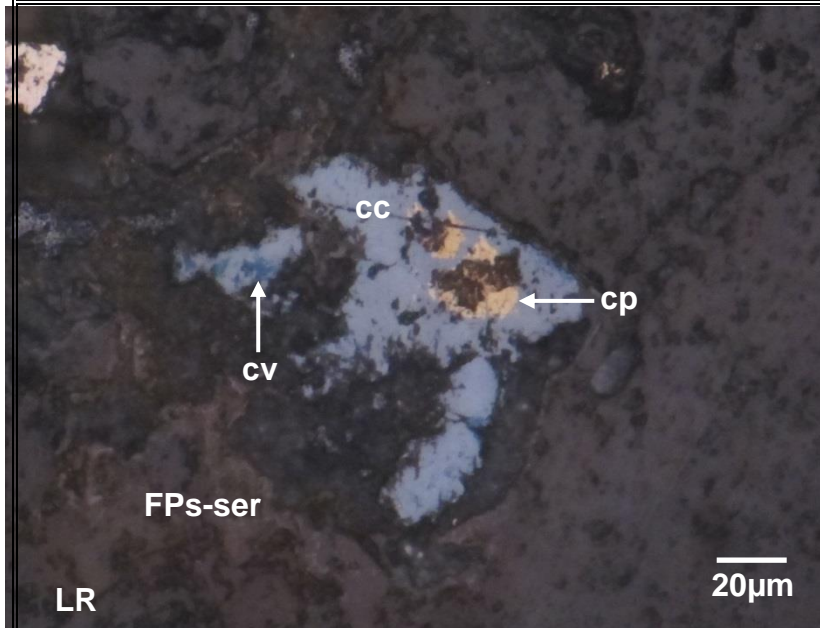
Covelita: Pequeños cristales con formas irregulares que se encuentran intercrecidos con calcosita reemplazando a calcopirita.

FOTOMICROGRAFIAS



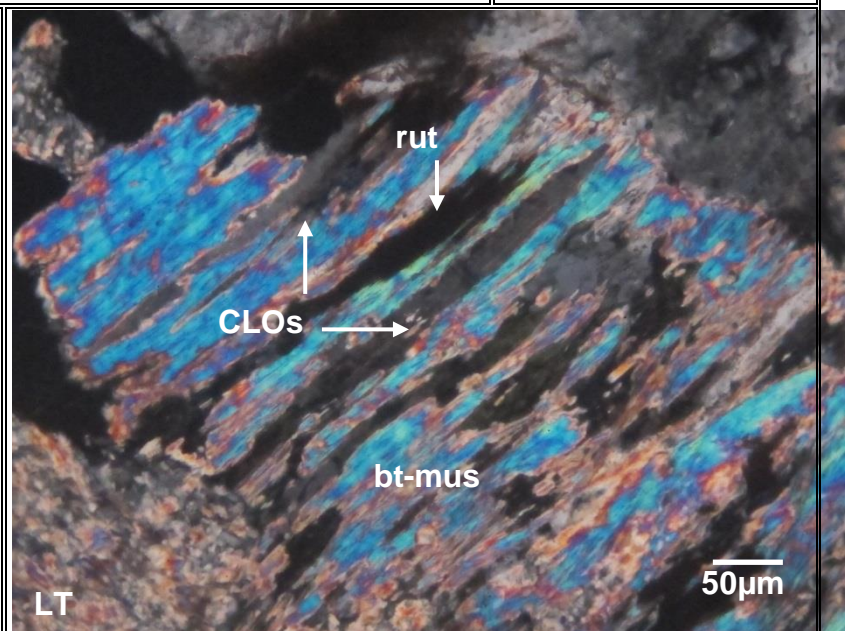
Fotografía 5.14 Descripción microscópica Muestra CM-2012, a) Cristales de cuarzo I (cz I) con inclusiones de moldes de feldspatos completamente alterados por sericita (FPs-ser) y de bordes corroídos por contacto con los agregados de sericita (ser) y cuarzo II (cz II). Moldes de ferromagnesianos intensamente alterados por cloritas (FMs-CLOs); han sido cortados por venilla de cuarzo III (cz III) y pirita (py), b) Cristales de pirita (py) y agregados microescamosos de sericita II (ser II) ingresando a través de los intersticios de los agregados de cuarzo III (cz III) .

FOTOMICROGRAFIAS



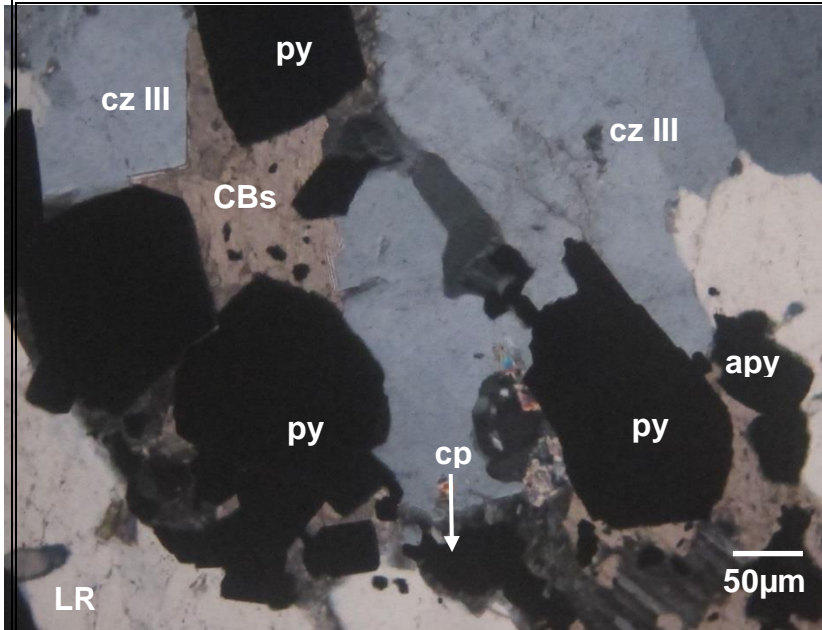
c) Cristales de calcosita (cc) intercrecida con covelita (cv) y con relictos de calcopirita (cp); ingresando a través de los intersticios de los feldespatos alterados por sericita (FPs-ser)

d) Cristal de biotita (bt) decolorada a muscovita (mus) y alterada por biotita (bt) y rutilo (rut).



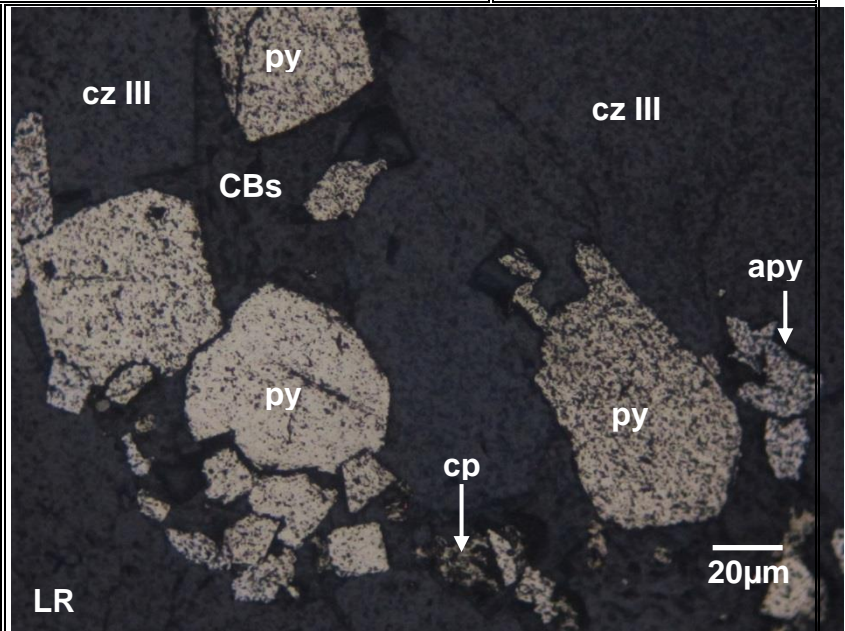
Fotografía 5.15 Descripción microscópica Muestra CM-2012, c) Cristales de calcosita (cc) intercrecida con covelita (cv) y con relictos de calcopirita (cp); ingresando a través de los intersticios de los feldespatos alterados por sericita (FPs-ser), d) Cristal de biotita (bt) decolorada a muscovita (mus) y alterada por biotita (bt) y rutilo (rut).

FOTOMICROGRAFIAS



e) Agregados de pirita (py), calcopirita (cp) y arsenopirita (apy) ingresando a través de los intersticios de cuarzo III (cz III) y carbonatos (CBs).

f) Agregados de pirita (py), calcopirita (cp) y arsenopirita (apy) ingresando a través de los intersticios de cuarzo III (cz III) y carbonatos (CBs).



Fotografía 5.16 Descripción microscópica Muestra CM-2012, e) Agregados de pirita (py), calcopirita (cp) y arsenopirita (apy) ingresando a través de los intersticios de cuarzo III (cz III) y carbonatos (CBs), f) Agregados de pirita (py), calcopirita (cp) y arsenopirita (apy) ingresando a través de los intersticios de cuarzo III (cz III) y carbonatos (CBs).

4.1.5 Muestra CM-2013



Fotografía 5.17 Muestra CM-2013. Muestra de veta con presencia de minerales como cuarzo proveniente del primer fluido hidrotermal, un segundo fluido de pirita con posibles disseminaciones de oro y calcopirita en menor cantidad.

4.1.5.1 Minerales primarios

Moldes: De ferromagnesianos (posible biotita) con formas tabulares y flexionados que han sido decolorados a muscovita y alterados por cloritas, arcillas y rutilo.

Cuarzo I: Cristales con formas irregulares, extinción ondulante (producto de la deformación) y de bordes corroídos por contacto con los agregados de sericita I; presentan cavidades por donde han ingresado agregados de carbonatos y cloritas. Han sido cortados y fragmentados por los agregados de cuarzo III que han ingresado a través de las venas.

Zircón: Cristales con formas prismáticas y de bordes subredondeadas que se encuentran en intersticios de sericita I.

4.1.5.2 Minerales secundarios

La Sericita I representa el 7% de abundancia y un tamaño 0.2 mm, agregados de cristales con forma escamosa a fibrosa radiada que han reemplazado intensamente a la roca protolito, acompañado de cuarzo II. Han corroído a cristales de cuarzo I.

Muscovita: Agregados de cristales tabulares que han decolorado a los moldes de ferromagnesianos (posible biotita).

El Cuarzo II presente en pequeñas trazas y tamaño de 0.1 mm, cristales con forma irregular que han reemplazado débilmente a la roca protolito.

La sericita II representa el 1% tamaño 0.007 mm, agregados de cristales con forma fibrosa radiada que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo III, por sectores acompañada de cloritas.

Cuarzo III representa el 50% y un tamaño 1.2 mm, agregados de cristales con forma irregular, fracturados y con extinción ondulante. Han ingresado a través de venas, acompañado de pirita cortando a toda la roca. En sus intersticios han ingresado sericita II, clorita, calcopirita, galena, calcosita y covelita.

Los minerales de alteración como la clorita se observan como agregados de cristales escamosos a fibrosos radiados que han alterado a los moldes de ferromagnesianos, los carbonatos se muestran como cristales con formas irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los agregados de cuarzo II asociados a calcopirita, galena, calcosita y covelita.

Presenta una textura granular con alteración de silicificación intensa, sericitización, cloritización y carbonatación débil. En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Moldes de ferromagnesianos	-	0.6
Cuarzo I	4	1
Zircón	Traza	0.15
Sericita I	7	0.2
Muscovita	2	0.4
Cuarzo II	Traza	0.1
Cuarzo III	50	1.2
Sericita II	1	0.007
Clorita	5	0.1
Carbonatos	1	0.15
Pirita	30	4
Calcopirita	Traza	0.2
Galena	Traza	0.02
Calcosita	Traza	0.04
Covelita	Traza	0.06
Electrum	Traza	0.2

Tabla 5.5 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2013.

4.1.5.3 Minerografía

Pirita: Cristales con formas cubicas e irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los agregados de cuarzo III. Algunos cristales han sido cortados por finas venillas rellenas de carbonatos. Han sido invadidas a partir de oquedades y microfracturas por agregados de cloritas, sericita II, calcopirita, covelita y Electrum.

Calcopirita: Cristales con formas irregulares que se encuentran asociados a los carbonatos relleno intersticios en los agregados de cuarzo III; presentan relictos de pirita y han sido reemplazados por galena, covelita y calcosita. Por sectores han ingresado a través de las microfracturas de pirita donde se observan con inclusiones de Electrum.

Galena: Pequeños cristales con formas irregulares que han ingresado a través de los intersticios de los agregados de cuarzo III asociado a los carbonatos;

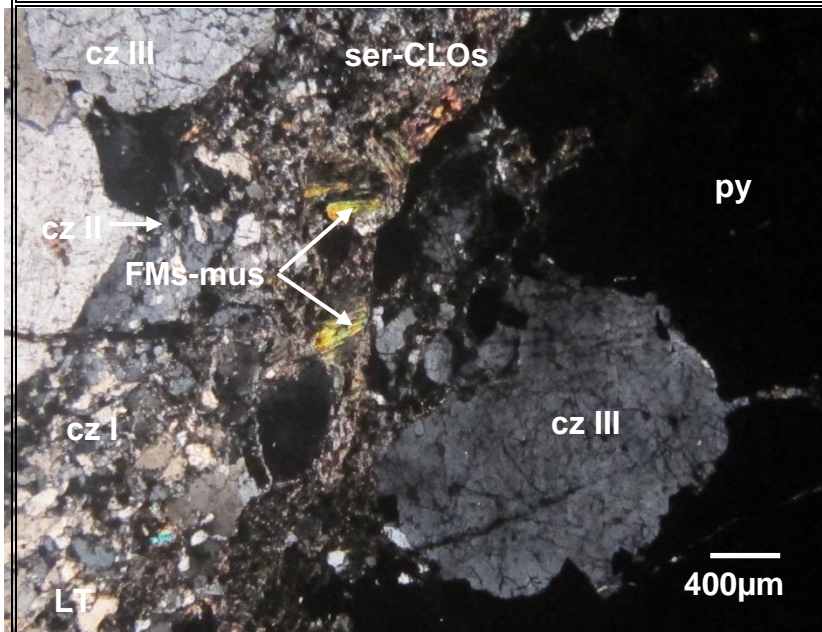
presentan relictos de calcopirita y se encuentran reemplazados desde los bordes por covelita y calcosita.

Calcosita: Diminutos cristales irregulares que han ingresado por los intersticios de los agregados de cuarzo III asociado a carbonato; han reemplazando a pirita, calcopirita y galena.

Covelita: Pequeños cristales con formas irregulares presentes en los intersticios de los agregados de cuarzo III asociado a los carbonatos; han reemplazando a pirita, calcopirita y galena; además, se encuentra intercrecida con calcosita.

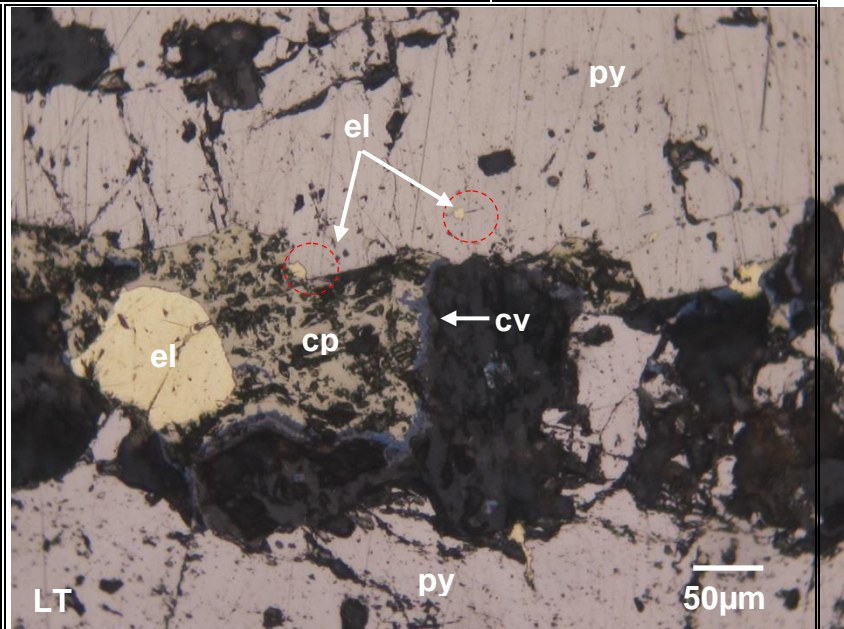
Electrum: Cristales con formas irregulares que han ingresado a través de las microfracturas de pirita; también, se encuentran como inclusiones en algunos cristales de calcopirita.

FOTOMICROGRAFÍAS



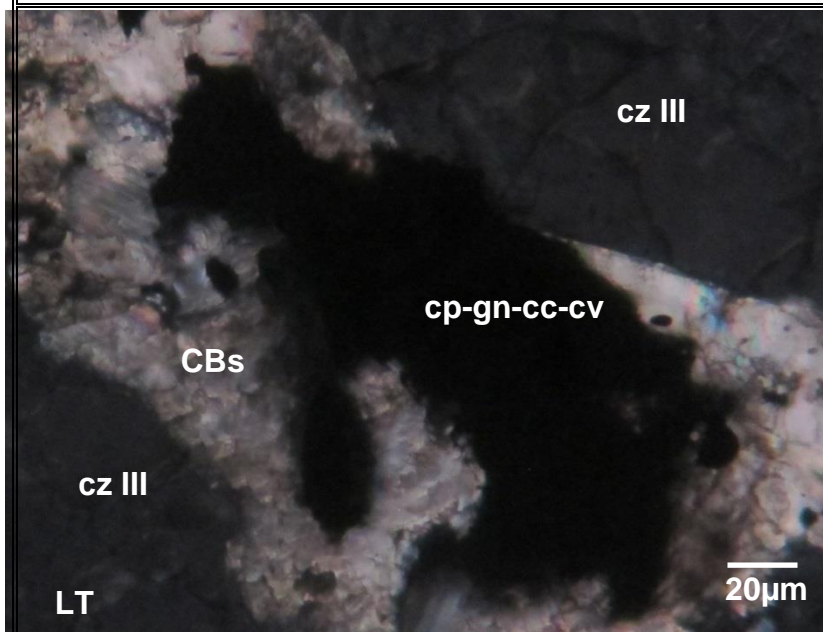
a) Cristales de cuarzo III ingresando a través de venas junto con pirita (py); con relictos de sericita (ser), cloritas (CLOs) y moldes de ferromagnesianos decolorados a muscovita (FMs-mus) de la roca protolito.

b) Cristales de calcopirita (cp) reemplazada desde los bordes por covelita (cv) con inclusiones de electrum (el) relleno de cavidades en pirita (py).



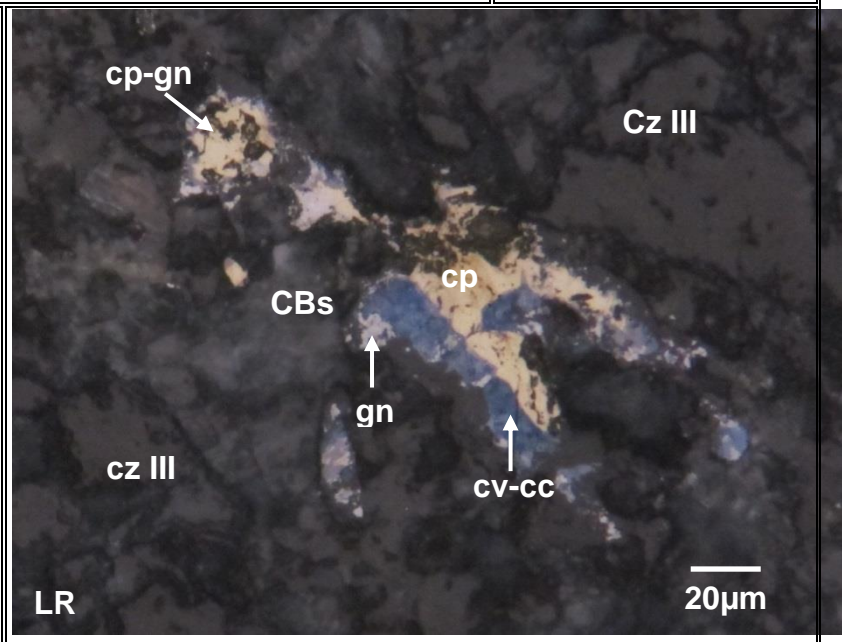
Fotografía 5.18 Descripción microscópica Muestra CM-2013, a) Cristales de cuarzo III ingresando a través de venas junto con pirita (py); con relictos de sericita (ser), cloritas (CLOs) y moldes de ferromagnesianos decolorados a muscovita (FMs-mus) de la roca protolito, b) Cristales de calcopirita (cp) reemplazada desde los bordes por covelita (cv) con inclusiones de electrum (el) relleno de cavidades en pirita (py).

FOTOMICROGRAFÍAS



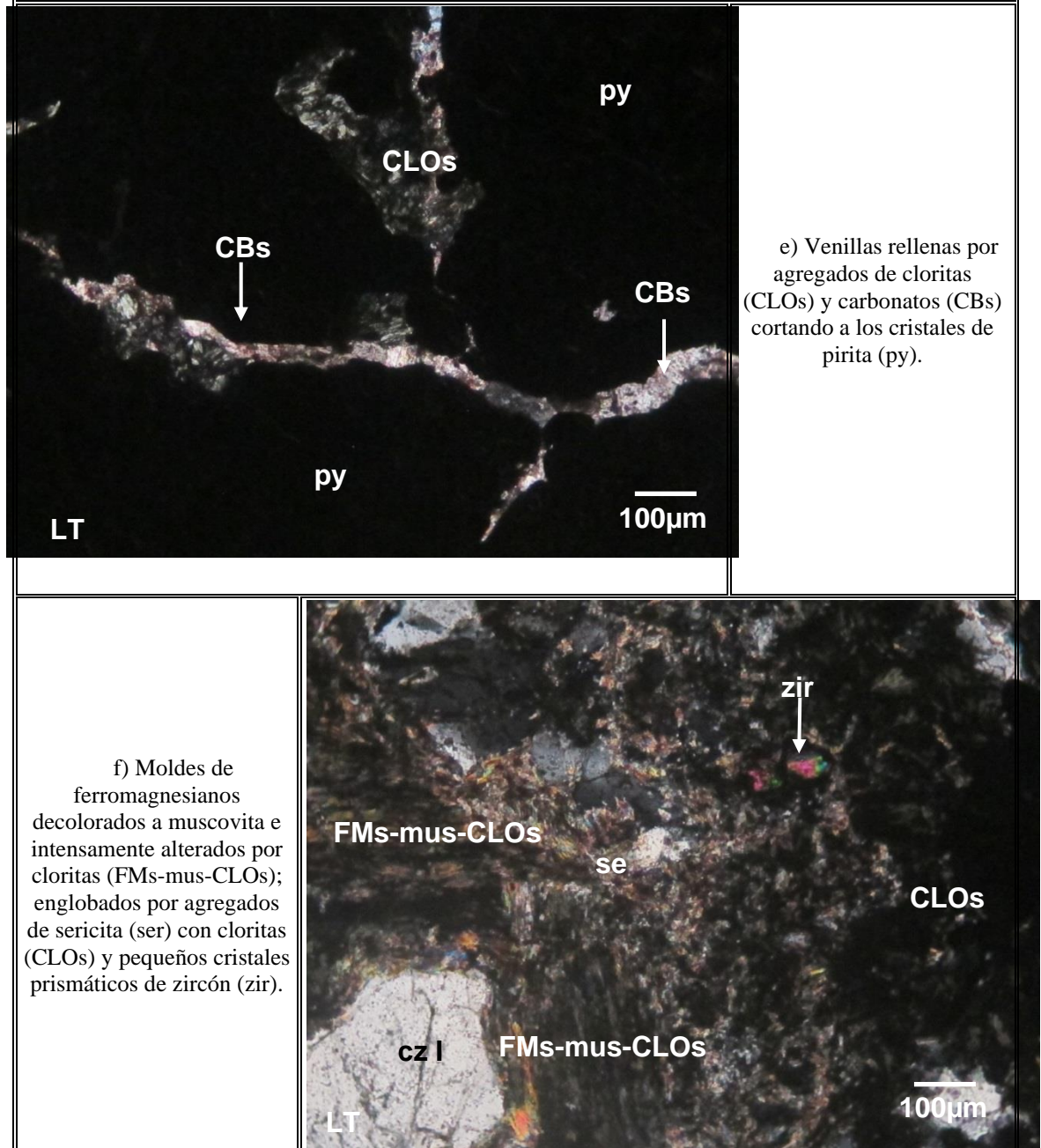
c) Cristales de calcopirita (cp) reemplazadas por galena (gn) covelita (cv) y calcosita (cc); e incluidas en los carbonatos (CBs) presentes en los intersticios de cuarzo III (cz III).

d) Cristales de calcopirita (cp) reemplazadas por galena (gn) covelita (cv) y calcosita (cc); e incluidas en los carbonatos (CBs) presentes en los intersticios de cuarzo III (cz III).



Fotografía 5.19 Descripción microscópica Muestra CM-2013, c) Cristales de calcopirita (cp) reemplazadas por galena (gn) covelita (cv) y calcosita (cc); e incluidas en los carbonatos (CBs) presentes en los intersticios de cuarzo III (cz III), d) Cristales de calcopirita (cp) reemplazadas por galena (gn) covelita (cv) y calcosita (cc); e incluidas en los carbonatos (CBs) presentes en los intersticios de cuarzo III (cz III).

FOTOMICROGRAFIAS



Fotografía 5.20 Descripción microscópica Muestra CM-2013, e) Venillas rellenas por agregados de cloritas (CLOs) y carbonatos (CBs) cortando a los cristales de pirita (py), f) Moldes de ferromagnesianos decolorados a muscovita e intensamente alterados por cloritas (FMs-mus-CLOs); englobados por agregados de sericita (ser) con cloritas (CLOs) y pequeños cristales prismáticos de zircón (zir).

4.1.6 Muestra CM-2014



Fotografía 5.21 Muestra CM-2014. Muestra de veta con presencia de minerales como cuarzo masivo, hematita, goethitas y jarositas con una fuerte alteración hematítica.

4.1.6.1 Minerales primarios

No se observa cristales primarios.

4.1.6.2 Minerales secundarios

Cuarzo I representa 85% de abundancia y tamaño 4.5 mm, agregados de cristales con forma prismática a irregular, se observa con contacto suturados entre si y han sido invadidos por pequeños cristales de cuarzo II que han ingresado por intersticios y microfracturas además por sectores ingresan agregados terrosos de goethita, también por intersticios y fracturas.

Cuarzo II representa 13% de abundancia y tamaño 0.3 mm, agregados de pequeños cristales con forma irregular han fracturado e ingresado por los intersticios y fracturas de los agregados de grandes cristales de cuarzo I en ocasiones fracturándolos y atrapándolos en sus intersticios.

La jarosita presente como agregados fibrosos han ingresado a través de los intersticios de los grandes cristales de cuarzo I, acompañado de goethita. La alteración principal es la oxidación débil.

En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

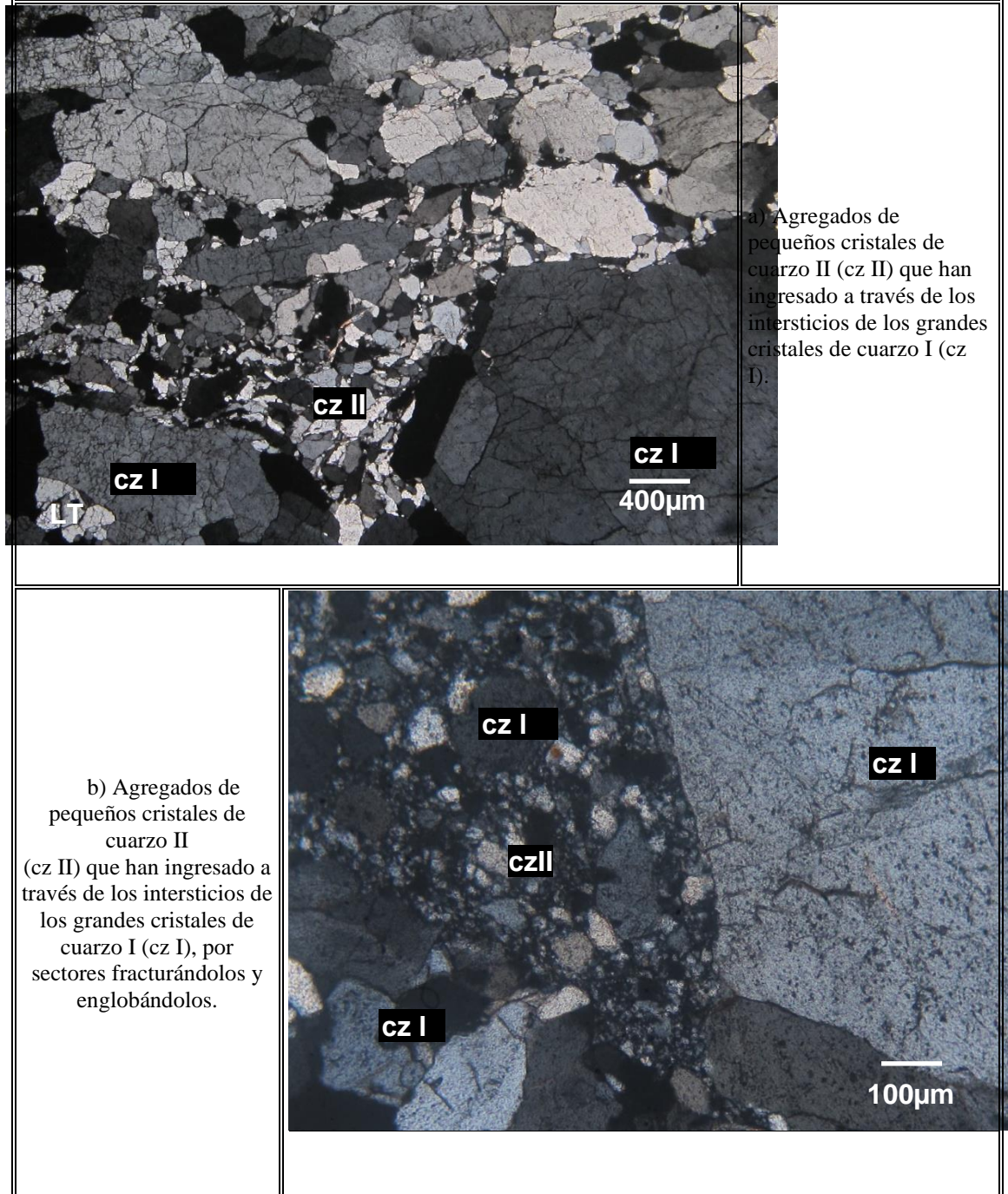
Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Cuarzo I	85	4.5
Cuarzo II	13	0.3
Goethita	1	0.03
Jarosita	1	0.1

Tabla 5.6 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2014

4.1.6.3 Minerografía

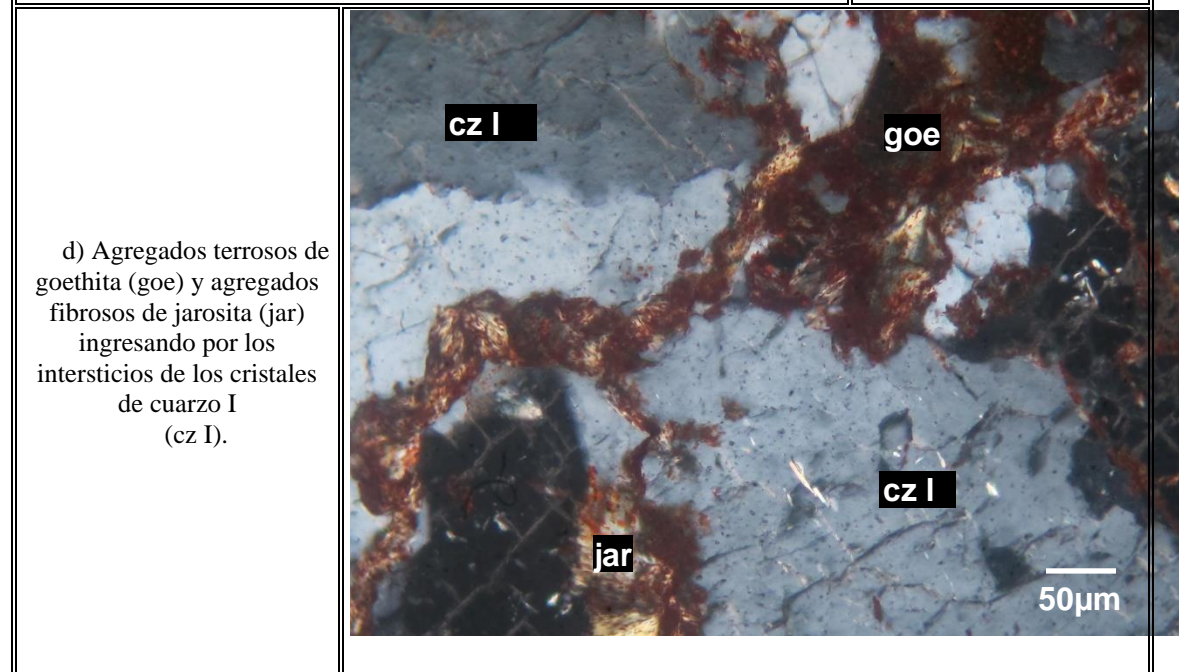
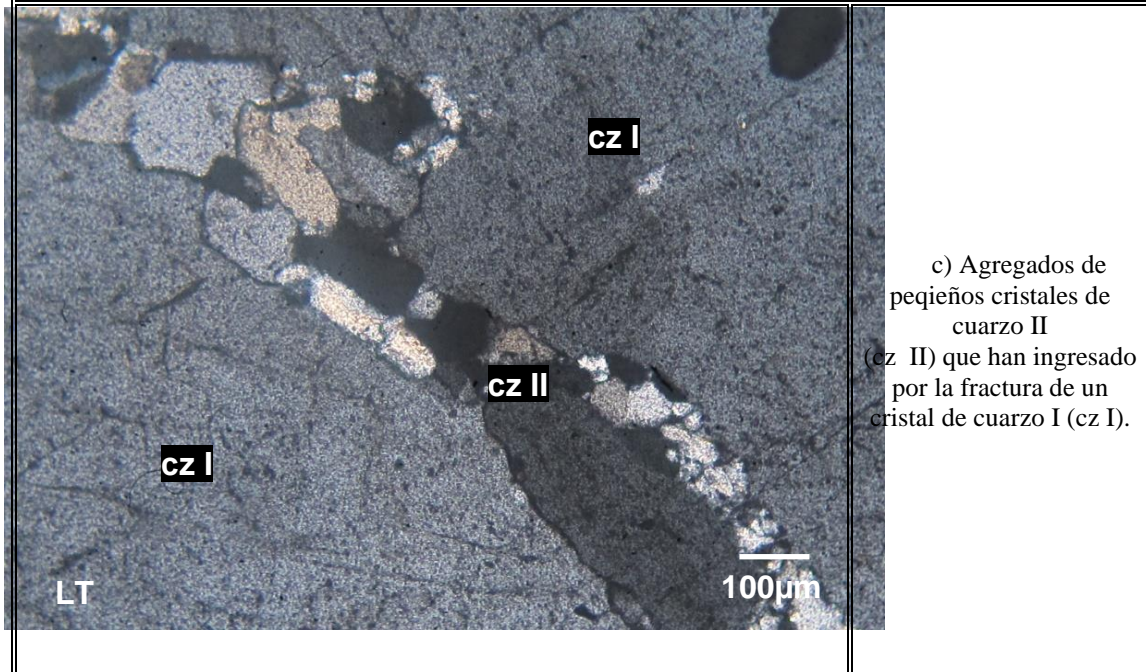
Goethita: Agregados terrosos. Han ingresado a través de los intersticios y fracturas de los grandes cristales de cuarzo I y de los pequeños cristales de cuarzo II.

FOTOMICROGRAFÍAS



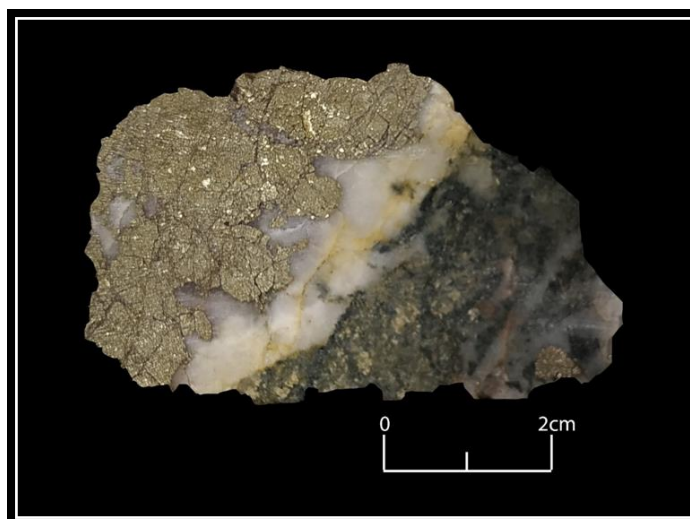
Fotografía 5.22 Descripción microscópica Muestra CM-2014, a) Agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II) que han ingresado a través de los intersticios de los grandes cristales de cuarzo I (cz I), b) Agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II) que han ingresado a través de los intersticios de los grandes cristales de cuarzo I (cz I), por sectores fracturándolos y englobándolos.

FOTOMICROGRAFIAS



Fotografía 5.23 Descripción microscópica Muestra CM-2014, c) Agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II) que han ingresado por la fractura de un cristal de cuarzo I (cz I), d) Agregados terrosos de goethita (goe) y agregados fibrosos de jarosita (jar) ingresando por los intersticios de los cristales de cuarzo I (czI).

4.1.7 Muestra CM-2015



Fotografía 5.24 Muestra CM-2015. Tomada de veta con presencia de cuarzo proveniente del primer fluido hidrotermal, la pirita corresponde a un segundo pulso rellenando fracturas.

4.1.7.1 Minerales primarios

Cuarzo I: Cristales con formas irregulares (800). Ubicados en intersticios de cristales tabulares de posibles feldespatos completamente alterados por agregados de sericita y muscovita. Han sido cortados por venas rellenas por cuarzo II. En algunas zonas han sido cortados por fracturas rellenas por cloritas y arcillas. (15)

Moldes: De cristales con formas tabulares (1600). De posibles feldespatos que han sido completamente alterados por agregados microescamosos de sericita y en ocasiones también cristales de muscovita. Presentan en sus intersticios cristales de cuarzo I. Han sido cortados por venas rellenas por agregados de cristales de cuarzo II. Por sectores han sido cortados por fracturas rellenas por cloritas y arcillas que también han ingresado a través de sus intersticios. Además han ingresado cristales de pirita y rutilo a través de sus intersticios.

Moldes: De cristales con formas tabulares de posibles ferromagnesianos completamente alterados por muscovita.

4.1.7.2 Minerales secundarios

La sericita representa el 29% de abundancia con tamaño 0.1 mm, agregados microescamosos han alterados completamente a moldes de cristales tabulares de posibles feldespatos en ocasiones se aprecian junto con cristales de muscovita.

Muscovita: Cristales con formas tabulares. Aparecen asociados con sericita como alteración completa de cristales tabulares de posibles feldespatos. Además han alterado completamente a posibles ferromagnesianos. También han sido cortados por las finas fracturas rellenas por cloritas y arcillas.

El cuarzo II representa el 40% de abundancia con tamaño 7.4 mm, agregados de cristales con forma irregulares y contactos suturados han ingresado como relleno de venas, cortando a los moldes de cristales alterados por sericita y a los cristales de cuarzo I presentan cristales de pirita en sus intersticios.

Los minerales de alteración como la clorita se encuentran en un 10%, agregado microfibrroso asociados con sericita que han ingresado como relleno de fracturas cortando a los cristales de cuarzo I y a los moldes de posibles feldespatos alterados por sericita.

Presentan una textura granular y alteración de sericitización y cloritización moderada.

En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Cuarzo I	15	0.8
Moldes de posibles feldespatos	-	1.6
Moldes de posibles ferromagnesianos	-	1
Sericita	29	0.1
Moscovita	3	0.4
Cuarzo II	40	7.4
Arcillas	1	0.03
Cloritas	10	0.15
Pirita	2	1
Rutilo	Traza	0.1

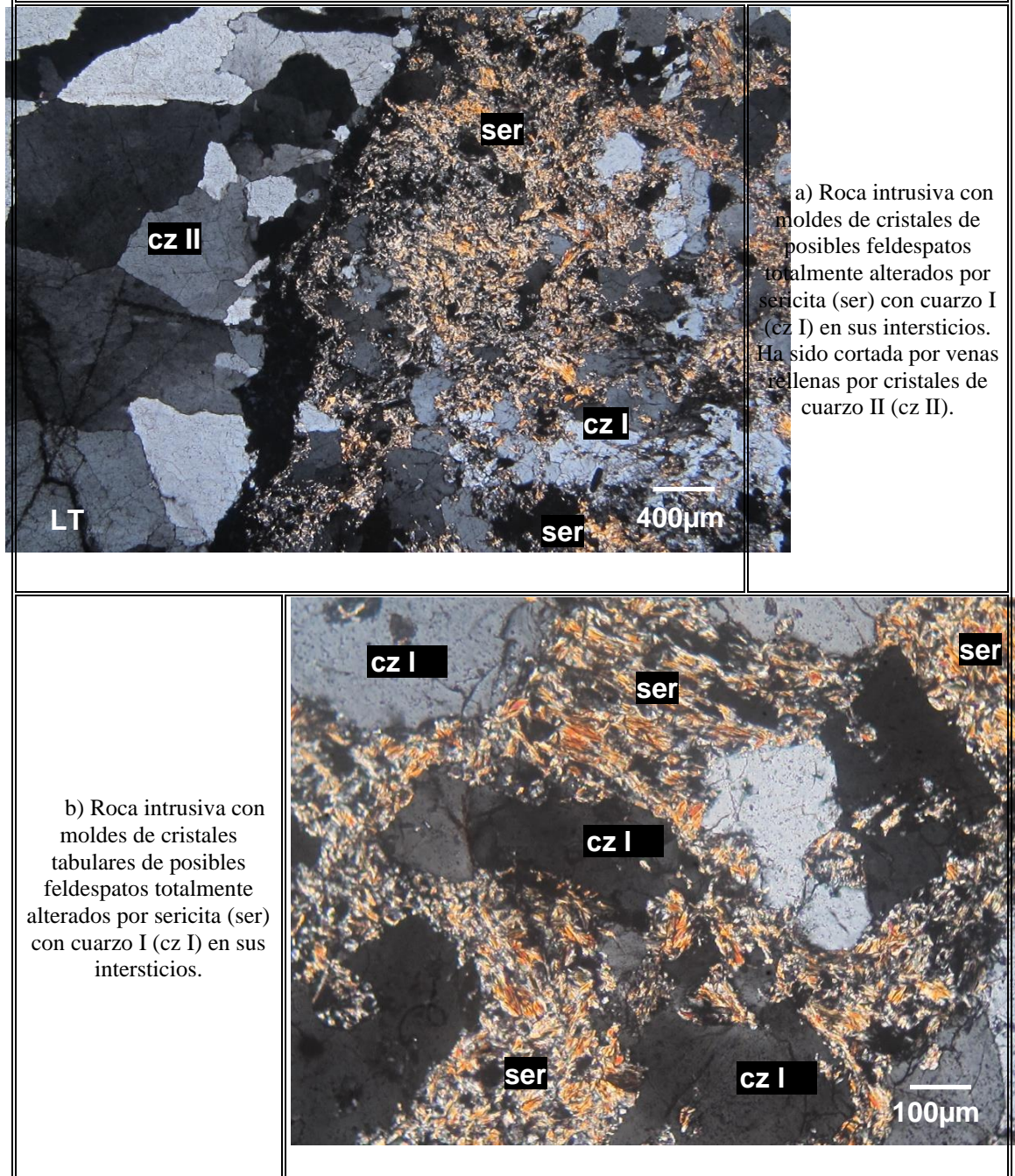
Tabla 5.7 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2015.

4.1.7.3 Minerografía

Pirita: Cristales con formas irregulares. Presentes en intersticios de los cristales de cuarzo II que rellenan venas. Además, han ingresado a través de los intersticios de los cristales cuarzo I y de los moldes de posibles feldespatos alterados por sericita.

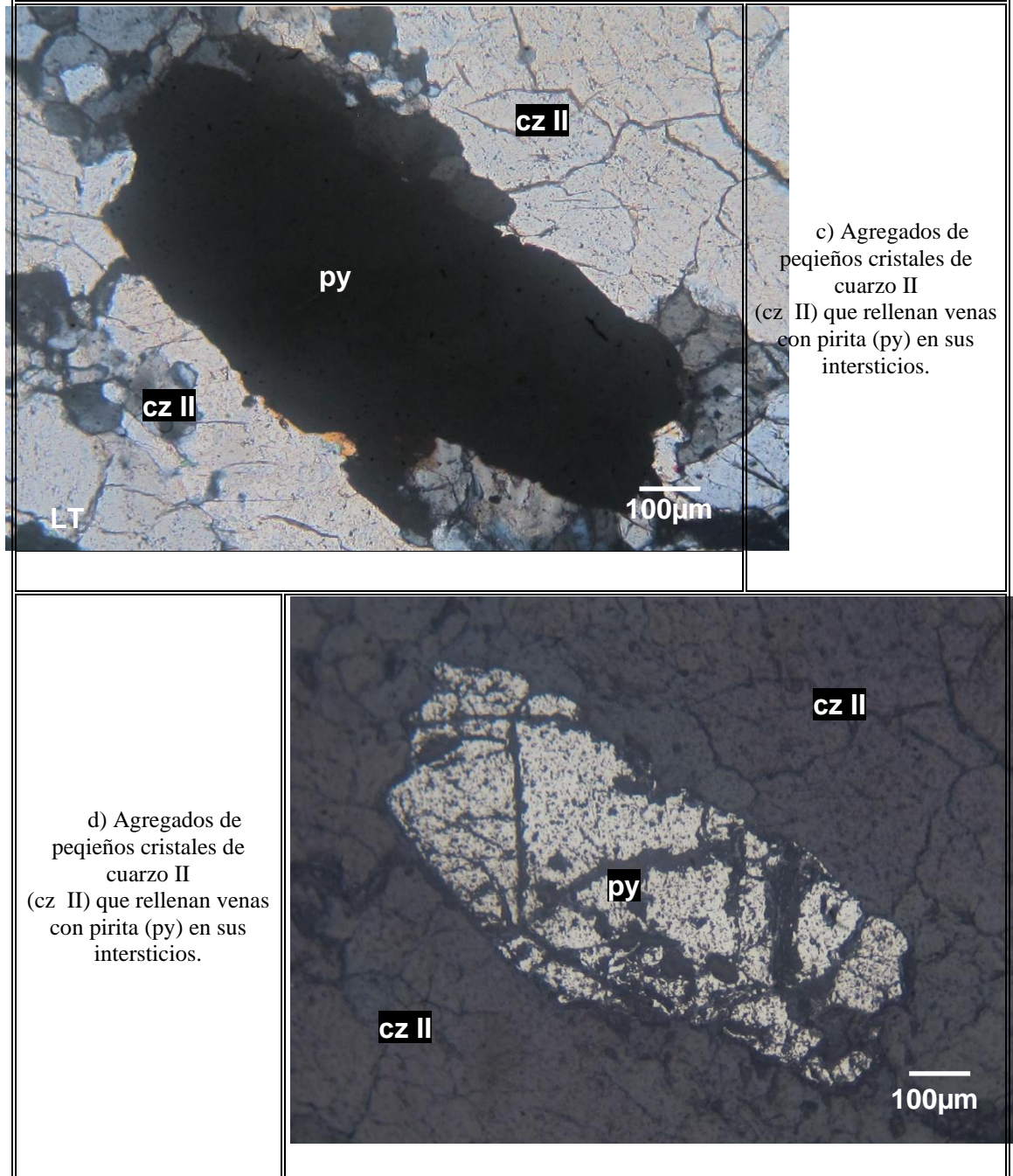
Rutilo: Pequeños cristales con formas irregulares. Se encuentran en intersticios de los cristales de cuarzo I y de los cristales tabulares de los posibles feldespatos

FOTOMICROGRAFÍAS



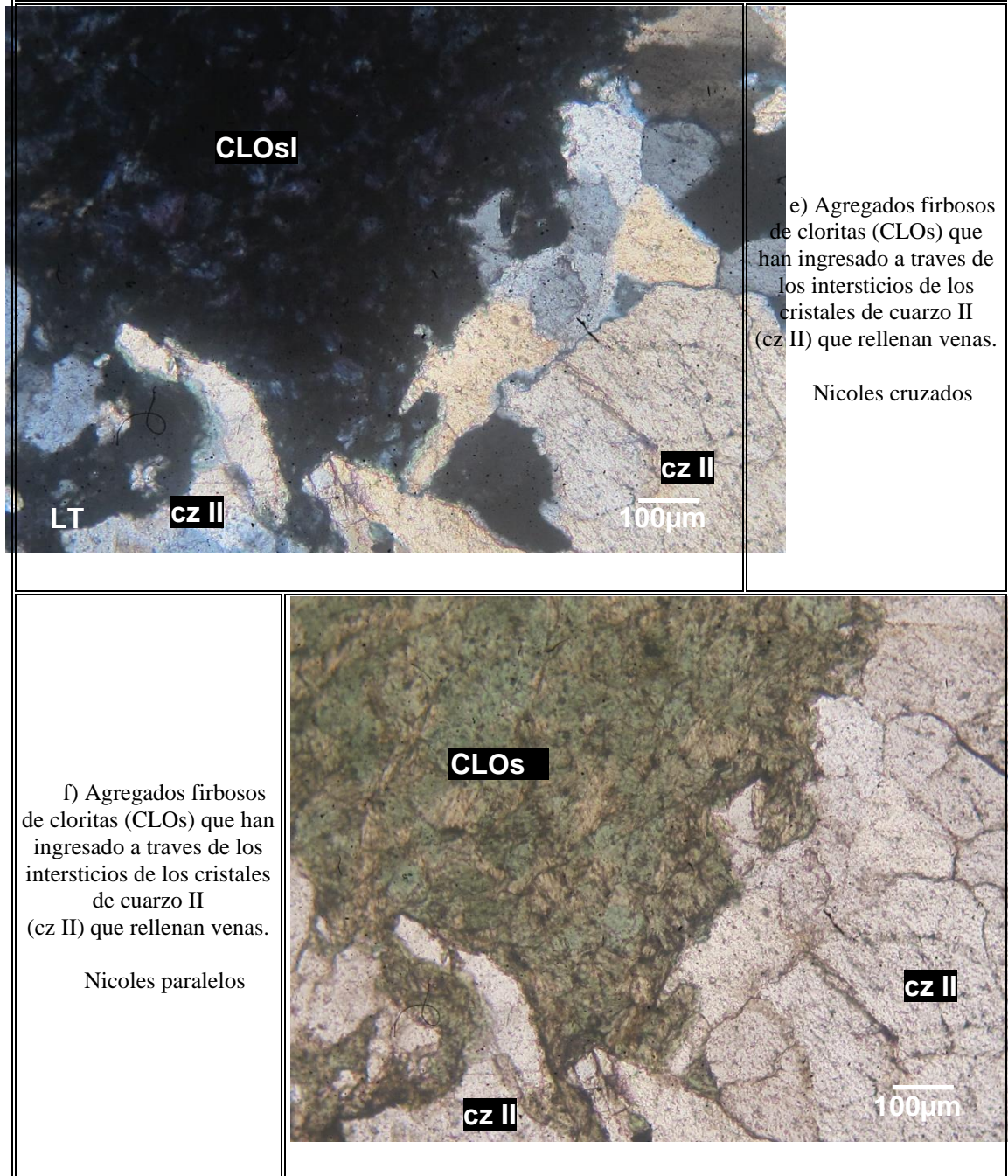
Fotografía 5.25 Descripción microscópica Muestra CM-2014, a) Roca intrusiva con moldes de cristales de posibles feldspatos totalmente alterados por sericita (ser) con cuarzo I (cz I) en sus intersticios. Ha sido cortada por venas rellenas por cristales de cuarzo II (cz II), b) Roca intrusiva con moldes de cristales tabulares de posibles feldspatos totalmente alterados por sericita (ser) con cuarzo I (cz I) en sus intersticios.

FOTOMICROGRAFÍAS



Fotografía 5.26 Descripción microscópica Muestra CM-2014, c) Agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II) que rellenan venas con pirita (py) en sus intersticios, d) Agregados de pequeños cristales de cuarzo II (cz II) que rellenan venas con pirita (py) en sus intersticios.

FOTOMICROGRAFIAS



Fotografía 5.27 Fotografía 4.27 Descripción microscópica Muestra CM-2014, e) Agregados fibrosos de cloritas (CLOs) que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de cuarzo II (cz II) que rellenan venas. Nicoles cruzados, f) Agregados fibrosos de cloritas (CLOs) que han ingresado a través de los intersticios de los cristales de cuarzo II (cz II) que rellenan venas. Nicoles paralelos.

4.1.8 Muestra CM-2016



Fotografía 5.28 Muestra CM-2016. Granodiorita compuesta de cuarzo, biotitas y plagioclasas con textura fanerítica, con una alteración propilítica fuerte presencia de minerales como cloritas, epidotas y poca cantidad de calcita. Presencia en diseminación de calcopirita

4.1.8.1 Minerales primarios

Cuarzo: Cristales con formas irregulares. Se encuentran en intersticios de los moldes de posibles feldespatos (alterados por sericita y muscovita) y de los posibles ferromagnesianos (alterados por muscovita, cloritas y carbonatos).

Moldes: De cristales con formas tabulares de posibles feldespatos. Han sido completamente alterados por agregados microescamosos de sericita y en ocasiones también por cristales de muscovita. Presentan cristales de cuarzo y moldes de posibles ferromagnesianos (alterados por cloritas y muscovita) intersticiales. Posteriormente han ingresado agregados de cristales de carbonatos a través de sus intersticios. Algunos aparecen englobados por cristales de cuarzo.

Moldes: De cristales con formas tabulares de ferromagnesianos, de posible biotita. Se observan entre los intersticios de los moldes de posibles feldespatos (alterados por sericita y muscovita) y de los cristales de cuarzo. Se encuentran decolorada a muscovita y alterada por cloritas, carbonatos y también por rutilo; este último siguiendo las direcciones de clivaje.

4.1.8.2 Minerales secundarios

La sericita representa el 46% de abundancia y tamaño 0.15 mm, agregados microescamosos han alterado completamente a los moldes de cristales de posibles feldespatos en ocasiones junto con muscovita.

Muscovita: Cristales con formas tabulares. Junto con sericita han alterado a posibles cristales de feldespatos. Además se aprecian como decoloración de los ferromagnesianos (posible biotita). También junto con sericita han invadido intensamente algunos sectores de la roca.

Los minerales de alteración como clorita representan el 8% de abundancia, agregados microfibrosos alterando completamente los moldes de ferromagnesianos, los carbonatos con un 5% de abundancia son agregados de cristales con forma irregular junto con cloritas han alterado los moldes de ferromagnesianos además ingresando a través de los intersticios de los moldes de feldespatos (alterados por sericita y muscovita) y de los cristales de cuarzo.

Presenta una textura granular y alteración sericitización intensa, cloritización y carbonatación débil.

En la siguiente tabla se muestran los minerales más resaltantes encontrados en el microscopio de polarización, con su porcentaje de abundancia y su respectivo tamaño relativo a lo observado.

Mineral	% Relativo	Tamaño (mm)
Cuarzo	33	3.2
Moldes de feldespatos	-	2.8
Moldes de ferromagnesianos	-	2.4
Sericita	46	0.15
Muscovita	7	1
Clorita	8	0.2
Carbonatos	5	0.8
Pirita	1	0.6
Rutilo	Traza	0.25

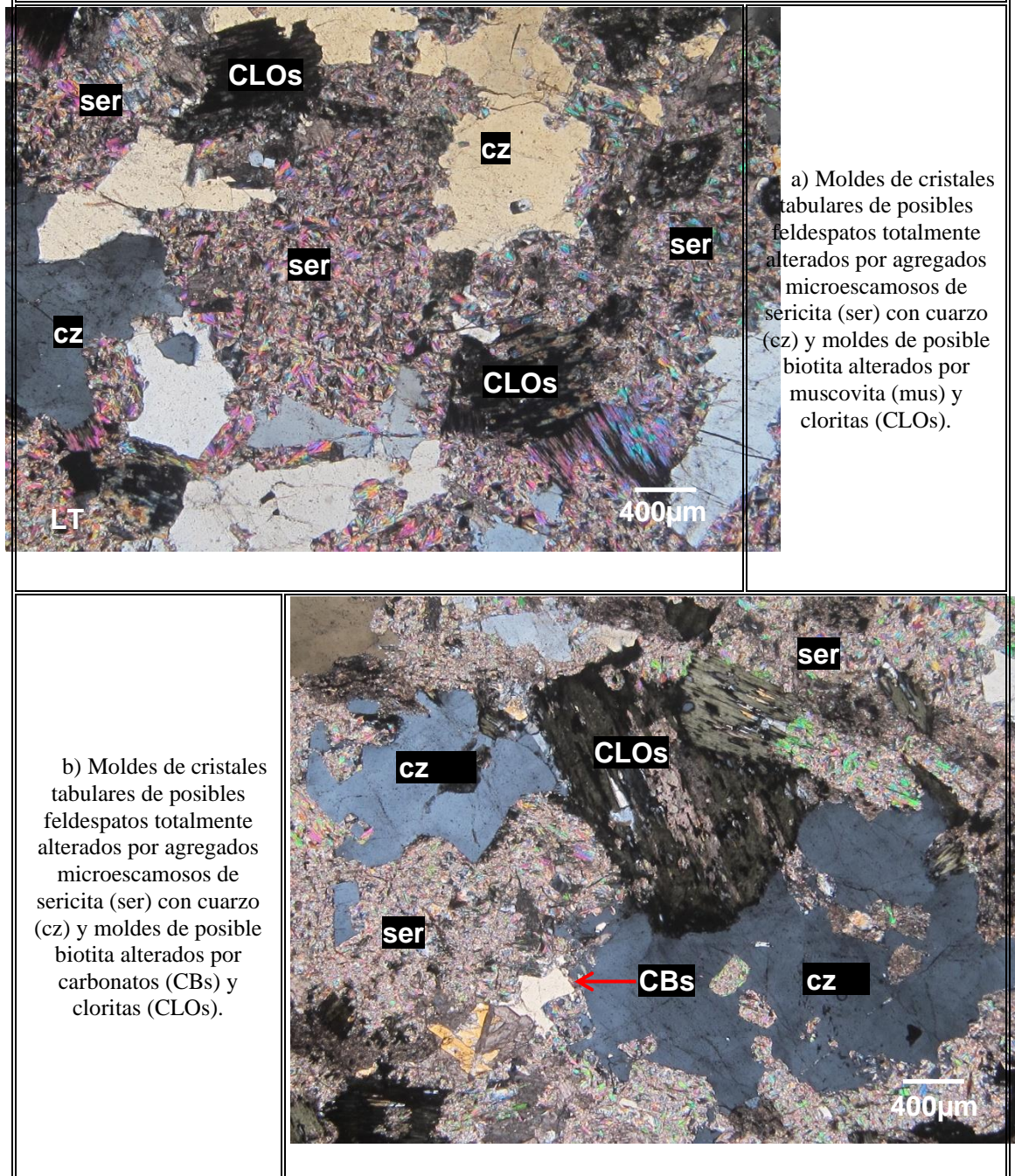
Tabla 5.8 Mineralogía identificada en el microscopio de polarización con abundancia y tamaño de grano de la muestra CM-2016.

4.1.8.3 Minerografía

Pirita: Cristales con formas irregulares y algunos de hábito cubico. Han ingresado a través de los intersticios de los cristales de cuarzo y de los moldes de cristales de posibles feldspatos (alterados totalmente por sericita).

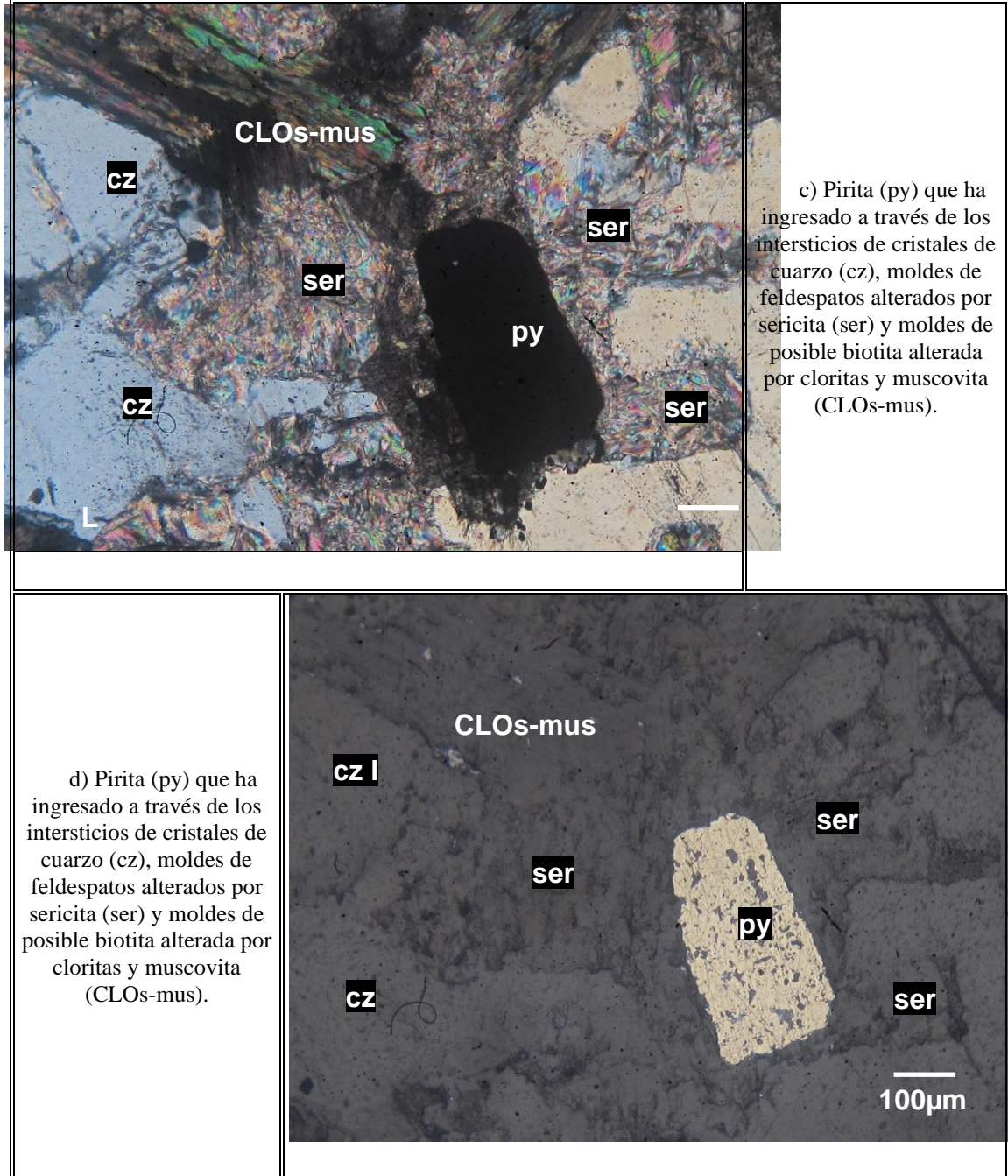
Rutilo: Pequeños cristales con formas irregulares. Se observan como alteración de los ferromagnesianos (posible biotita) siguiendo sus direcciones de clivaje. Además han ingresado por los intersticios de los moldes de posibles feldspatos (alterados por sericita y muscovita).

FOTOMICROGRAFÍAS



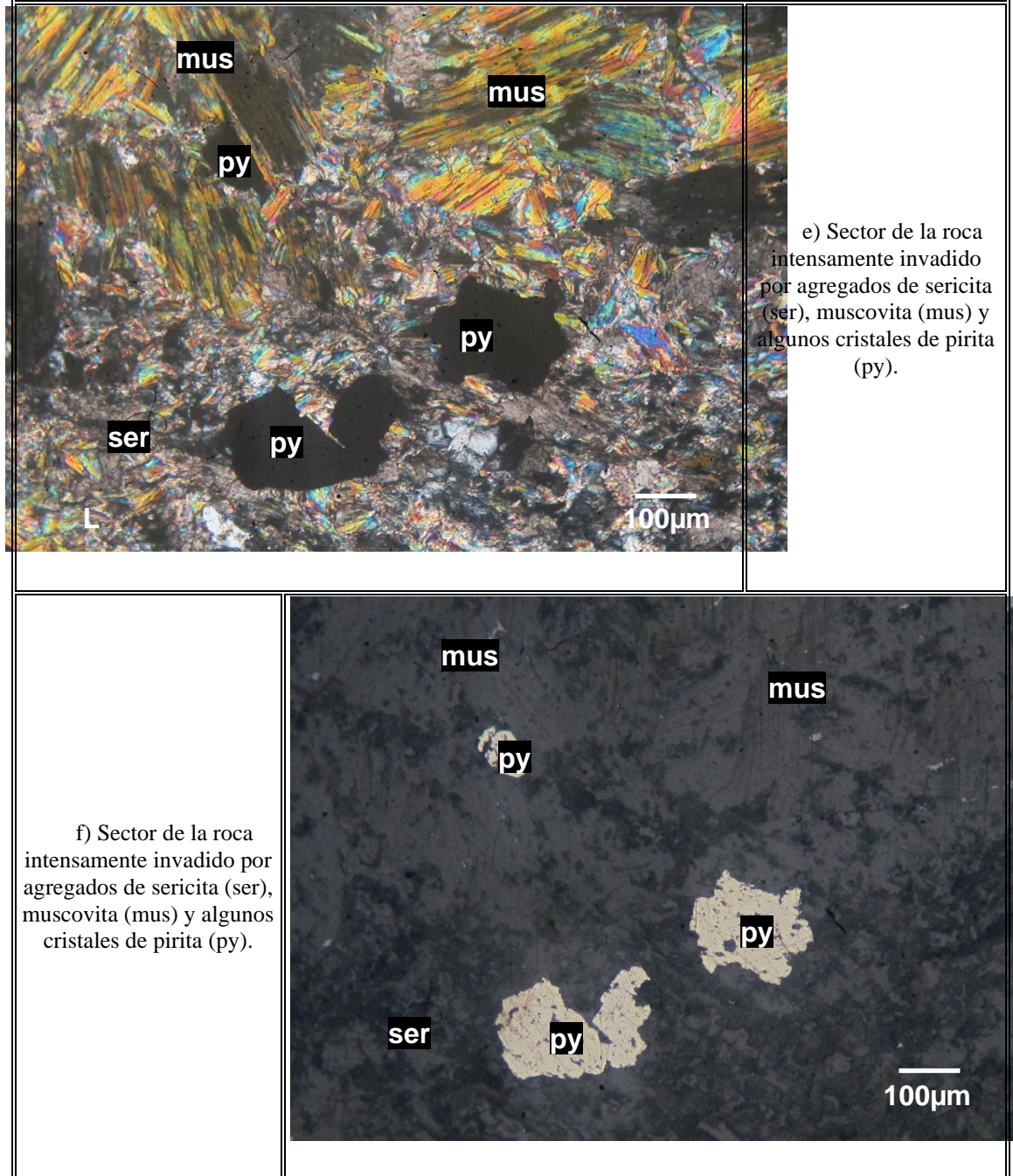
Fotografía 5.29 Descripción microscópica Muestra CM-2016, a) Moldes de cristales tabulares de posibles feldspatos totalmente alterados por agregados microescamosos de sericita (ser) con cuarzo (cz) y moldes de posible biotita alterados por muscovita (mus) y cloritas (CLOs), b) Moldes de cristales tabulares de posibles feldspatos totalmente alterados por agregados microescamosos de sericita (ser) con cuarzo (cz) y moldes de posible biotita alterados por carbonatos (CBs) y cloritas (CLOs).

FOTOMICROGRAFÍAS



Fotografía 5.30 Descripción microscópica Muestra CM-2016, c) y d) Pirita (py) que ha ingresado a través de los intersticios de cristales de cuarzo (cz), moldes de feldespatos alterados por sericita (ser) y moldes de posible biotita alterada por cloritas y muscovita (CLOs-mus).

FOTOMICROGRAFÍAS



Fotografía 5.31 Descripción microscópica Muestra CM-2016, e) y f) Sector de la roca intensamente invadido por agregados de sericita (ser), muscovita (mus) y algunos cristales de pirita (py).

4.2 ANALISIS POR ESPECTOMETRÍA (Equipo LabSpec)

Para el análisis de rocas con el espectrómetro es necesario tener muestras con superficie fresca que estén libres de contaminantes, el analizador del espectrómetro debe de colocarse sobre la muestra y debe quedar inmóvil hasta que se termine el proceso de captación del espectro.



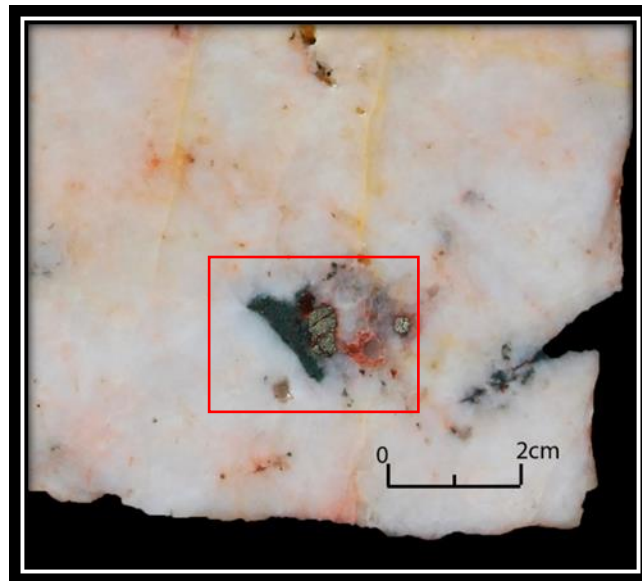
Figura 5.1 Espectrómetro LabSpec.

El Software utilizado para el análisis es el SPECMIN ^(TM), los espectros obtenidos de las muestras son comparadas con la galería espectral que posee el SII (SPECTRAL INTERNATIONAL INC.).

La comparación de los espectros es en función a los cambios de pendiente (altos y bajos) llamada reflectancia, en una determinada longitud de onda, el software emite el posible mineral. La comparación de los espectros en el software está representada por colores, **el espectro de color rojo** es perteneciente al espectro obtenido en la lectura de la muestra, **el espectro de color verde** y **el espectro de color azul** muestran los minerales de alteración de mayor probabilidad de existencia en la muestra pertenecientes a una galería del SPECMIN ^(TM). El valor porcentual que emite el software es referencial al sector leído en la muestra.

4.2.1 Lectura de las muestras

Muestra CM-2009, color blanco lechoso con vetillas rellenas de pirita, minerales verdosos en pequeña cantidad y venillas rellenas de carbonatos.



Fotografía 5.32 Muestra CM-2009

Se tiene un rango de similitud del 82% con el espectro de la **Clorita-Fe** ($Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10} \cdot (Mg, Fe)_3(OH)_6$, y un 17% de similitud con respecto al espectro de la **Moscovita** $KAl_2Al(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$

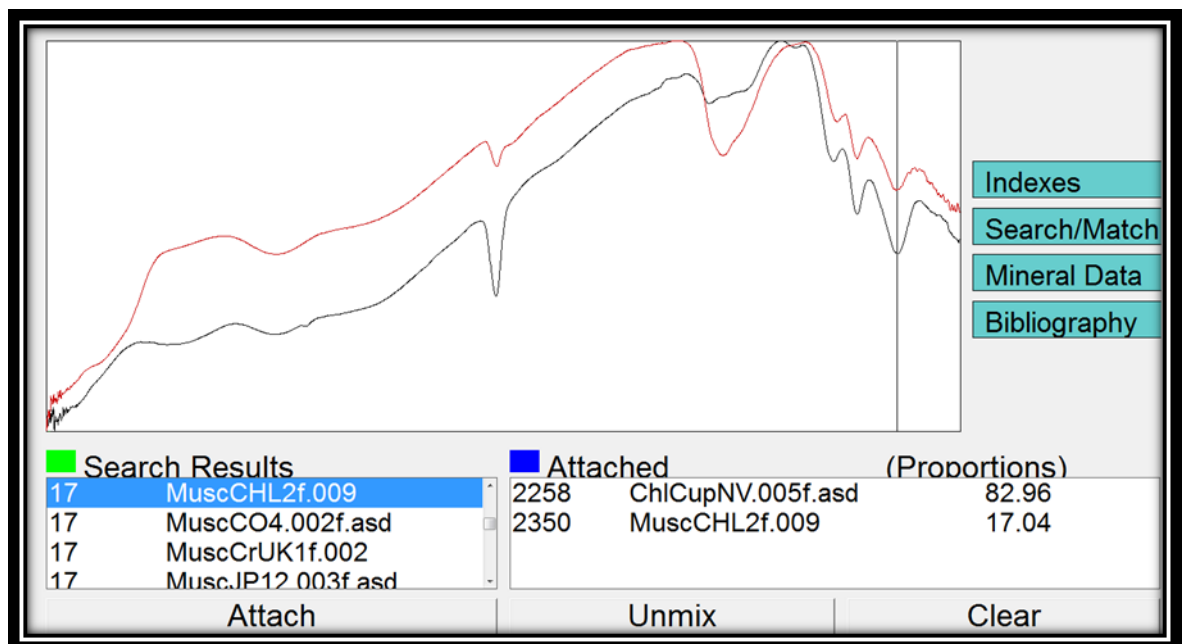
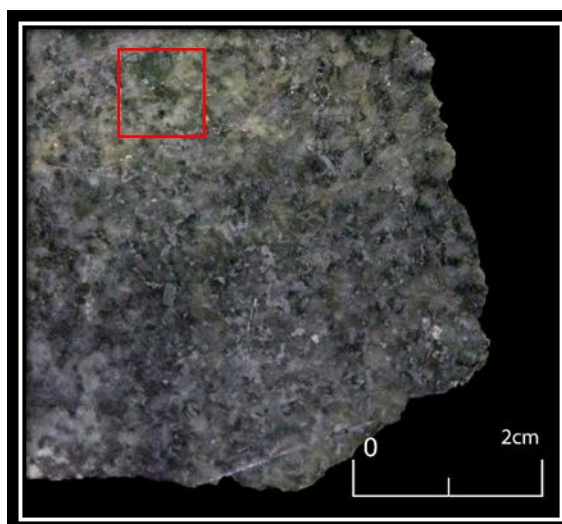


Figura 5.2 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2009.

Muestra CM-2010, granodiorita con presencia de cuarzo, biotitas y con una alteración propilítica fuerte con presencia de cloritas, se observa vetillas rellenas de carbonatos como calcita.



Fotografía 5.33 Muestra CM-2010.

Se tiene la existencia de un rango del 65% de similitud con el espectro de la **Moscovita** $KAl_2Al(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$ y un 35% de similitud con el espectro de la **Clorita-Fe** $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10} \cdot (Mg, Fe)_3(OH)_6$.

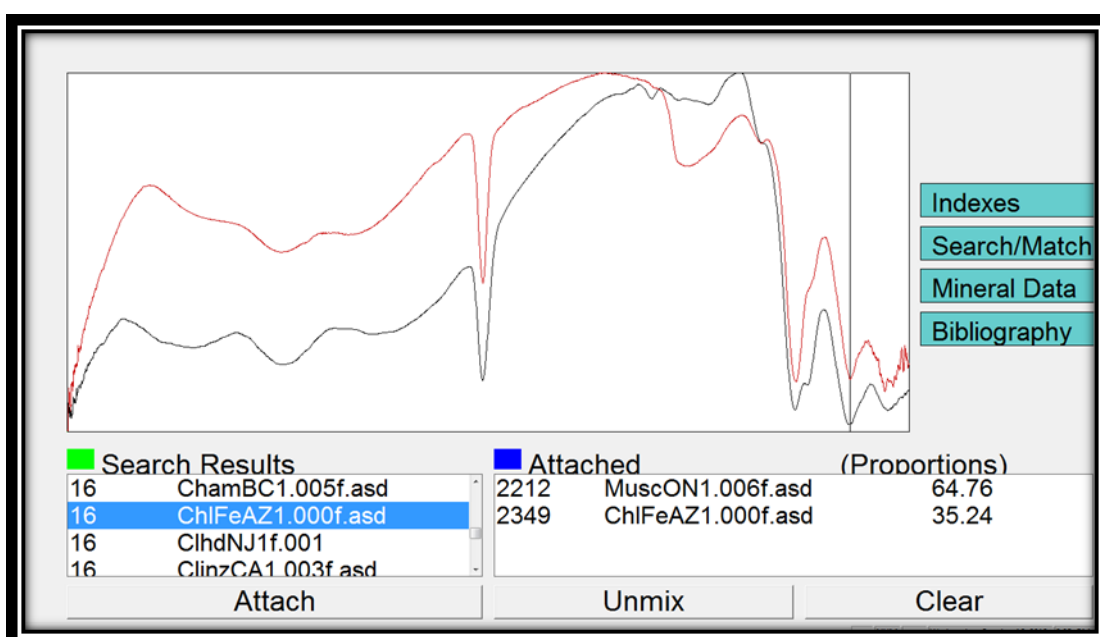
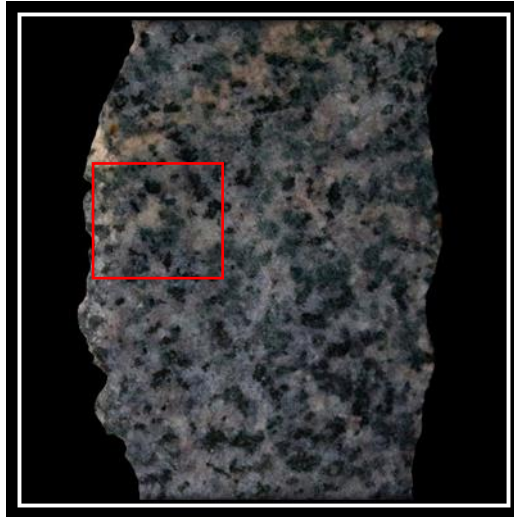


Figura 5.3 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2010.

Muestra CM-2010, granodiorita con presencia de cuarzo, biotitas y con una alteración propilítica fuerte con presencia de cloritas, se observa vetillas rellenas de color rosado calcita.



Fotografía 5.34 Muestra CM-2011.

Se tiene la existencia de un rango del 51% con el espectro de la **Clorita-Fe** ($Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10} \cdot (Mg, Fe)_3(OH)_6$, un 14% de similitud con el espectro de las **Moscovita** $KAl_2Al(Si_3Al) O_{10}(OH, F)_2$ y un 35% de similitud con el espectro de la **Epidota** $Ca_2Fe^{3+} Al_2 (Si_2O_7)(SiO_4)O(OH)$.

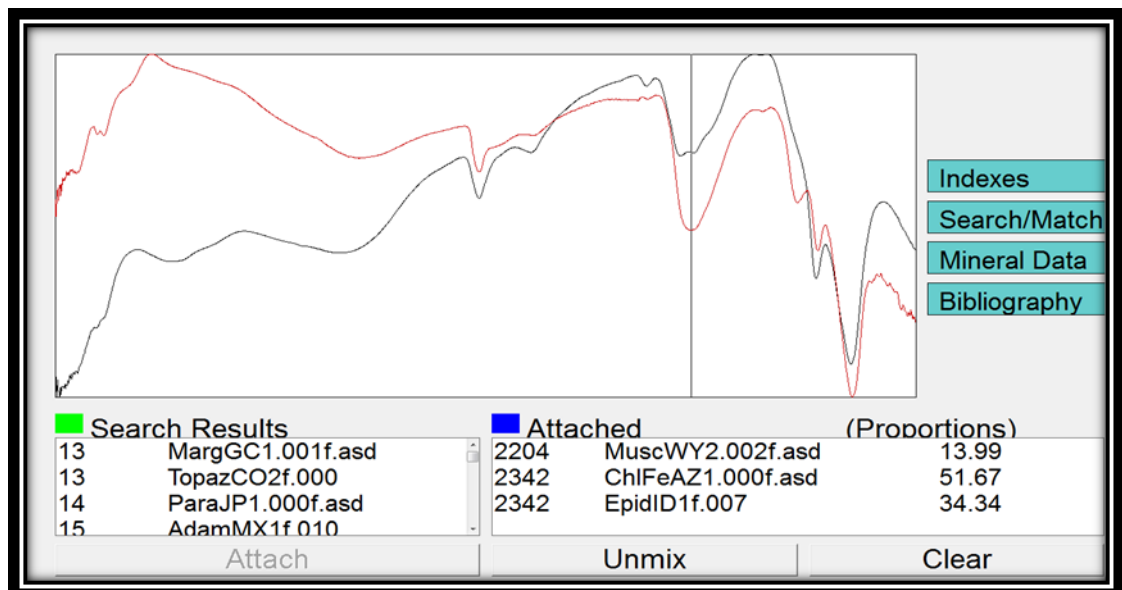
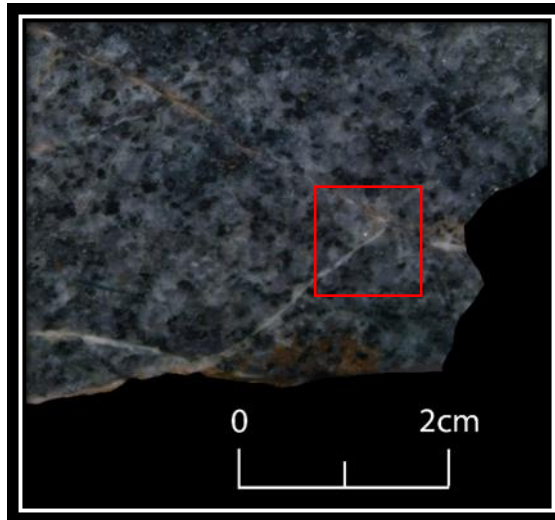


Figura 5.4 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2011.

Muestra CM-2012, granodiorita compuesta con cuarzo, biotitas con alteración propilítica moderada presencia de cloritas, venillas presentes rellenas de arcillas.



Fotografía 5.35 Muestra CM-2012

Se tiene la existencia de un rango del 81% de similitud con el espectro de la **Moscovita** $\text{KAl}_2\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ y un 19% de similitud con el espectro de la **Clorita-Fe** $(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10} \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$.

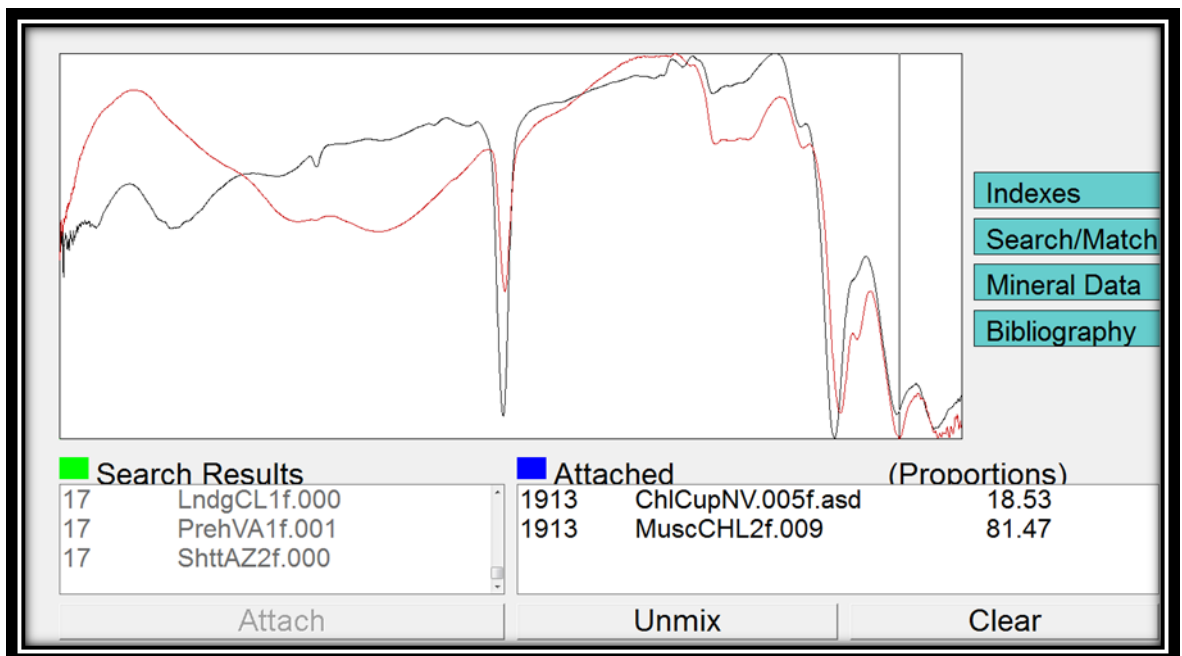
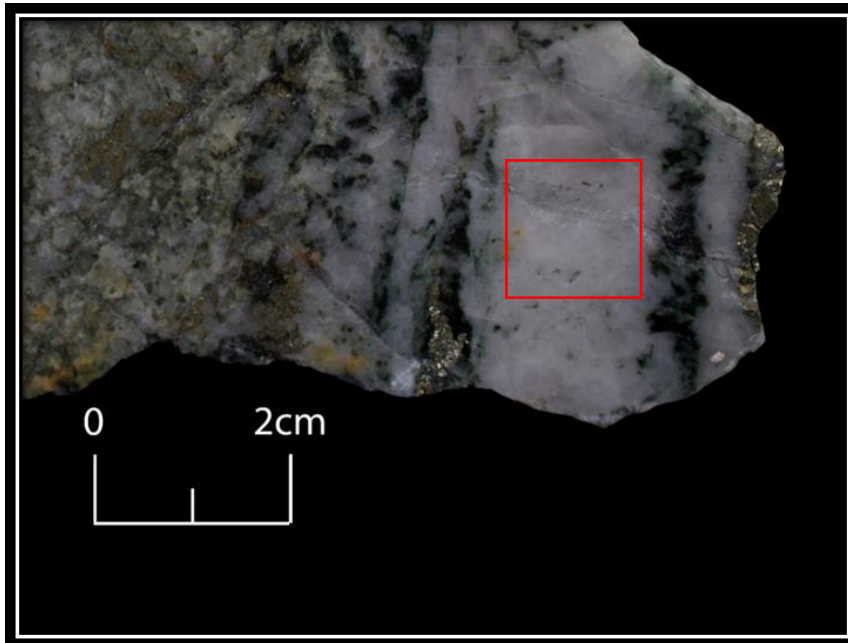


Figura 5.5 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2012.

Muestra CM-2013, muestra de veta con presencia de cuarzo y por un segundo fluido hidrotermal la presencia de vetillas de pirita se observa un mineral blanquecino relleno de fracturas.



Fotografía 5.36 Muestra CM-2013.

No se observó ningún mineral de alteración en la sección tomada

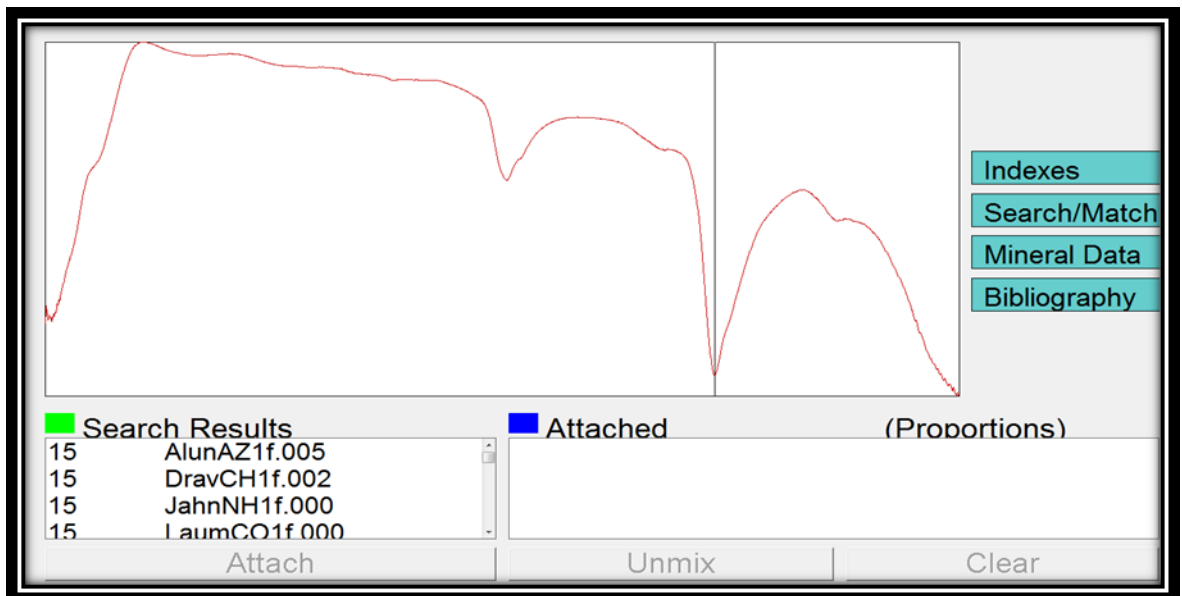
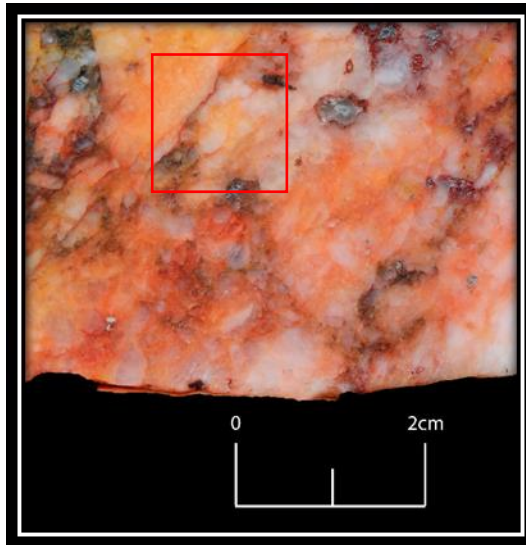


Figura 5.6 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2013.

Muestra CM-2014, muestra de color blanco tomada de veta con presencia de cuarzo masivo, hematitas fracturas rellenas con yeso rosáceo y óxidos.



Fotografía 5.37 Muestra CM-2014.

Se tiene la existencia de un rango del 47% de similitud con el espectro del Yeso 1 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y un 53% de similitud con el espectro del yeso 2 $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

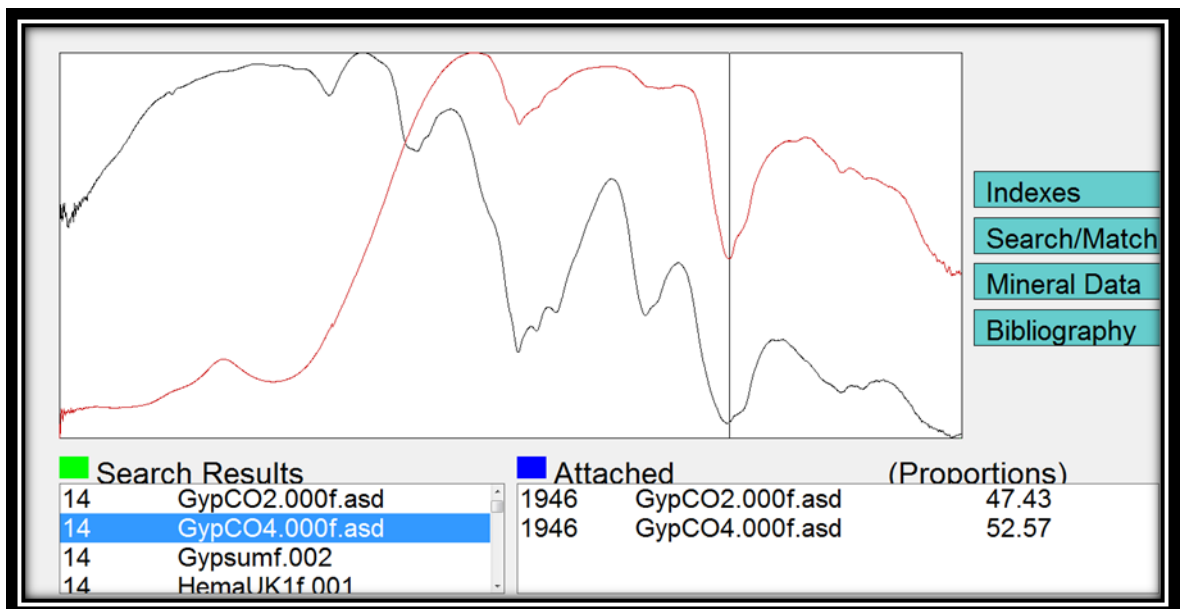
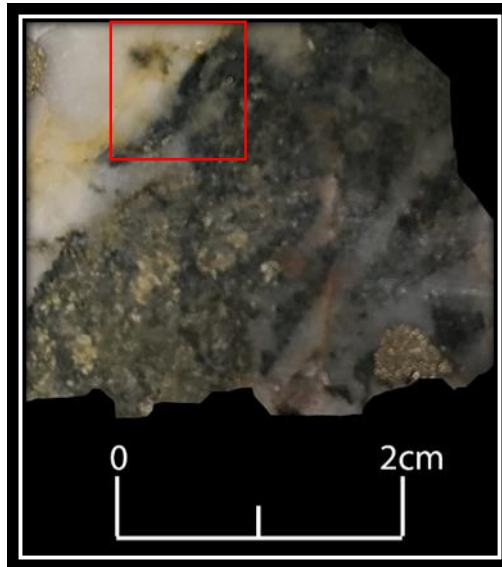


Figura 5.7 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2014.

Muestra CM-2015, muestra de veta con presencia de cuarzo y pirita proveniente de un segundo pulso relleno de fracturas, se observa pequeños fragmentos de color verdoso en el cuarzo.



Fotografía 5.38 Muestra CM-2015.

Se tiene la existencia de un rango del 51% de similitud con el espectro de la **Moscovita** $KAl_2Al(Si_3Al)O_{10}(OH, F)_2$ y un 49% de similitud con el espectro de la **Clorita-Fe** $(Mg, Fe)_3(Si, Al)_4O_{10} \cdot (Mg, Fe)_3(OH)_6$.

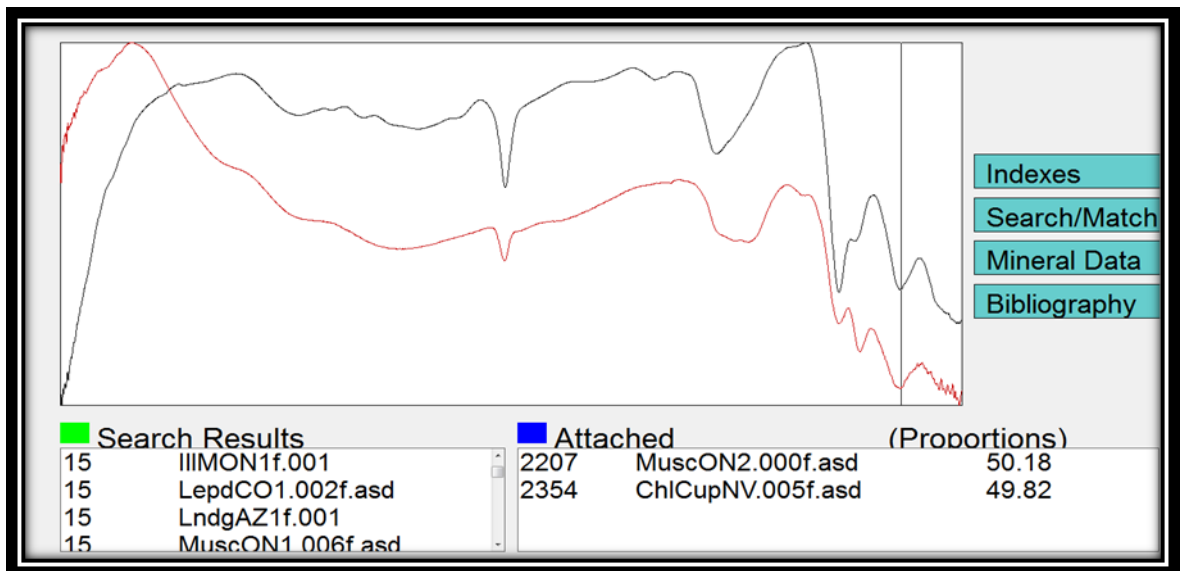
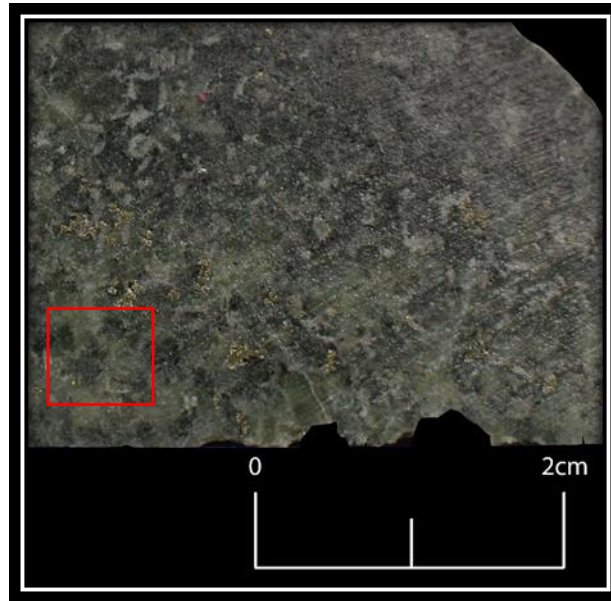


Figura 5.8 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2015.

Muestra CM-2016, granodiorita compuesta de cuarzo, biotitas y plagioclasas con presencia de una alteración propilítica fuerte cloritas y venillas rellenas de calcita.



Fotografía 5.39 Muestra CM-2016.

Se tiene la existencia de un rango del 59% de similitud con el espectro de la **Moscovita** $\text{KAl}_2\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ y un 41% de similitud con el espectro de la **Clorita-Fe** $(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10} \cdot (\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_6$.

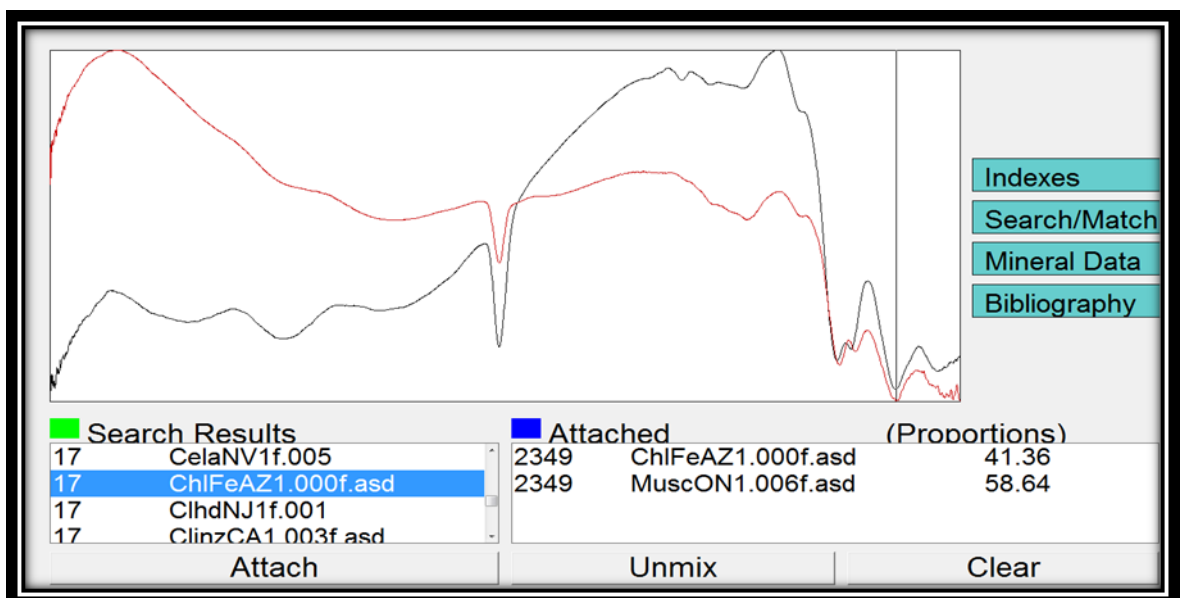


Figura 5.9 Representación gráfica de la identificación de espectros en muestra CM-2016.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis de alteración en base a resultados de espectrometría y Microscopia Óptica

El análisis de espectrometría es útil para determinar minerales y ayudar en la clasificación de la mineralización, pero principalmente lo utilizan para la determinación de patrones de alteración y posteriormente la determinación de minerales económicos.

La espectrometría detecta minerales tales como filosilicatos, cloritas, epidotas, alunita, jarosita, arcillas, esmectitas y carbonatos y también es sensible a variaciones de composición en minerales individuales.

VETA	MUESTRA	LITOLOGIA	ALTERACION	MINERALIZACIÓN	ESPECTOMETRÍA
VETA 1	CM-2009	VETA	Chlorita sobre. ANF(Actinolita?) y FM Qz II sobre Qz I	Au, py, goe	Clorita Fe-Mg, smec - Yeso
	CM-2011	GN-DIO	chl-ep-hem-mt 2kspar?-2bt?	cv-py	Phengite, Clorita Fe-Mg
	CM-2012	GN-DIO	ser overp bt 2kspar? 2bt? Qz I, Qz II y Qz III	cc cv-py-cp gn-ru-asp	Clorita Fe-Mg smectita
	CM-2014	VETA	Qz I, Qz II	goe-jar	Fuerte Yeso
VETA 2	CM-2010	GN-DIO	ser-chl Qz I, Qz II	py-cv-bn-cc Au-el	Clorita Fe, Phengite?
	CM-2013	VETA	ser overp kspar and FM ser-chl assoc Qz I, Qz II y Qz III	py-cp-cv-gn-cc el	Aspectral
	CM-2015	VETA	ser-chl Qz I, Qz II	py-ru	Clorita Fe-Mg, Phengita?
	CM-2016	GN-DIO	ser-chl-musc overp k-spar and FM Qz I	py-ru	Clorita Fe, Muscovita

Tabla 6.1 Mineralogía identificada con el análisis de espectrometría lapSpec tanto de veta como de roca caja GN-DIO (granodiorita).

Como se observa en los resultados proporcionados por el análisis de espectrometría los minerales de alteración proporcionados por el proceso son:

Roca caja granodiorita (GN-DIO)

➤ **Phengite- Clorita Fe-Mg**

Se visualiza el espectro para la muestra de caja (GN-DIO) se señala la ubicación de los minerales de alteración encontrados por el software SPECMIN, la phengita que es una mica blanca con un contenido de aluminio (Al) menor a la muscovita con una longitud de onda (2212 nm) demarcada con un rectángulo azul y la clorita Fe-Mg con longitud de onda (2250-2348 nm) demarcada con rectángulo de color verde.

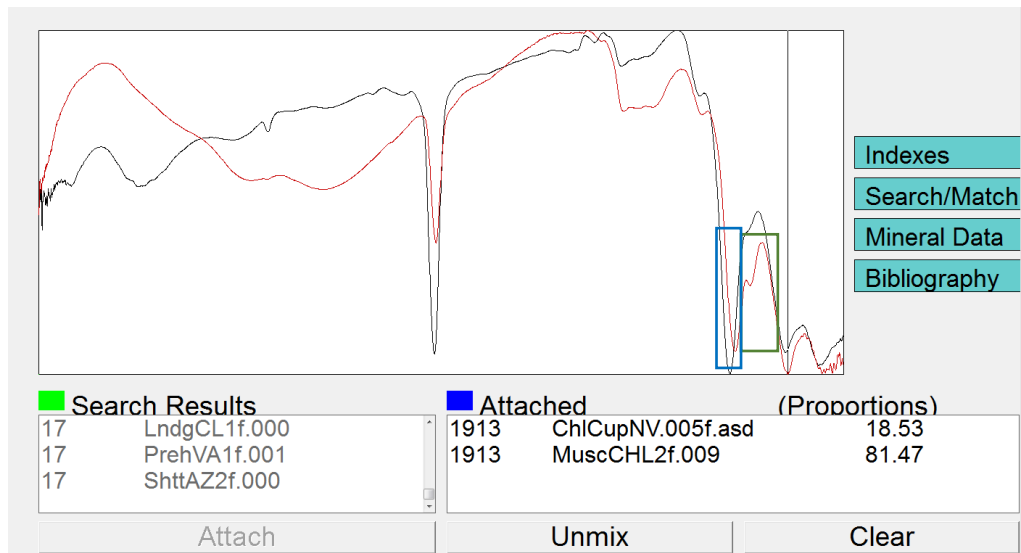


Figura 6.1 Espectro para la muestra de granodiorita de roca caja demarcado con un rectángulo color azul la absorción de la Phengite y con color verde la absorción de la clorita Fe-Mg.

Se visualiza el espectro para la muestra de caja (GN-DIO) se señala la ubicación de los minerales de alteración encontrados por el software SPECMIN, la Muscovita que es una mica blanca con una longitud de onda (2204 nm) demarcada con un rectángulo azul, la clorita Fe-Mg con longitud de onda (2250-2348 nm) demarcada con rectángulo de color verde y la epidota con una longitud de onda de (2342 nm) demarcada con un rectángulo de color amarillo.

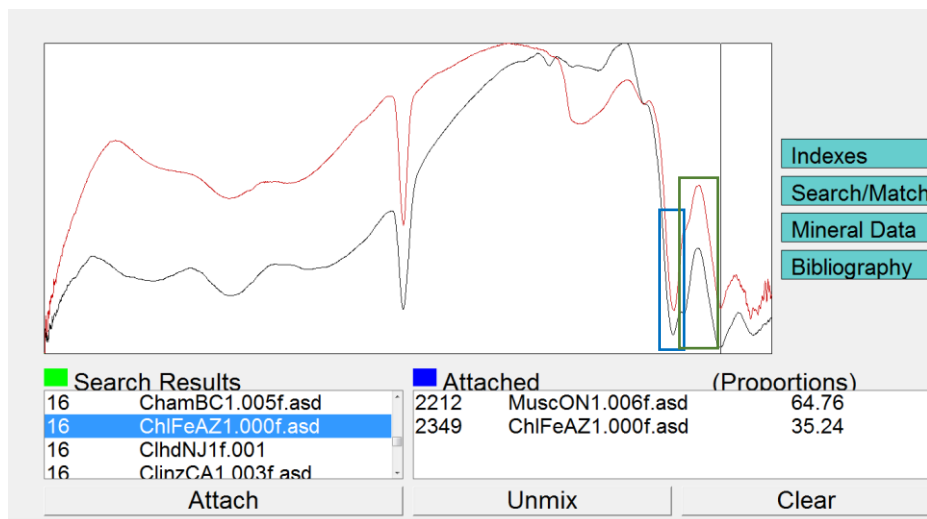


Figura 6.2 Espectro para la muestra de granodiorita de roca caja, absorción de la Muscovita.

Veta A y B

➤ Clorita Fe-Mg- Muscovita

Se visualiza el espectro para la muestra de veta, se señala la ubicación de los minerales de alteración encontrados por el software SPECMIN, la clorita Fe-Mg con longitud de onda (2350 nm) demarcada con rectángulo de color verde, la Muscovita que es una mica blanca con una longitud de onda (2207 nm) demarcada con un rectángulo azul.

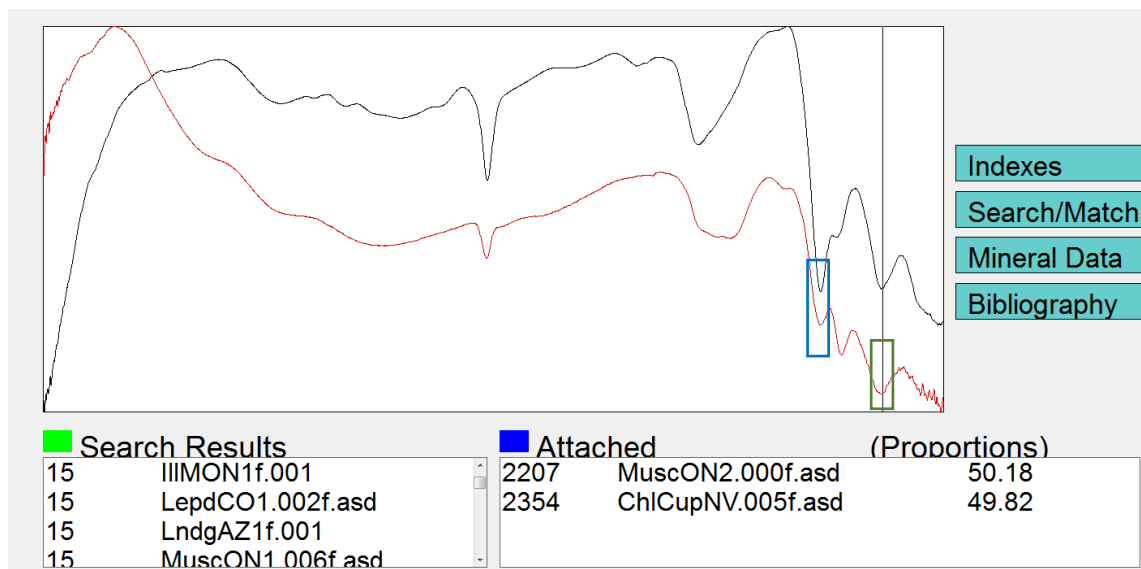
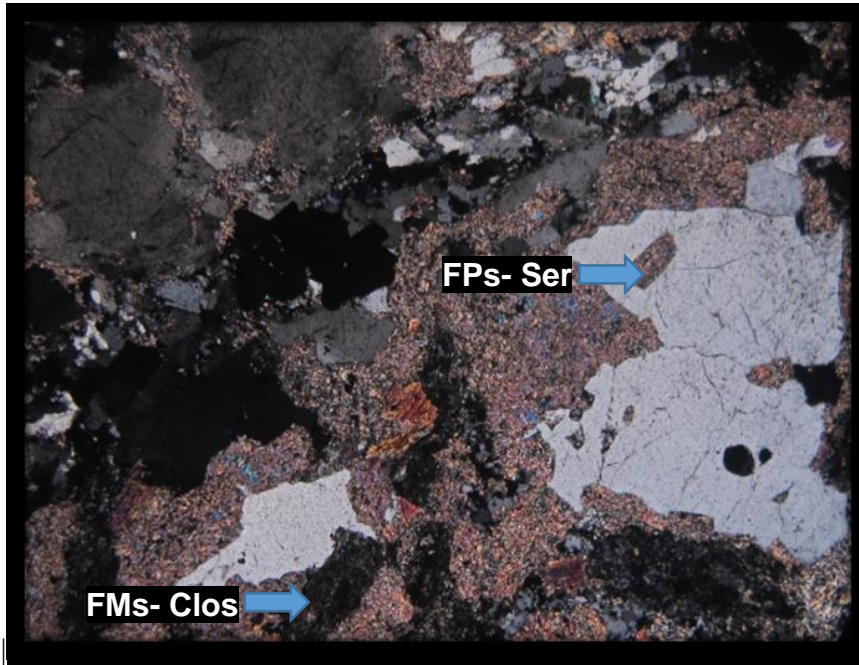


Figura 6.3 Espectro para la muestra de veta, demarcando con un rectángulo de color verde a la Clorita Fe-Mg y con un rectángulo color azul a la Muscovita.

Resultados de alteración en microscopía Óptica

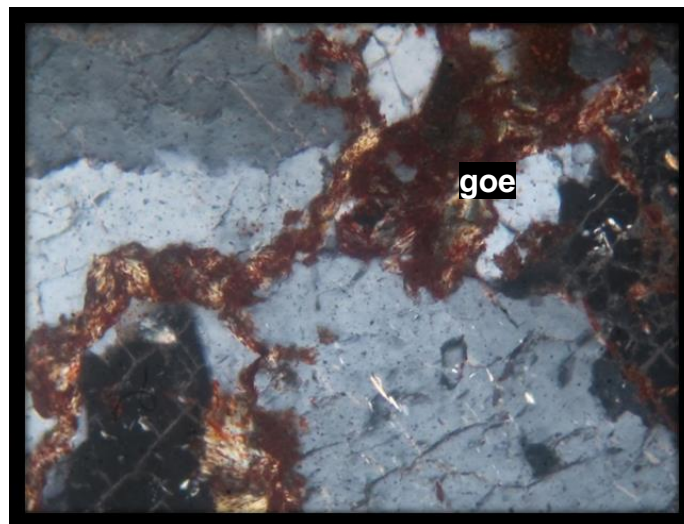
Alteración en base a Microscopía Óptica se presentan en tres tipos diferentes como son la silicificación intensa; sericitización y cloritización; oxidación débil a muy débil.

Los moldes de feldspatos presentes con formas tabulares han sido intensamente alterados por sericita que tienen una forma escamosa y se encuentran reemplazando a la roca protolito y alterando intensamente dichos moldes, por otra parte, la cloritización son cristales escamosos se encuentran presentes en los moldes de ferromagnesianos posibles biotitas que son de forma tabular y con bordes corroídos por contacto con la sericita.



Fotografía 6.1 Feldespatos alterados a sericita (FPs - Ser) y ferromagnesianos alterados a cloritas (FMs-Clos)

Agregados terrosos de goethita han ingresado a través de los intersticios y fracturas de los grandes cristales de cuarzo con forma irregular.



Fotografía 6.2 goethitas (goe) relleno intersticios de cuarzo.

Se observó una silicificación por la presencia de agregados de cuarzo relleno oquedades en zonas particulares de la muestra.



Fotografía 6.3 Presencia de silicificación.

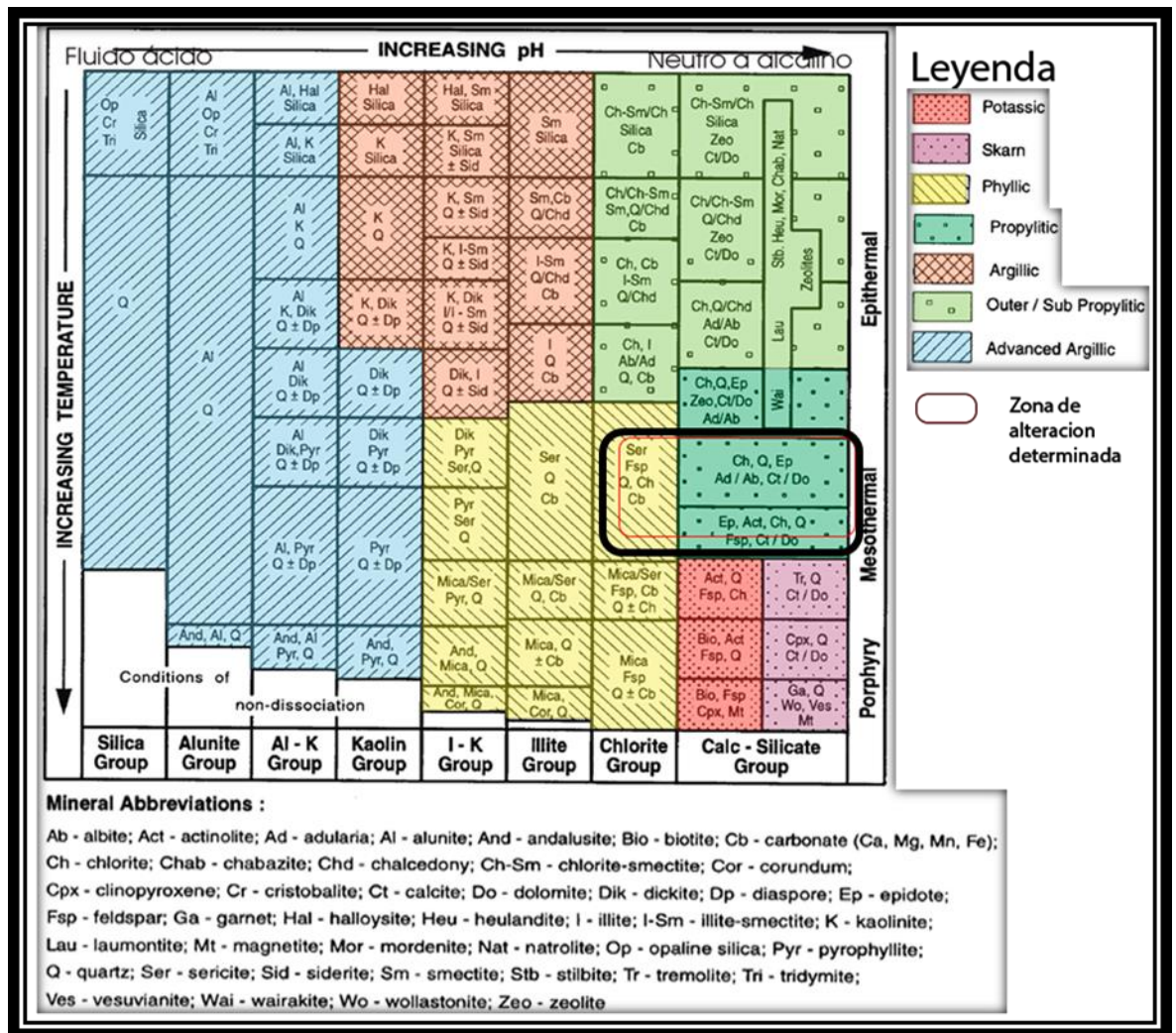


Figura 6.4 Determinación de la zona de ensambles de alteración según diagrama de (Corbett y Leach 1998).

Según el diagrama de la Figura 5.4 con ayuda de los resultados obtenidos definimos el ensamble mineralógico clorita, epidota y cuarzo correspondiente a una mineralización del tipo mesotermal.

Se concluye que los minerales de alteración más representativos y dominantes en la roca caja producto de las interacciones flujo/roca y tiempo de flujo son la Muscovita, Epidotas y Cloritas férrico magnésica, la presencia de los dos últimos minerales nos da el ensamble mineralógico característico de una alteración propilítica y la abundancia de la clorita provenientes de la alteración de las biotitas, esto indica que nos encontramos en una zona lejana del cuerpo magmático con un Ph neutro a alcalino y una temperatura de formación aproximada entre 250°C a 300°C.

5.2 Posible secuencia de paragénesis:

La secuencia de equilibrio en las fases minerales es un principio básico para identificar la historia de los eventos en un deposito mineral, en la que hay intercambio de masa entre los cuales se mueven o depositan elementos de interés; de acuerdo a las observaciones hechas en los anteriores apartados, se propone la siguiente secuencia paragenética en el sistema de Vetas Mesotermales del distrito de San Juan de Chorunga:

		Au	Au-Ag	Qz-Carb	Supergeno
MINERAL	FÓRMULA	EST 1	EST 2	EST 3	
GOETITE	FeO(OH)			-----	
HEMATITA	Fe ₂ O ₃			-----	▨
COVELITA	CuS		▨		
CALCOSITA	Cu ₂ S			-----?	▨
BORNITA	Cu ₅ FeS ₄		▨		
GALENA	PbS		▨		
CALCOPIRITA	CuFeS ₂		▨		
ARSENOPIRITA	FeAsS		▨		
PIRITA	FeS ₂		▨		
CUARZO	SiO ₂	-----	▨	▨	-----
YESO	CaSO ₄	-----	▨	▨	-----
RUTILO	TiO ₂		▨		
GOLD	Au		▨	-----	

Tabla 6.2 Diagrama paragenética de los minerales de mena y ganga.

5.2.1 Estadio I

Las estructuras presentes en la roca huésped son rellenadas por fluidos hidrotermales los cuales contienen minerales tanto mena como ganga, estos precipitan de acuerdo a condiciones favorables para cada mineral.

El comienzo de la mineralización empieza con una primera fase de la cual precipita el cuarzo en vetas luego una segunda fase que contiene pirita la cual se presenta como veta y disseminaciones en roca caja.

En esta fase se encontró el oro nativo y el oro Electrum los cuales se emplazaron en oquedades y microfracturas de la pirita.

5.2.2 Estadio II

Se caracteriza por la aparición de minerales base pero en cantidades bajas (trazas) como la galena, calcopirita, bornita y arsenopirita los cuales son indicadores de zona hipógena pero al encontrarse en cantidades tan pequeñas nos indica que estamos en una zona de transición entre la oxidación y los sulfuros. En el estadio II se caracteriza por ser la última zona de deposición de oro.

También encontramos menor cantidad de cuarzo secundario asociado a este segundo estadio.

5.2.3 Estadio III

En este último estadio se observa la deposición de carbonatos, aparición de óxidos como la goethita, hematitas y se observa la presencia de minerales supergenos como la calcosita y la covelita provenientes del reemplazamiento de la calcopirita y de la bornita, su presencia es en cantidad de trazas.

5.3 Texturas

Es el conjunto de relaciones intergranulares de tamaño y forma de los cristales o clastos que conforman a la roca, mediante la determinación de la textura de la muestra nos podemos ayudar para dar una clasificación o tener una idea del tipo de roca en cuestión.

Las texturas que se encontraron en la zona de trabajo son granular para la roca de caja y una textura de reemplazamiento y relleno para la mineralización.

5.3.1 Textura Granular

Se refiere al carácter equidimensional de los granos minerales, debido al descenso progresivo de la temperatura del magma, formando cristales de diversas formas como tabulares, prismáticos o irregulares (Ver Fotografía 5.4).

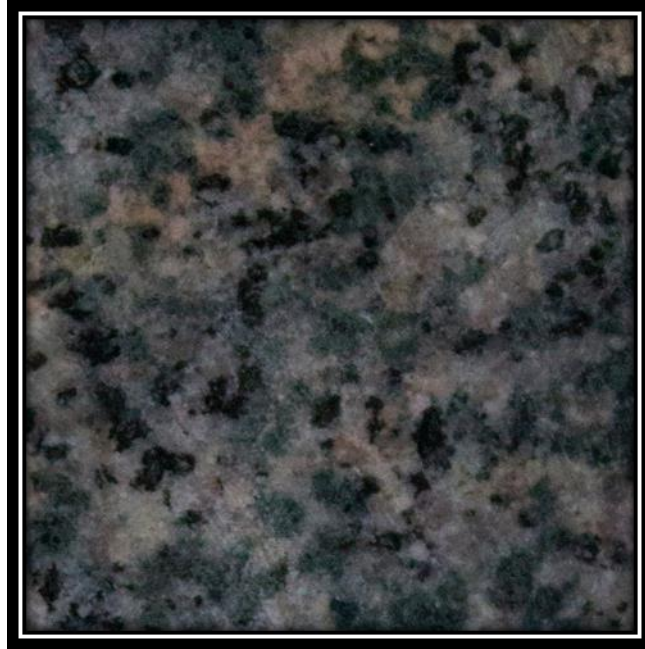


Fotografía 6.4 Textura granular, macroscópica

5.3.2 Textura Reemplazamiento y relleno.

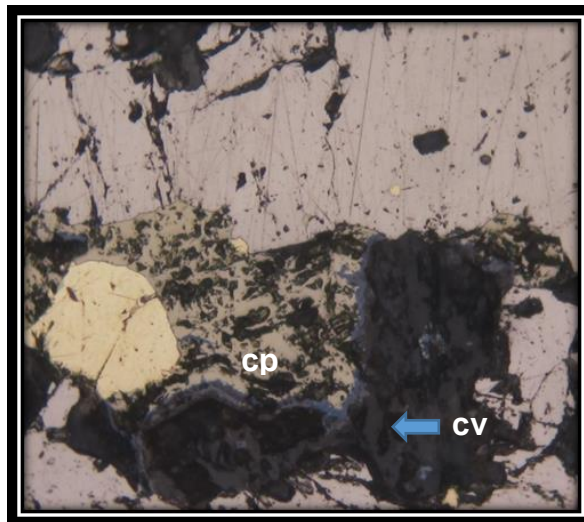
El reemplazamiento se da cuando se forman nuevos minerales a expensas de otros que ya existen, esta aparición de nuevos minerales se encarga de rellenar oquedades, vacíos y en otros casos existen procesos de depositación simultánea los cuales generan que un nuevo mineral pueda rellenar y crecer sobre un mineral ya existente.

En la fotografía 5.5 se observa que los minerales maficos ferromagnesianos se encuentran en un proceso de reemplazamiento por cloritas y rellenando cavidades.



Fotografía 6.5 Textura de reemplazamiento y relleno toma macroscópica.

En la fotografía 5.6 se observa un cristal de calcopirita (cp) que se encuentra reemplazado y rellenando desde los bordes por covelita.



Fotografía 6.6 Textura de reemplazamiento y relleno toma microscópica.

CONCLUSIONES

1. Utilizamos la espectrometría para determinar los minerales de alteración los cuales dieron resultados del ensamble mineralógico característico una alteración propilítica, y con ayuda del diagrama de Corbett y Leach, 1998 asociamos que las vetas estudiadas corresponden a un **Deposito Mesotermal**.
2. La asociación mineralógica cuarzo, oro y pirita correspondiente a la mena al área de estudio de San Juan obtenida mediante la paragénesis dada por el estudio de Microscopia Óptica nos muestra como el oro (Au) y el electrum se encuentra rellenando oquedades de la pirita.
3. La poca aparición de elementos base como galena, calcopirita son buenos indicadores para seguir con el recorrido de la veta.
4. Del análisis mineralógico-textural se obtuvo una textura para la roca caja del tipo “Granular” debido al carácter equidimensional de los granos minerales.
5. Del análisis mineralógico-textural se obtuvo una textura para la mena del tipo “Reemplazamiento y Relleno” el cual se evidencia como los minerales de calcopirita se encuentran en proceso de reemplazamiento por los bordes y rellenados por covelita.
6. La cantidad de clorita enfocada principalmente en minerales anfíboles y piroxenos y la presencia de feldespatos rosados irregulares en la matriz de la roca caja, hace pensar que exista un centro porfirítico cercano (¿Alteración potásica?).

RECOMENDACIONES

1. Tener un adecuado proceso para realizar las secciones delgadas pulidas, de lo contrario estos pueden proveer datos erróneos.
2. Realizar estudio adicional como difracción de rayos X (DRX) nos proporcionaría más información para determinar mejor las características del depósito.
3. Utilizando la data en Microscopia Óptica, comparar estos con otros depósitos cercanos a la zona de San Juan.
4. Realizar exploraciones teniendo como referencia los datos proporcionados por esta investigación.

ANEXOS

A) Abreviatura de las especies minerales; nombre, simbología, composición química, densidad, dureza.

Mineral	Símbolo	Composición química	Densidad (g/cm ³)	Dureza Mohs
Anfiboles	ANFs	(Ca, Na, K, Pb)0-1(Ca, Fe ²⁺ , Li, Mg, Mn ²⁺ , Na)2(Al, Cr ³⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺ , Mg, Mn ²⁺ , Ti)5(Al, Be, Si, Ti)8O ₂₂ (OH,F,Cl) ₂		
Mica(Biotita)	bt	K(Mg,Fe)3[AlSi3O10(OH,F)2	3,09	2,5
Bornita	Bn	Cu ₅ FeS ₄	5,09	3,0
Calcopirita	cp	CuFeS ₂	4,2	3,5
Calcosita	cc	Cu ₂ S	5,65	2,5
Carbonatos	CBs	(Ca, Mg, Mn, Fe)CO ₃	2,71	3,0
Cloritas	CLOs	(Mg,Fe,Al,Li,Mn,Ni) ₄₋₆ (Si,Al,B,Fe) ₄ O ₁₀ (OH,O) ₈	3,2	3,0
Covelita	cv	CuS	4,68	1,5
Cuarzo	cz	SiO ₂	2,62	7,0
Ferromagnesianos	FMs	-	3,4	5,0-6,0
Magnetita	mt	Fe ₂ O ₃ .FeO	5,15	5,5
Minerales Secundarios de cobre	MsCu			
Plagioclasas	PGLs	(Na,Ca)(Si,Al) ₄ O ₈	2,68	6,5
Pirita	py	FeS ₂	5.01	6,5
Piroxenos	PXs	(Ca,Na)(Mg,Fe,Al,Ti)(Si,Al) ₂ O ₆	3,4	6,5
Rutilo	rut	TiO ₂	4,25	6,5
Sericita	ser	KAl ₂ (AlSi ₃) ₁₀ (OH) ₂	2,82	2,5
Zircón	zir	ZrSiO ₄	4,65	7,5

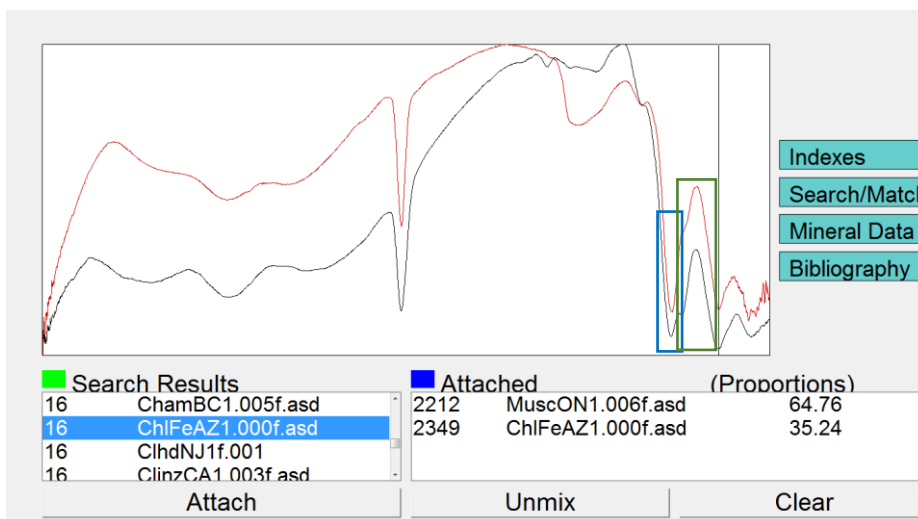
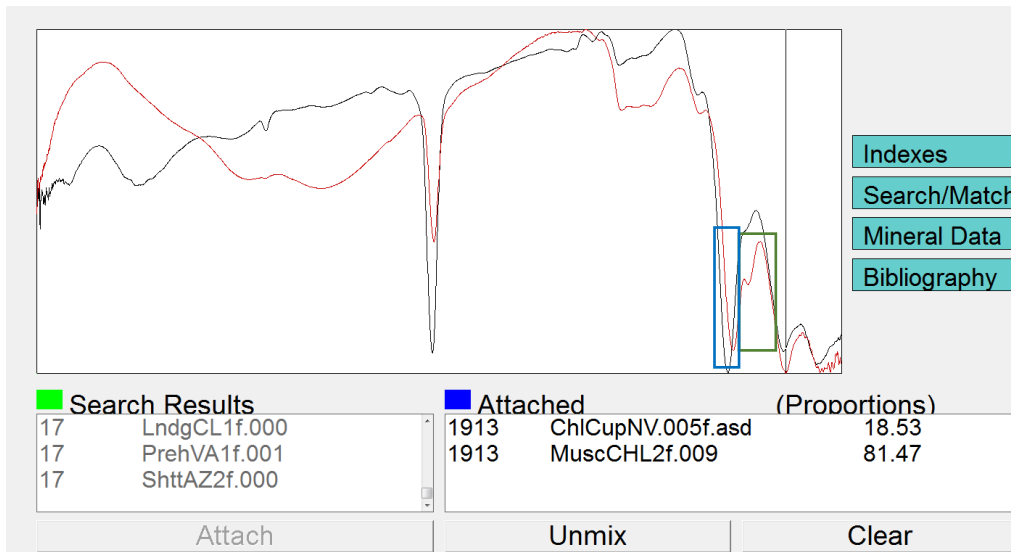
B) Minerales y fases más abundantes en las facies magmático-hidrotermal

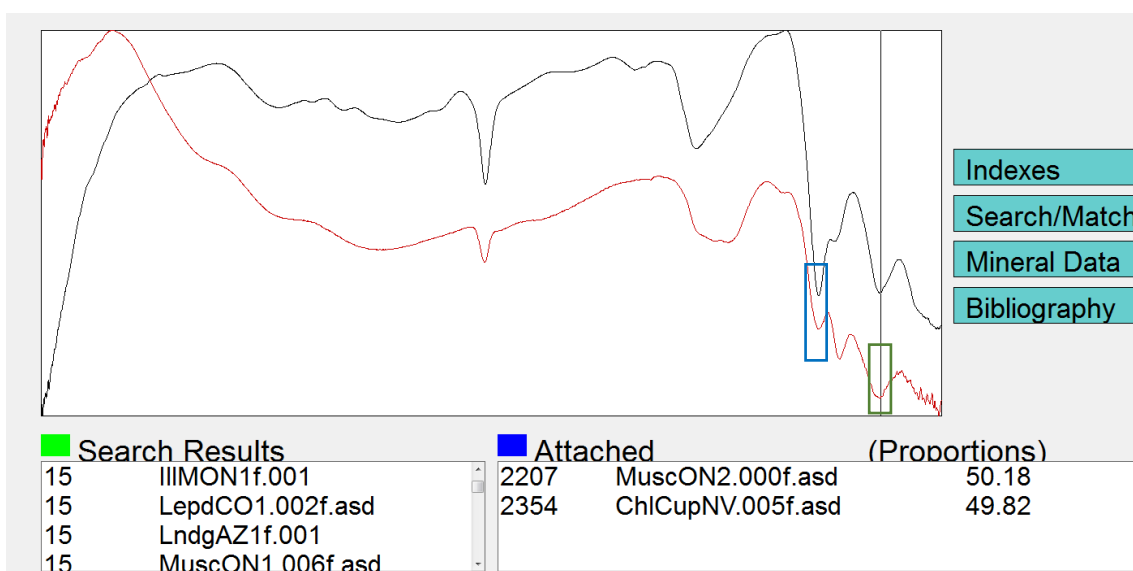
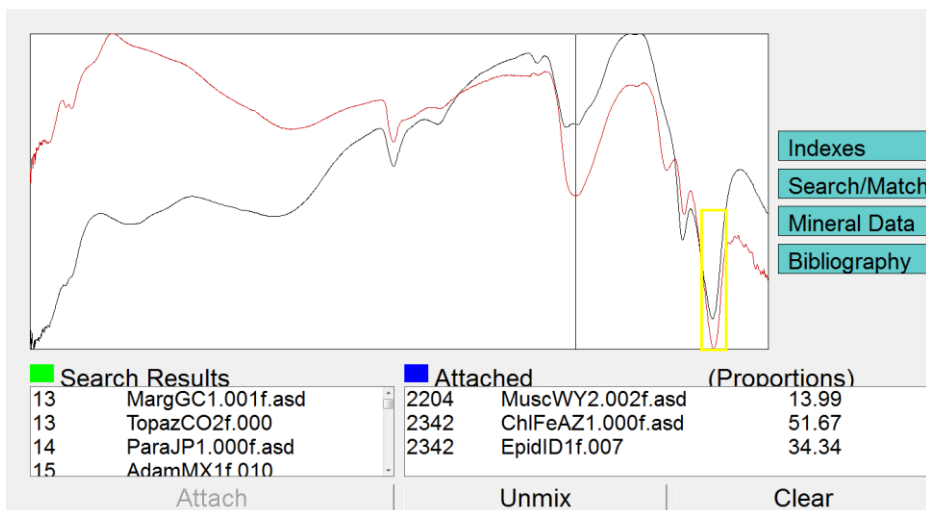
MINERALES Y FASES MAS ABUNDANTES EN LAS FACIES MAGMÁTICO-HIDROTHERMALES			
Nombre	Fórmula	Abreviatura	Observaciones
Plagioclasas	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	PGLs-I	De origen magmático, componente principal de las magmatitas y porfiritas básicas a intermedias.
		PGLs-II	De origen magmático, uno de los componentes principales de las matriz de porfiritas básicas a intermedias.
		ab (PGLs-III)	Como corona de PGLs-I o venilla; generalmente albita.
Cuarzo	SiO_2	cz-I	Magmático, como fenocristales redondeados generalmente corroidos.
		cz-II	Componente de la matriz en porfiritas; +/- recristalizado por procesos hidrotermales.
		cz-III, IV, etc	Hidrotermal, rellenando cavidades y tipos de venillas (A, B, D); a veces masivo.
Feldespatos potásicos.	KAlSi_3O_8	FPKs-I	De origen magmático, componente principal de las magmatitas y porfiritas alcalinas y de composición intermedia a ácida.
		FPKs-II	De origen magmático, uno de los componentes principales de las matriz de porfiritas alcalinas y de composición intermedia a ácida.
		FPKs-III	En masas y venillas, y/o halos de alteración; típico de la alteración hidrotermal potásica y relacionadas.
		ad	FPKs-III (adularia) típico de ambientes hidrotermales de baja sulfuración y similares; frecuentemente acompañado de cuarzo hidrotermal (cz III).

Este es el esquema institucionalizado desde los primeros reportes petrográficos (década de los 80) para Yanacocha y Pierina; actualmente empleados de manera difundida en muchos otros proyectos y operaciones; no sólo epitermales HS, sino pórfidos de Cu-Au-Mo. ad: Adularia; ab (albita secundaria)

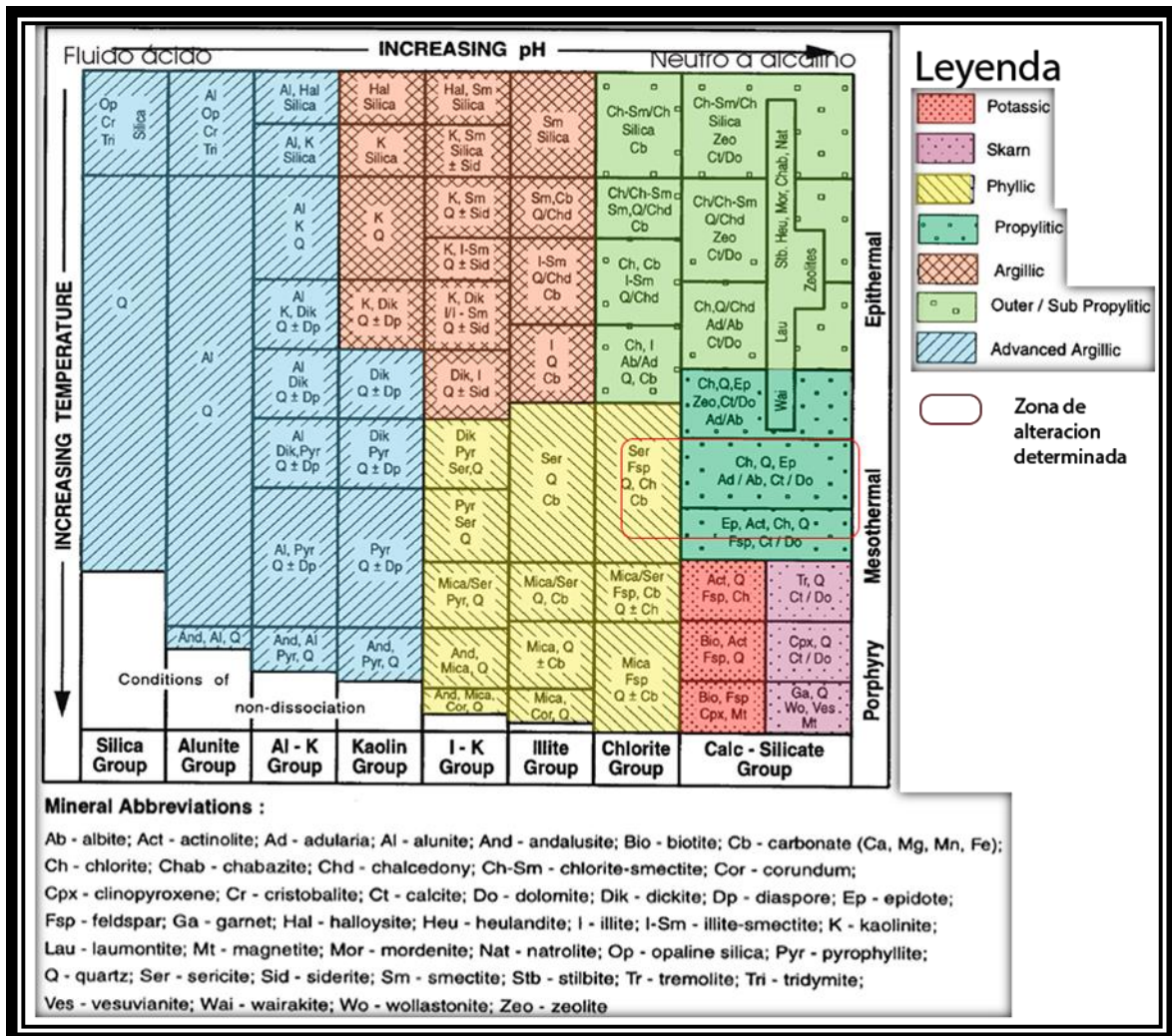
Modificado de S. Canchaya

C) Espectro para la roca caja y sus minerales presentes de alteración, analizado con el programa SPECMIN.





D) Diagrama de alteraciones propuesto por Corbett y Leach 1998.



BIBLIOGRAFIA

- Boletín N° 9, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 63 p.
- Burns, Ross F, Van Hees and Greasley Mark (2008), Technical Report on the San Juan Mine (Arequipa-Perú).
- Cabrera J. (1991) Geología, Aspectos Petro-Estructurales y modelo hipotético de mineralización del Yacimiento Minero San Juan de Chorunga.
- Carpio A. (1980) Estudio Geo-Minero y Calculo de Reservas de las Vetas San Juan, Mercedes y Alpacay del Yacimiento Aurífero De San Juan de Chorunga.
- Carpio D. (2017) control geológica estructural de mineralización y correlación de Flujos Hidrotermales en veta mercedes unidad minera San Juan de Chorunga.
- Cobbing & Pitcher (1983) Andean Plutonism in Peru and its relationship to volcanism.
- Cobbing, E.J, Pitcher, W.S, and Taylor W.P (1977) Segments and super-units in the Coastal Batholith of Peru .
- Craig J.R. (2005) Classifying, Distinguishing and Exploring for Intrusion-Related Gold Systems.
- De Montreuil L. (1979) Ocurrencias de Oro y sus asociaciones-Franja Nazca-Ocoña.
- De Montreuil L (1990), Mineralogía de Yacimientos Auríferos del Perú
- De Pablo, L. (1964). Las arcillas, clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. México: Bol. Soc. Geol. Mexicana, t. XXVII, n 2, p. 49-92.
- Erickson, G., Cañas Pinochet, M. & Reinemund, J. (Eds.): Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Huston, Texas, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Sciences Series, Vol. 11, p. 91-117.
- Farrokhpay, S., Ndlovu, B., & Bradshaw, D. (2016). *Behaviour of swelling clays versus non-swelling clays in flotation*. Miner. Eng., vol. 96–97, pp. 59–66.
- Google (2019). Imagen satelital de los ríos san juan y Ocoña. Recuperado el 10 de octubre, 2019 de <https://earth.google.com/web/@-15.92109414,-73.12134937,826.56904101a,4181.61829545d,35y,41.90167667h,81.20990859t,0r>.
- Google (2019). Imagen satelital de pampa costera. Recuperado el 11 de octubre, 2019 de <https://earth.google.com/web/@-16.07548425,-73.13005732,1909.22980285a,12867.01498809d,35y,173.27761613h,71.68274184t,0r>
- Google (2019). Imagen satelital de escarpa costera. Recuperado el 11 de octubre, 2019 de <https://earth.google.com/web/@15.99259394,73.13219168,1514.98039611a,5877.68158996d,35y,102.54875361h,75.80074052t,0r>
- Google (2019). Imagen satelital de cono aluvial. Recuperado el 11 de octubre. 2019 de <https://earth.google.com/web/@15.8414195,73.11134017,844.67603037a,3338.7495048d,35y,-62.23599952h,69.62580171t,0r>
- Gutiérrez V. (1983) Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí (Hojas: 31-p y 32-p), Boletín # 37.

- Huamán, D., (1985). Evolution tectonique cénozoïque et néotectonique du piémont pacifique dans la région d'Arequipa (Andes du Sud-Pérou). Thèse de doctorat de 3e cycle, Université de Paris-Sud (Orsay), 220 p.
- Huamani J. (1984) Geología de la Veta Mercedes e Interpretación de secciones Longitudinales Contorneadas (Ramal Norte), Minas Ocoña S.A-San Juan de Chorunga.
- Huanqui C. (1985) Estudio geológico y secciones longitudinales contorneadas de la veta Alpacay Minas ocoña S.A San juan de Chorunga.
- Hunt, G., Salisbury, J., & Lenhoff, C. (1971). *Imágenes espectrales del infrarrojo visible y del infrarrojo cercano de minerales y rocas: III. Oxidos e hidróxidos*. Modern Geology, v. 2, p. 195-205.
- Mamani M. (2010) Arcos magmaticos Meso – Cenozoicos del Peru .
- Martinez P (1996), Yacimientos Auríferos relacionados al Batolito de la Costa en la franja Nazca-Ocoña
- Nina W. 2019, caracterización mineralógica e implicancia geometalúrgica en el yacimiento pórfido-Skarn del batolito Andahuaylas- Yauri.
- Núñez F. & Condori A. (1994), Características Metalogenéticas de las Mineralizaciones Auríferas asociadas al segmento sur del Batolito de la Costa.
- Ostrooumov, M. (2006). *Avances recientes de Espectrometría infrarroja en Mineralogía avanzada*. Boletín de Mineralogía, vol. 17, N. 1, 24-34.
- Quicaño, Alvarado (2006), Geología de la veta Mercedes y controles de mineralización de minas Ocoña S.A.
- Páez, C. (2008). *Espectrometría de reflectancia (SWIR) aplicada para mapeo de alteración en la zona de Viruela-La Cruz, proyecto La India: Distrito Minero Mulatos, Sahuaripa, Sonora México - Memoria de Tesis*. México: Universidad de Sonora.
- Sempere T., Noury M., García F. y Bernet M. (2014). Elementos para una actualización de la estratigrafía del Grupo Moquegua, Sur del Perú. 17 Congreso Geológico Peruano. Lima septiembre 2014.
- Sempere, T., Fornari, M., Acosta, J., Flores, A., Jacay, J., Peña, D., Roperch, P. & Taipe, E. (2004). Estratigrafía, geocronología, paleogeografía y paleotectónica de los depósitos de antearco del sur del Perú. XII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos. Sociedad Geológica del Perú, p. 533-436.
- Sillitoe R, H, (1974), Tectonic Segmentation of the Andes implications for magmatism and metallogeny .
- Sillitoe, R. & Mortensen, J. (2010). Longevity of porphyry copper Formation at Quellaveco, Perú. Economic Geology, v. 105, p. 1157–1162.
- Sillitoe, R, H, (1991) Intrusion-related gold deposits
- Steinmann, G., Stappenbeck, R., Sieberg, F. & Lisson, C. (1930). Geología del Perú. Con contribuciones de R. Stappenbeck sobre yacimientos de minerales útiles; de F. Sieberg sobre los terremotos en el Perú y de C. Lisson en el Mapa Geológico. Heidelberg: Carl Winters Universitats buchhandlung, 448 p.

- Stewart, J. (1968). Rocas intrusivas del cuadrángulo de la Joya: Servicio de Geología y Minería del Perú Boletín, N° 19, p. 43-78.
- Stewart, J., Evernden, J. & Snelling, N. (1974). Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. Geological Society of America Bulletin, 85: 1107-1116.
- Torres, P., Alván, A. & Acosta, H. (2008). "The Proterozoic basement of the Arequipa massif, southern Peru: Lithologic domains and tectonics". 7th International Symposium on Andean Geodynamics ISAG, Niza, Extend Abstracts: p. 549-552.
- Tosdal, R., Farrar, E. & Clarck, A. (1981). K-Ar geochronology of the Late Cenozoic volcanic Rocks of the Cordillera Occidental, southernmost Peru. Journal of Volcanology and Geothermal research, Vol. 10, p. 157-173.
- Tumialan P. & Ballon A (1982), Contribución de la geología económica de la provincia metalogenética Nazca-Ocoña, Programa científico
- Thierry Sempere, et al (2014), Elementos para una actualización de la estratigrafía del grupo Moquegua, sur del Perú.(XVII congreso peruano de Geología)
- Valdez Juárez, David (2009), Evaluación Geológica de la mina San Francisco (Condesutos-Arequipa).
- Van Hees and Robert A. Younker (2011), NI 43-101 Technical Report on the San Juan Gold Mine (Arequipa-Perú).
- Van Hees, Edmond. H. and Younker, Robert A. (2011), NI 43-101 Technical Report on the San Juan Gold Mine (Arequipa - Perú).
- Vargas, L. (1970) Geología del cuadrángulo de Arequipa. Inst. Geol. Min. Metal. Lima, Bol. N°24 Serie A, 64 pp.
- Vicente, J. (1989). Early late Cretaceous overthrusting in the Western Cordillera of Southern
- Vicente, J. (1981). Elementos de la Estratigrafía Mesozoica Sur-peruana. Comité Sudamericano del Jurásico y Cretácico: Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur. Vol. 1, Cap. 6; p. 319-351.
- Walter L. Pohl (2017) Economic Geology principles and practice.
- Walter Callo (2017) New metallogenic approaches to the Coastal Batholith, Arequipa segment between 15° and 16° 30' South latitude, Peru – INGEMMET y Nanjing Center project.
- Wasteneys, H., Clark, A., Farrar, E. & Langridge, R. (1995). Grenvillian granulite-facies metamorphism in the Arequipa Massif, Peru: A Laurentia-Gondwana link: Earth and Planetary Science Letters, v. 132, p. 63–73.
- Wilson, J. & García, W. (1962). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. Bol. N° 4, Comisión Carta Geológica Nacional, 82 p.