

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

**DOCUMENTO SOBRE INCLUSIONES FLUIDAS VII: PETROGRAFÍA
MINERALÓGICA Y TEXTURAL EN LA EXPLORACIÓN DE LA VETA LAS
PATAGUAS, DISTRITO MINERO DE ALHUÉ, REGIÓN METROPOLITANA,
CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

MAURICIO HERNÁN MALDONADO CORNEJO

PROFESOR GUÍA:
DANIEL MONCADA DE LA ROSA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
BRIAN TOWNLEY CALLEJAS
GREGORY DE PASCALE

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL

TÍTULO DE: Geólogo

POR: Mauricio Maldonado C.

FECHA: 13-08-2019

PROF. GUÍA: Daniel Moncada, PhD

“Documento sobre inclusiones fluidas VII: Petrografía mineralógica y textural en la exploración de la veta Las Pataguas en el Distrito Minero de Alhué, Región Metropolitana, Chile”

Numerosos autores han documentado la relación entre la ebullición de fluidos hidrotermales y la precipitación de metales preciosos.

La importancia de la ebullición es su representatividad como uno de los mecanismos de precipitación de metales preciosos y base más importante dentro de ambientes hidrotermales, caracterizándose por la formación de variadas texturas minerales e inclusiones fluidas que evidencia dicho proceso, tales como la presencia de arreglos de inclusiones ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido y arreglos con inclusiones solo ricas en vapor. Dichas evidencias sugieren que un estudio petrográfico de texturas minerales e inclusiones fluidas puede ser implementado en la exploración y búsqueda de zonas de bonanza de interés económico. Considerando estas evidencias, el objetivo de esta investigación es establecer criterios para la exploración a partir del estudio de la veta las Pataguas, ubicada en el distrito minero de Alhué, al suroeste de la Región Metropolitana.

Mediante el estudio petrográfico se logró identificar la presencia de variadas texturas minerales asociadas a eventos de mineralización y a la ebullición misma, dentro de las que destacan: la textura rompecabeza, coloforme, crustiforme y cuarzo reemplazando calcita hojosa. En cuanto a la petrografía de inclusiones fluidas, el sistema se caracteriza por la presencia de FIAs rica en vapor en casi la totalidad de las muestras observadas y menor presencia de inclusiones ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor que aumentan hacia la superficie. Estas evidencias se encuentran estrechamente ligadas a zonas de abundante mineralización, con esfalerita, galena, pirita, calcopirita y electrum. Este último se identificó a través del análisis SEM, como pequeños granos inmersos en cuarzo rompecabeza y coloforme. Las evidencias sugieren que la ebullición es un mecanismo eficiente en la precipitación de Au y Ag en la veta las Pataguas.

La aplicación del BCF como metodología para establecer una zona de mayor probabilidad de ocurrencia de ebullición, permitió identificar y ubicar un horizonte de ebullición alrededor de la cota 770, lo que se condice con la distribución que muestran los datos geoquímicos de sondajes, existiendo un enriquecimiento de metales preciosos sobre el horizonte y metales base-Ag bajo esta línea de ebullición.

De acuerdo a las evidencias petrográficas de inclusiones fluidas y texturas minerales se reconoce a la ebullición como mecanismo de precipitación dominante de la mineralogía de mena en la veta las Pataguas. Así, la clasificación y distribución de estas evidencias representan indicadores claves de zonas de enriquecimiento metálico y por lo tanto permiten establecer criterios para la exploración, como evidencia del telescopio de mineralización hacia la superficie, de cuerpos más profundos canalizados a través de la estructura que forma la veta.

*“Aprendí que el coraje no era
la ausencia de miedo, sino
el triunfo sobre él.
El valiente no es el que no
siente miedo, sino el que
vence el temor.”*

Nelson Mandela

AGRADECIMIENTOS

Esta memoria fue apoyada por FCFM-UChile concedida a Moncada D., y se ha realizado en el marco de los Proyectos FONDECYT 11170210.

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia, por estar siempre presente, a mis padres por la preocupación constante y su apoyo incondicional, gracias por mostrarme que la vida con esfuerzo tiene sus recompensas, que las acciones dicen más que las palabras y que la tranquilidad frente a situaciones difíciles es la mejor medicina.

A mi profesor guía, Daniel Moncada, por guiarme en este estudio, por sus enseñanzas y disposición, por su apoyo y preocupación frente a mis dificultades.

A todas aquellas personas que me han enseñado y aconsejado con humildad, desinterés y dedicación en mi camino como estudiante y en la realización de esta memoria. A mis profesores de toda la vida, los auxiliares y ayudantes.

A Yamana Gold Inc. y Minera Florida Ltda., por la oportunidad de poder realizar este estudio, por todo el apoyo, la disposición y la confianza.

A Don Mauricio Durán por la oportunidad de realizar mi práctica en el equipo de exploraciones de Minera Florida Ltda. A Andrés Gómez por guiarme y aconsejarme en el desarrollo de mi memoria, a todo el equipo de Yamana Gold Inc. de Minera Florida Ltda., desde técnicos hasta geólogos por compartir sus experiencias, por los buenos momentos y enseñanzas.

A todos mis compañeros y amigos que conocí en el transcurso de mi vida universitaria, por todos los momentos de estudio, relajo y distracción, en especial Magdalena Bassi por ser una gran amiga y por los momentos compartidos.

A julio Díaz por enseñarme a usar el taller de cortes, gracias por su paciencia y buena disposición.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivos.....	1
1.1.1	Objetivo general.....	1
1.1.2	Objetivos Específicos.....	1
1.2	Hipótesis de la investigación.....	1
1.3	Ubicación Zona de estudio.....	2
1.4	Antecedentes veta las Pataguas.....	4
1.5	Trabajos Anteriores.....	5
2	MARCO TEORICO	6
2.1	Texturas minerales.....	6
2.2	Inclusiones Fluidas.....	10
2.2.1	Introducción.....	10
2.2.2	Método científico.....	10
2.2.3	Clasificación.....	11
2.3	Depósitos hidrotermales.....	13
2.4	Solubilidad metálica de minerales de mena.....	17
3	MARCO GEOLÓGICO	25
3.1	Geología Regional.....	25
3.1.1	Rocas Estratificadas.....	25
3.1.2	Rocas Intrusivas.....	28
3.2	Geología Distrital.....	29
3.2.1	Rocas estratificadas.....	29
3.2.2	Intrusivos.....	31
3.2.3	Alteración.....	32
3.2.4	Geología Estructural.....	33
4	METODOLOGÍA	35
4.1	Petrografía Macroscópica.....	35
4.2	Preparación de cortes transparentes.....	35
4.3	Petrografía Microscópica.....	37
4.3.1	Petrografía textural y mineralógica.....	37
4.3.2	Petrografía de inclusiones fluidas.....	38
4.4	SEM-BSE.....	38

4.5	Factor de Confianza de Ebullición (BCF)	39
5	RESULTADOS	40
5.1	Petrografía y caracterización macroscópica	40
5.2	Petrografía y caracterización microscópica	44
5.2.1	Mineralogía	45
5.2.2	Texturas minerales	48
5.2.3	Inclusiones fluidas	54
5.3	Microscopia Electrónica de Barrido SEM-BSE	62
5.4	Geoquímica de Sondajes	63
5.5	Factor de Confianza de Ebullición (BCF)	65
6	DISCUSIONES	68
6.1	Análisis Geoquímica de sondajes	68
6.2	Petrografía y Paragénesis	69
6.3	Mecanismo de precipitación y transporte	75
6.4	Exploración	81
7	CONCLUSIONES	85
8	BIBLIOGRAFÍA	88
	Anexo A:	94
	Anexo B:	96
	Anexo C:	98
	Anexo D:	139
	Anexo E:	142
	Anexo F:	145
	Anexo G:	148

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Texturas de crecimiento primarias en cuarzo. Extraído, modificado y resumido de Dong et al. (1995) y Moncada et al. (2012).....	8
Tabla 2: Texturas de recristalización y reemplazo en cuarzo. Extraído, modificado y resumido de Dong et al. (1995) y Moncada et al. (2012).	9
Tabla 3: Tipos de depósitos epitermales. Resumido de Camprubi et al 2003.....	15
Tabla 4: Metales y ligantes más comunes según su comportamiento duro-blando	17
Tabla 5: Características asociadas a ebullición y su ponderación respectiva para el cálculo de BCF. Basado en Moncada et al. (2017).	39
Tabla 6: Porcentaje en peso (% en peso) y molar (% mol) semi-cuantitativo para los elementos detectados.	62
Tabla 7: Correlación entre las leyes de Au, Ag, Zn, Pb, Cu, Cd, Fe y Sb	64
Tabla 8: Tabla resumen de muestras y datos necesarios para el cálculo del BCF. ID: Número de muestra, coordenada X, Coordenada Y, Elevación (m.s.n.m), identificación de la veta Pat: Pataguas y DL: Don Leopoldo, concentración de Au, concentración de Ag, LV: FIAs ricas en líquido y ricas en vapor en coexistencia, V: FIAs ricas en vapor, CT: textura coliforme, BC, calcita hojosa, RQ: Calcita hojosa reemplazada por cuarzo, Ad: adularia, PT: textura plumosa, JT: textura rompecabeza y BCF: factor de confianza de ebullición.....	66
Tabla 9: datos para el cálculo de la temperatura a partir de la ecuación (II).....	80
Tabla 10: Descripción de sondajes CLDFH0028. Datos compartidos por el equipo de geología de exploraciones de Minera Florida.....	94
Tabla 11: Descripción de sondajes CLDFH0029. Datos compartidos por el equipo de geología de exploraciones de Minera Florida.....	96
Tabla 12: Descripción de muestras de mano de la veta las Pataguas.	98
Tabla 13: Descripción de muestras de mano de la veta las Pataguas.	98
Tabla 14: Base de datos texturas minerales presentes en cada muestra de la veta las Pataguas.....	139
Tabla 15: Datos tipos de FIAs y presencia en las muestras estudiadas, de la veta las Pataguas.....	142
Tabla 16: Datos geoquímicos de las muestras estudiadas de la veta las Pataguas (Base de datos geoquímicos, Equipo geología de exploración, Minera Florida).	145
Tabla 17: Datos geoquímicos y BCF muestras las Pataguas, indicando las características para el cálculo del factor de confianza de ebullición.	148

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Mapa de ubicación zona de estudio desde Santiago. Extraído y modificado de carta caminera, Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2016).2
- Figura 2: Mapa de rutas y accesos sector de Alhué. Extraído y modificado de carta caminera Ministerio Obras Públicas (MOP, 2016).3
- Figura 3: A la izquierda, Mapa geológico extraído y modificado de Gómez (2019). A la derecha, perfil generalizado de la veta las Pataguas, creado a partir de los datos de sondajes CLDFH0028 y CLDFH0029 (base da datos equipo de geología de exploració de Minera Florida).....4
- Figura 4: Esquema de distribuciones de inclusiones fluidas de acuerdo a su origen: Primarias (rojo) tienden a ser concéntricas a las zonas de crecimiento del cristal y secundarias (verde) cortan las zonas de crecimiento. Basado en Goldstein & Reynolds (1994)..... 12
- Figura 5: Condiciones de atrapamiento según el tipo de FIA. 12
- Figura 6: Modelo de depósito epitermal en ebullición. Se muestran zonaciones de texturas, alteración hidrotermal, y minerales de mena y ganga. Basado en el modelo de Buchanan (1981) con la temperatura reflejando el nivel de ebullición de un fluido con 2.84% NaCl bajo condiciones hidrostáticas. Modificada de Buchanan (1981), White & Hedenquist (1995), Corbett & Leach (1998) 16
- Figura 7: Recuperado de Williams-Jones et al. (2009). “solubilidad del oro (en partes por billón; línea sólida) y la especiación a 500 bar y 250°C en función de $\log fO_2$ y el pH en una solución conteniendo 1 m NaCl con $\Sigma S = 0.01$ m. La línea discontinua separa regiones de predominancia de H_2S , HS, SO_4^{2-} y HSO_4^- . Las Regiones de alta solubilidad están destacadas. La constante de estabilidad para el oro proviene de Stefansson & Serwad (2004), y los datos termodinámicos proviene de la base de datos de SUPCRT92 (Johnson et al. 1992).” 18
- Figura 8: Recuperado de Williams-Jones et al. (2009). “Solubilidad del oro en molalidad, m, y en partes por billón; y especiación a 1 kbar en función de la temperatura para una solución salina con contenido $mNaCl=1.5$ y $mKCl=0.5$, y un buffer de pH dado por la asociación feldespato potásico – moscovita – cuarzo. La línea negra discontinua representa la solubilidad máxima del oro. (A) $\Sigma S = 0.01$ m (S total) con buffer de fO_2 dado por la asociación hematita – magnetita. (B) Buffer de ΣS y fO_2 dado por la asociación pirita - pirrotita – magnetita; el valor máximo de ΣS es 0.01 m.”20
- Figura 9: Solubilidad de oro en función del pH y estado de oxidación (fO_2). Máxima solubilidad de oro en círculo amarillo y líneas de contorno de solubilidad (ppb) en líneas azules discontinuas. Solubilidades calculadas a una temperatura de 250°C, actividad de azufre $a_s=0.01$, concentración de potasio $mk+=5 \times 10^{-3}$ y magnesio $mMg_2+=4 \times 10^{-5}$. Las líneas verticales representan el equilibrio de Illita-adularia con sílice amorfa y cuarzo. Se representan igualmente los campos de estabilidad de especies sulfuradas y minerales de hierro. Extraído de Moncada & Bonar (2012). Modificado de Henley & Brown (1985); Shenberger & Barnes (1989). 21
- Figura 10: Solubilidad de plata en función del pH y estado de oxidación (fO_2). Máxima solubilidad de plata en círculo amarillo y líneas de contorno de solubilidad (ppb)

	en líneas azules. Los campos de estabilidad de las especies sulfuradas se muestran delimitados por líneas discontinuas. Las regiones de predominio de las especies $AgCl_2^-$ y $(HS)_2^-$ se muestran delimitadas por líneas gruesas. Solubilidades calculadas a una temperatura de 250°C, actividad de azufre $a_S=0.01$, actividad de cloro $a_{Cl^-}=0.1$. Extraído de Gammons & Barnes (1989).	22
Figura 11:	“Solubilidades de Au, Ag y Zn en función de las concentraciones de cloro y azufre, bajo condiciones redox y de pH de baja sulfuración (Henley, 1991). Las soluciones pobres en Cl típicas de depósitos epitermales de baja sulfuración ricos en Au (Hedenquist y Henley, 1985) transportan Au como complejos tiosulfurados, pero no tienen capacidad para transportar muchos metales básicos, que se transportan mediante complejos clorurados”. (Extraído de Camprubi & Albinson, 2006).....	23
Figura 12:	Diagrama Log a(Cl-) vs el pH para las especies acuosas predominante de Zn a 100°C, P_{sat} y $m(Stotal) = 0.05$, mostrando a pH neutro-alkalino, una dominancia de complejo sulfurado (Tagirov, 2007).	24
Figura 13:	Mapa geológico de la cordillera de la costa. Chile Central. Modificado de Herreros (2009). Nasi y Thiele (1982) y SERNAGEOMIN (1982).....	27
Figura 14:	Mapa geológico distrital (Modificado de archivos Minera Florida S.A.).	30
Figura 15:	Diagrama de polos, mostrando los sistemas de fallas principales y los esfuerzos asociados en el distrito minero de Alhué. Modificado de Araya, (2001).	34
Figura 16:	Maquinaria ubicada en los laboratorios del Departamento de Geología, FCFM, Universidad de Chile; utilizada en la fabricación de cortes quickplates: (A). Desbastadora/Pulidora consistente en dos discos rotatorios. (B) Sierra de corte diamantada	36
Figura 17:	Pasos para la fabricación de quickplate.....	36
Figura 18:	Microscopio óptico Olympus BX53 y platina Linkam THM-600, pertenecientes al Departamento de Geología de la Universidad de Chile.	37
Figura 19:	(a) Equipo Cressington 108C Auto carbón Coater. (b) Equipo SEM-EDX-CL Quanta 250. Ubicados en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile.	38
Figura 20:	Muestras de mano:(a) toba litocristalina con alteración propilítica y vetilleo de cuarzo blanco masivo; (b) Brecha de toba de cristales con cemento de cuarzo colofome y crustiforme, leve mineralización; (c) andesita peperítica con stockwork;(d) veta masiva de cuarzo con oxidación en patinas de Ox. de Mn y Fe; (e) toba cristalina con alteración propilítica y cálcica pervasiva y vetilleo de cuarzo crustiforme.....	41
Figura 21:	Muestras con texturas minerales asociadas a ebullición. (a) textura colofome, calcita hojosa reemplazada, crustiforme y mineralización; (b) veta masiva de cuarzo verde mineralizado y cuarzo crustiforme posterior; (c) veta masiva con cuarzo gris mineralizada; (d) brecha cementada con mineralización y cuarzo colofome; (e) veta-brecha con cuarzo colofome, mosaico euhedral y calcita hojosa reemplazada; (f) Veta de calcita rómbica y calcita hojosa sobreimpuesta.	42
Figura 22:	(a) muestra de veta que presenta cuarzo con textura peineta y calcita rómbica creciendo en espacio abierto; (b) veta masiva de cuarzo blanco con cuarzo peine en cavidad; (c) vetilla con cuarzo calcita hojosa reemplazada y cuarzo colofome posterior;(vetilla con cuarzo crustiforme con bandas de crecimiento; (c) brecha de cuarzo colofome verde y crustiforme hacia el centro;(F) brecha con calcita hojosa reemplazada.....	43

- Figura 23: Microfotografías. a) zona mineralizada en cuarzo (Qz) rompecabeza, presencia de galena (Gn), calcita (Cal) y clorita (Chl) a nicoles paralelos. b) igual que a, a nicoles cruzados. c) presencia de granate (Grt) y actinolita (act) y cuarzo (Qz) en zona de alteración. d) Epidota (Ep) y actinolita (Act), inmersa en cuarzo rompecabeza. e) vetilla de epidota (Ep) cortando roca caja y vetilla de cuarzo. f) vetilla s de calcita contando zona mineralizada de galena y clorita en veta de cuarzo.45
- Figura 24: Microfotografías a luz refleja. a) galena (Gn) y electrum (El) inmersos en cuarzo rompecabezas. b) esfalerita (Sp), con inclusiones de calcopirita (Cpy) en cavidades. d) esfalerita inmersa en cuarzo rompecabeza, junto con pirita (Py) y calcopirita (Cpy) en contacto simple. d) esfalerita (sp) en contacto simple con galena (Gn) y con emulsión de calcopirita (Cpy).46
- Figura 25: Microfotografías obtenidas con lupa de aumento. a) esfalerita (Sp), galena (Gn), calcopirita (Cpy) y pirita (Py) en veta de cuarzo (Qz) con texturas rompecabeza. b) vetilla de cuarzo colorme con banda de magnetita (Mt) y pirita (Py) masiva. c) veta de cuarzo rompecabeza con mineralización de especularita (Spe), magnetita (Mt), esfalerita (Sp), pirita (Py) y clorita (Chl). Veta de cuarzo con mineralizan de especularía (Spe) y clorita (Chl).47
- Figura 26: Microfotografías a luz transmitida. (a) cuarzo rompecabeza microcristalino a nicoles paralelos. (b) cuarzo rompecabeza microcristalino a nicoles cruzados. (c) cuarzo euhedral con inclusiones primarias a nicoles paralelos. (d) cuarzo euhedral con inclusiones primarias a nicoles cruzados. (e) cuarzo plumoso creciendo en los bordes de cuarzo euhedral a nicoles paralelos. (f) cuarzo plumoso creciendo en los bordes de cuarzo euhedral a nicoles cruzados.....49
- Figura 27: Microfotografías a luz transmitida. (a) dominio de cuarzo colorme microfibrroso inmerso en cuarzo rompecabeza a nicoles paralelos. (b) dominio de cuarzo colorme microfibrroso inmerso en cuarzo rompecabeza a nicoles cruzados. (c) bandeamiento rítmico de cuarzo colorme en la pared de una vetilla a nicoles paralelos. (d) bandeamiento rítmico de cuarzo colorme en la pared de una vetilla a nicoles paralelos.....50
- Figura 28: Microfotografías a luz transmitida de textura calcita hojosa reemplazada. (a) textura hojosa fantasma, cuarzo reemplazando parcialmente calcita hojosa, a nicoles paralelos. (b) igual que (a) a nicoles cruzados. (c) red hojosa, cuarzo reemplazando completamente calcita hojosa vista a nicoles paralelos. (d) igual que (c) a nicoles cruzados. (e) hojosa paralela, láminas de calcita hojosa paralelas reemplazadas por cuarzo. (f) igual que (e) a nicoles cruzados 51
- Figura 29: Microfotografías a luz transmitida. (a) textura Pseudoacicular inmersa en cuarzo rompecabeza a nicoles paralelos. (b) textura Pseudoacicular inmersa en cuarzo rompecabeza a nicoles cruzados.52
- Figura 30: Microfotografías a luz transmitida. (a) cuarzo peine y calcita rómbica de relleno vista a nicoles paralelos. (b) cuarzo peine y calcita rómbica de relleno vista a nicoles. (c) cuarzo zonal con planos de crecimiento con inclusiones fluidas primarias a nicoles paralelos. (d) cuarzo zonal con planos de crecimiento con inclusiones fluidas primarias a nicoles cruzados. (e) calcita rómbica cristalina y microcristalina observada en como el cemento de una brecha hidrotermal a nicoles paralelos. (f) textura cocarda de cuarzo creciendo en los bordes de fragmento líticos a nicoles cruzados53

Figura 31: Microfotografía de FIAs ricas en vapor primarias, creciendo en los planos de crecimiento de un cristal de cuarzo prismático euhedral y una FIA rica en vapor secundaria cortando el cristal y las FIAs primarias (DM-128).....	55
Figura 32: Microfotografía de una FIA rica en vapor secundaria, cortando un cristal de cuarzo subhedral que se encuentra inmerso en cuarzo rompecabeza microcristalino (DM-29).	55
Figura 33: Microfotografía que muestra dos FIAs ricas en vapor secundarias cortándose entre sí, se puede observar que las FIAs poseen una forma hexagonal (cristal negativo, DM-110).	56
Figura 34: Microfotografía que muestra una FIA rica en vapor secundaria (Tipo I, derecha), cortando una FIA rica en líquido secundaria (Tipo II; izquierda), en un cristal de cuarzo euhedral (DM-37).	56
Figura 35: Microfotografía que muestra Una FIA rica en líquido secundaria, en un cuarzo subhedral de gran tamaño inmerso en cuarzo rompecabeza microcristalino	57
Figura 36: Microfotografía que muestra una FIA rica en líquido, de carácter secundaria en calcita	57
Figura 37: Microfotografía que muestra una FIA rica en líquido primaria, creciendo en un plano de crecimiento en un cristal prismático en cuarzo crustiforme (DM-37)....	58
Figura 38: Microfotografía que muestra la presencia de FIAs de ebullición secundaria (Tipo III) y FIAs ricas en vapor (Tipo I) secundarias en un mismo cristal de cuarzo prismático crustiforme (DM-34).	59
Figura 39: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición de tipo primaria en un cristal de cuarzo subhedral (DM-53).	59
Figura 40: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición de tipo secundaria en un cristal de cuarzo euhedral (DM-44).....	60
Figura 41: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición secundaria, con inclusiones ricas en líquido con cristales de halita atrapadas en un cristal de cuarzo subhedral crustiforme de gran tamaño (DM-128).	60
Figura 42: Microfotografía que muestra una FIA de tipo secundaria rica en líquido (L), con cristales de Halita (H) en ellas. En cristales de cuarzo crustiforme euhedral de gran tamaño (DM-37).	61
Figura 43: SEM-BSE realizado muestras de electrum y galena. a) área detectada en electrum con señales de Au y Ag. d) área detectada en galena con señales de S y Pb (DM-151).	62
Figura 44: Graficas que muestran las leyes de los elementos Au, Ag, Zn, Cd, Pb y As versus la elevación.....	63
Figura 45: Distribución de las muestras más representativas, seleccionadas para el cálculo del factor de confianza de ebullición. Se presentan los datos de BCF (rojo), concentración de Au (azul) y concentración de Ag (Verde). Arriba, vista en planta; Abajo, vista de perfil. El área de color rojizo representa la zona de mayor correlación de BCF, Au y Ag.	67
Figura 46: Muestra de mano mostrando al menos 3 eventos de emplazamiento de fluidos silíceos: stockwork, brecha y veta, donde se observan tanto texturas de cristalización como de reemplazo y recristalización, siendo cortada por una vetilla de cuarzo con textura colofome y mineralización (DM-171).	69
Figura 47: Microfotografía obtenida a partir del SEM, donde se muestra un grano de electrum identificado en una imperfección en cuarzo rompecabezas (DM-150). .	71
Figura 48: Muestra de mano de una toba cristalolítica, que muestra una vetilla de cuarzo crustiforme con borde mineralizada. (a) zona mineralizada con presencia de	

esfalerita (Sp) y galena (Gn). (b) zona con cuarzo rompecabeza. (c) zona con cuarzo cristalino (DM-34).....	72
Figura 49: Paragénesis mineralógica y textural de veta las Pataguas. Se representan los principales eventos de mineralización identificados, así como sus texturas de ganga asociadas; y los tipos de arreglos de inclusiones fluidas (FIAs) hallados en ellas, la línea amarilla representa la etapa de formación de la mineralogía de mena más importante en el sistema.	74
Figura 50: Microfotografías que muestra la presencia de un dominio de calcedonia y texturas de recristalización como coloforme y rompecabeza microcristalina.	75
Figura 51: Abundancia relativa de texturas minerales y FIAs asociadas a procesos de ebullición y no ebullición en la veta las Pataguas.	76
Figura 52: Gráfico de torta, que muestra la abundancia relativa de los diferentes tipos de arreglos de inclusiones fluidas identificadas en el sistema.....	77
Figura 53: Relación de fases a temperatura ambiente de inclusiones fluidas. Arriba , teniendo salinidades de 10 y 25 wt% NaCl y Th desde 100°C a la temperatura crítica para cada composición. También muestra la relación de fases de inclusiones atrapadas con fase vapor y fase líquida en equilibrio. Abajo , teniendo salinidades de 30, 50 y 70 wt% NaCl y Th de 100 a 700°C, también muestra las relaciones de fases de inclusiones con fases sólidas atrapadas en las inclusiones. (Extraído de Roedder, 1984; desde Bodnar, 1982). En rojo, inclusiones fluidas asociadas a la veta las pataguas.....	79
Figura 54: Esquema que muestra la distribución del BCF, Au y Ag respecto a la elevación y la coordenada N. El área de color rojo representa la zona de mayor probabilidad de ocurrencia de la ebullición, mientras que la franja de color azul representa la zona de mayor concentración de Au. La línea segmentada de color negro corresponde a una estimación de la ubicación del horizonte de ebullición que varía alrededor de la cota 770.	82
Figura 55: Diagrama resumen en profundidad mostrando las concentraciones de Au y Zn, los datos de BCF, Los tipos de FIAs y texturas más representativas y su abundancia relativa, el horizonte de ebullición para la veta las Pataguas.	84

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Establecer criterios de exploración a partir de evidencias petrográficas de ebullición como el mecanismo de precipitación dominante en la veta las Pataguas, mediante la determinación y ubicación de un horizonte de ebullición que caracterice zonas de enriquecimiento de metales preciosos y metales base.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descripción macroscópica de las muestras obtenidas para identificar la mineralogía, texturas, alteración, mineralización y relaciones de corte.
- Realizar un estudio petrográfico microscópico en cortes transparentes rápido y doble pulido, para identificar texturas minerales y clasificar arreglos de inclusiones fluidas, así como asociaciones mineralógicas importantes.
- Interpretar datos geoquímicos de las muestras de sondajes y realizar una comparación con los datos texturales e inclusiones fluidas.
- Análisis semicuantitativo para la identificación de elementos económicos de interés (Au – Ag), y dilucidar su distribución en el sistema.
- Aplicar una metodología cualitativa y numérica para establecer zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de ebullición.

1.2 Hipótesis de la investigación

El distrito minero de Alhué se caracteriza por la formación de numerosas vetas de cuarzo ricas en Au, Ag y Zn que presentan una gran variedad de texturas minerales y el registro de numerosas inclusiones fluidas, que han sido estudiadas por varios autores. Estas representan una gran fuente de información sobre el origen de los fluidos mineralizantes de estas estructuras. Caracterizando así vetas asociadas a ambientes hidrotermales que representan la variabilidad del origen de la mineralización en el distrito.

La veta las Pataguas se caracteriza por presentar texturas minerales como rompecabeza, coliformes y calcita hojosa reemplazada, así como el atrapamiento de inclusiones ricas en líquido en coexistencia con vapor en vetillas aflorantes en superficie, lo que sugiere la ocurrencia de ebullición en zonas más profundas del sistema.

Se propone que la ebullición es el principal mecanismo de precipitación metálica en la veta las Pataguas, el cual controlaría la formación de zonas de bonanza de alta ley, caracterizándose por la presencia de texturas minerales e inclusiones fluidas asociadas a este proceso. Por lo tanto, dichas evidencias pueden ser usadas para establecer criterios para la exploración de zonas de enriquecimiento de metales preciosos y metales base en la veta las pataguas y en otras estructuras en el distrito minero de Alhué.

1.3 Ubicación Zona de estudio

La Veta de las Pataguas perteneciente al distrito minero de Alhué, se encuentra ubicada en la parte central de la cordillera de la costa de Chile, en las coordenadas $33^{\circ} 60' S$; $70^{\circ} 59' W$, a aproximadamente 70 km al suroeste de Santiago y 24 km al este de la Villa Alhué en la Región Metropolitana (Figura 1).

Para acceder desde Santiago a la zona de estudio (Figura 1) se debe tomar la ruta 78 camino a Melipilla y hacer intercepción con la ruta G-60 hacia el SW por 34 Km hasta el cruce Las Arañas. En el cruce se debe tomar la ruta G-66 (Camino de la Fruta que llega hasta los puertos de Valparaíso y San Antonio) y seguir hacia el sur por 21 Km hasta el poblado de Santa Inés. Finalmente se toma la ruta G-692 hacia el este en dirección a Villa Alhué (Figura 2).

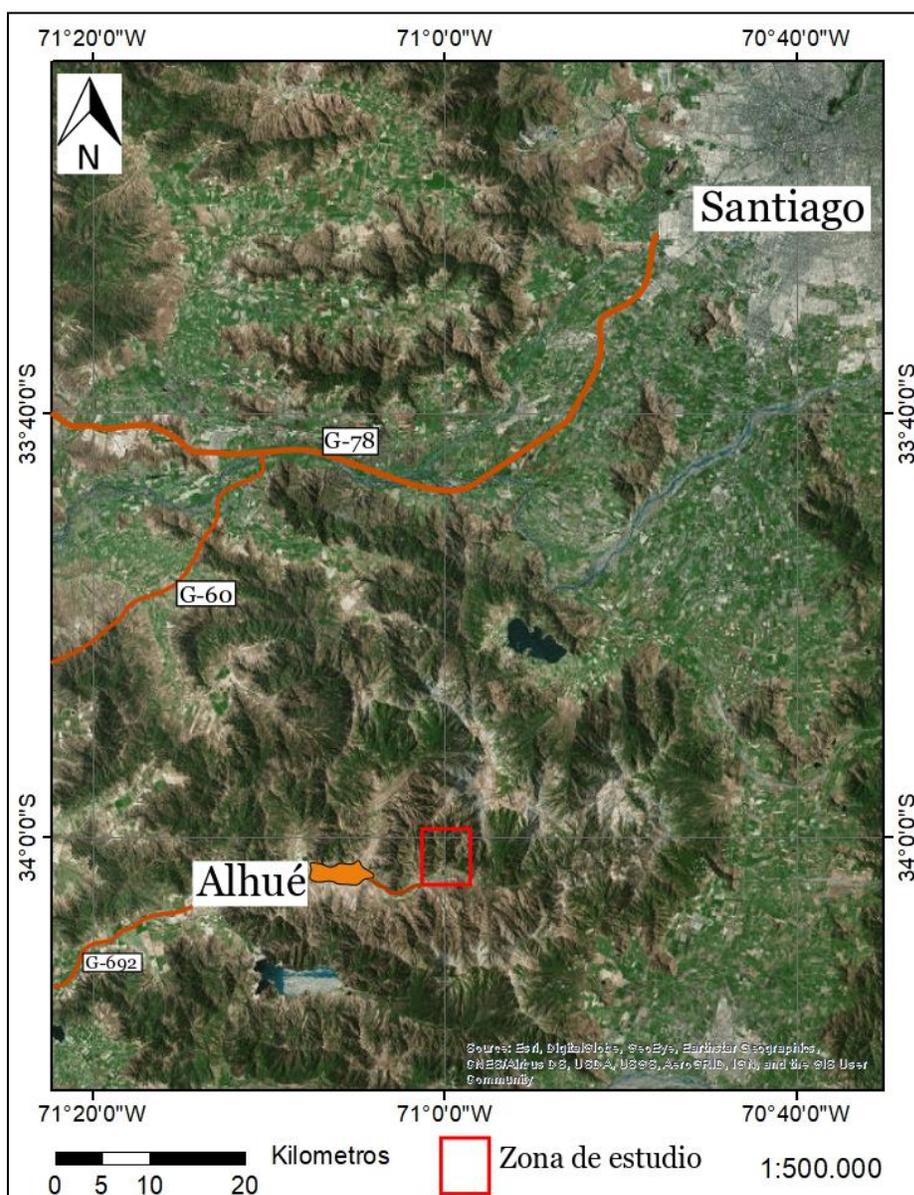
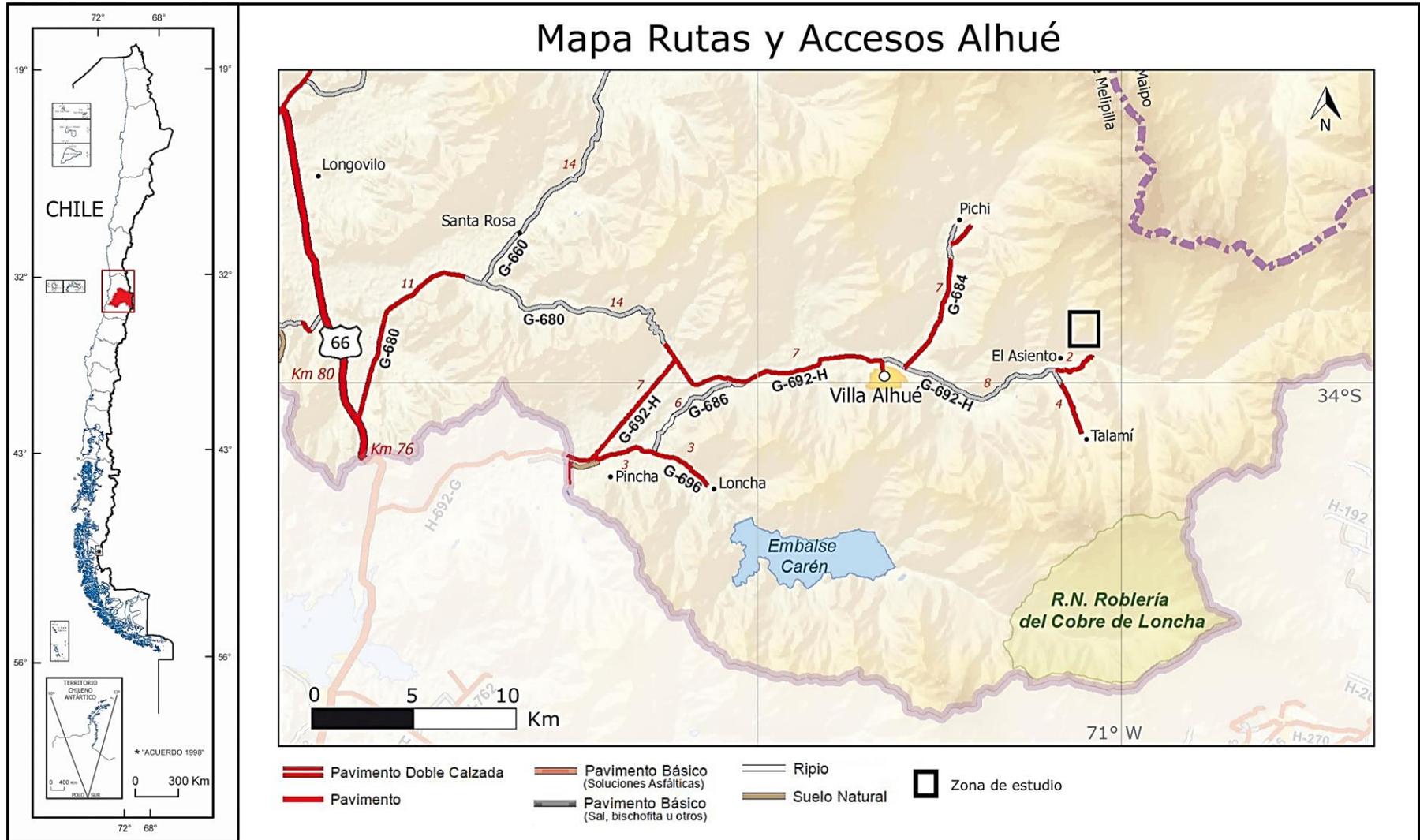


Figura 1: Mapa de ubicación zona de estudio desde Santiago. Extraído y modificado de carta caminera, Ministerio de Obras Públicas (MOP, 2016).

Figura 2: Mapa de rutas y accesos sector de Alhué. Extraído y modificado de carta caminera Ministerio Obras Públicas (MOP, 2016).



1.4 Antecedentes veta las Pataguas

La veta las Pataguas es una estructura vetiforme de rumbo WNW, que se ubica en el suroeste del distrito minero de Alhué, en una intercalación de rocas volcánicas andesitas, tobas cristalinas, líticas y fluidales principalmente. Limita a la izquierda en un contacto por falla con el Plutón Agua Fría y a la derecha con la falla La Flor (Figura 3), estas estructuras junto con la veta las Pataguas poseen una cinemática normal-dextral.

En la Figura 3, se observa un esquema general de la veta las Pataguas. A la izquierda se presenta un extracto modificado del mapa geológico realizado por el equipo de geología de exploración de Minera Florida, donde se muestra la ubicación y dirección de la veta las Pataguas y Don Leopoldo, así como la litología y parte del sistema estructural de la zona de estudio. A la derecha de la Figura 3, se presenta un esquema general de perfil de la veta las Pataguas, que muestra su cinemática normal. Creado a partir de los datos de sondajes CLDFH0028 y CLDFH0029, perteneciente a la base de datos del equipo de geología de exploración de Minera Florida (Anexo A y B).

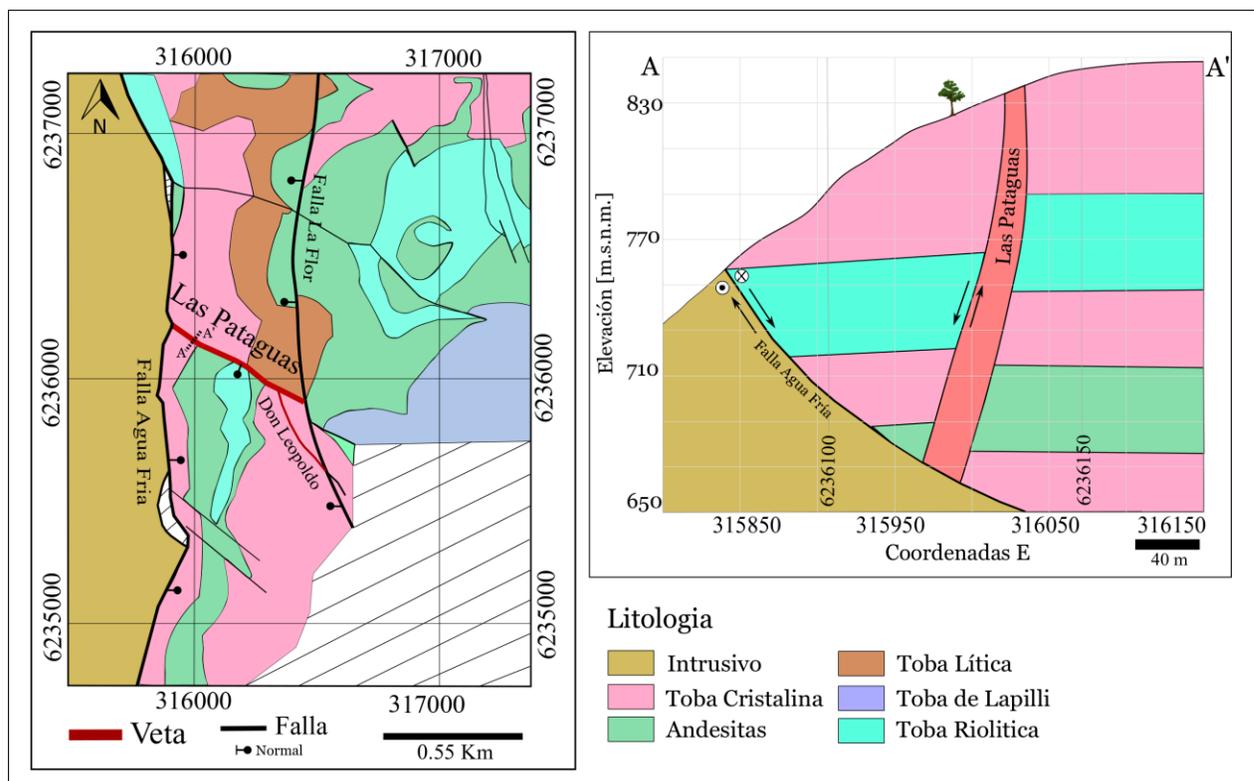


Figura 3: A la izquierda, Mapa geológico extraído y modificado de Gómez (2019). A la derecha, perfil generalizado de la veta las Pataguas, creado a partir de los datos de sondajes CLDFH0028 y CLDFH0029 (base de datos equipo de geología de exploración de Minera Florida).

1.5 Trabajos Anteriores

A continuación, se muestran una serie de trabajos que se realizaron en la zona de estudio, los cuales son relevantes para la investigación.

Piñana (1993), realizó un estudio de la génesis de la mineralización en el distrito minero el Membrillo de Alhué a través de la caracterización de los principales litologías, su geoquímica, la alteración que afecta las rocas, estructuras y petrografía de inclusiones fluidas, concluyendo en base a la mineralogía de mena, alteración hidrotermal asociada, condiciones de formación y ambiente geológico, que el yacimiento el Membrillo, corresponde a una veta de cuarzo aurífero epitermal, de afinidad volcánica, el cual se puede clasificar dentro de la tipología de yacimiento epitermales denominados de baja sulfuración el cual se habría formado a fines del Cretácico o comienzos del Paleógeno.

Araya Becerra (2001), presenta un extenso trabajo de caracterización y evolución económica de las estructuras presente en el distrito minero de Alhué, en ese entonces propiedad de la Empresa Minera Maipo S.A. Araya señala que el distrito es reconocido por la presencia de vetas auríferas constituidas principalmente por cuarzo que contiene mineralización metálica de oro y plata, magnetita, blenda, galena y calcopirita. Estas vetas son de potencias y corridas variables, entre 0,5 a 5m y de 100 y 1500m respectivamente, además su distribución estaría controlada por fallas presentes en el distrito (Norte-Sur, Este-Oeste, Noreste y Noroeste). Por otra parte, indica que las rocas volcánicas (roca caja), presentan halos de alteración constituidos por cuarzo en vetillas y en matriz de brechas y tobas, cantidades variables de epidota y clorita y en menor cantidad, actinolita, granate y calcita. Por último, alude que la mineralización del distrito presenta características de yacimientos mesotermales a epitermales de baja sulfuración.

Sepúlveda (2004), Caracterizar geológicamente la Veta Lorena y establecer antecedentes microtermométricos que permitan dilucidar acerca de su génesis. Los valores elevados de salinidad y temperaturas de homogenización indicarían que las vetas en estudio corresponden a un sistema mesotermal a epitermal con la posible participación de fluidos de origen magmático. La amplia distribución de temperaturas de homogenización encontradas en el presente estudio indica que se está en presencia de un sistema que habría involucrado más de un evento hidrotermal, lo que conlleva asociado una amplia gama de variaciones químicas de los fluidos hidrotermales.

Herreros (2007), Caracterizar geológicamente la Veta Peumo, establecer antecedentes microtermométricos y petrográficos que permitan dilucidar algunos rasgos de su génesis y llevar a cabo la estimación del recurso de mena de importancia en la estructura vetiforme. Se concluye entonces que el origen de la mineralización es hidrotermal con una zonación vertical desde una asociación mineral indicativa de alta temperatura, mesotermal, a un ambiente epitermal. El rango restringido de enfriamiento, 300 m aproximadamente, también queda reflejado en las texturas masivas tanto en la veta como en las brechas hidrotermales.

Poblete (2008), realizó un estudio de la geología, alteración y mineralización en los prospectos Las bellas y Don Bernardo, ubicados en la comuna de Alhué, donde concluye, en base a las concentraciones anómalas de Au y Ag, que dichos prospectos corresponden a un depósito de mayor profundidad que un epitermal. Además, a partir de los estilos de mineralización (vetas, brechas hidrotermales, stockwork, sheet veins y

diseminados), la litología y la presencia de diques pórfido mineralizados, atribuye estos prospectos a un ambiente de transición mesotermal-pórfido en ambiente de ebullición (brechas hidrotermales).

Gropper (2011), propone que el distrito minero de Alhué se ubica en la franja de yacimientos de vetas polimetálicas del Cretácico Superior de la cordillera de la Costa de Chile Central, dicha franja se caracteriza por corresponder a sistema de vetas de Cuarzo-sulfuros-sulfosales y brechas hidrotermales polimetálicas epitermales y mesozonales. También señala que los yacimientos presentes en esta franja están controlados fuertemente por estructuras subverticales y rocas asociadas a conductos y calderas de complejos volcánicos del cretácico superior, así como a niveles inferiores cerca de los stocks de la base del mismo arco volcánico.

2 MARCO TEORICO

2.1 Texturas minerales

Trabajos anteriores realizados en ambientes hidrotermales, han demostrado que la presencia de variadas texturas diagnosticas en cuarzo y calcita constituyen indicadores de las condiciones físicas de los fluidos hidrotermales y los procesos de mineralización (Adams, 1920; Bodnar et al., 1985; Dong et al., 1995; Henley & Hughes, 2000; Moncada et al, 2012).

Desde un punto de vista genético, las texturas de cuarzo pueden ser clasificadas en tres grupos principales (Dong et al., 1995; Tabla 1; Tabla 2):

a) Texturas de crecimiento primario: representan la morfología de la fase originaria durante su depositación, ya sea de crecimiento cristalino o bien de sílice amorfa.

b) Texturas de recristalización: representan procesos de recristalización de calcedonia a cuarzo, o bien, de cristalización y recristalización de sílice amorfa a cuarzo.

c) Texturas de reemplazo: representan la sustitución parcial o completa del mineral originario en vetas, por cuarzo.

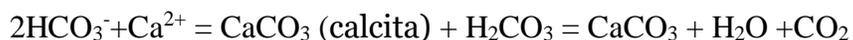
Adicionalmente, las texturas minerales exhibidas por cuarzo y calcita constituyen indicadores de posible ocurrencia o no de ebullición (Tabla 1; Tabla 2). Las texturas de ebullición son aquellas precipitadas directamente por soluciones sobresaturadas en sílice, o bien aquellas originadas a partir de la recristalización de sílice amorfo primario, a cuarzo o calcedonia. La sobresaturación ocurriría por rápido fracturamiento hidráulico, el cual provocaría una disminución abrupta en la presión, ebullición, y una consecuente disminución en la temperatura debido a la masiva pérdida de calor, necesaria para vaporizar el fluido (Moncada et al., 2012). Como consecuencia, una solución previamente saturada respecto a la sílice se vuelve rápidamente sobresaturada, resultando posteriormente en la precipitación de sílice amorfa; esto se debe a que la solubilidad del cuarzo, a temperaturas menores a los 340°C, disminuye con la temperatura y la presión (Fournier, 1985).

Moncada et al. (2012), presenta un resumen de texturas minerales que son características de una depositación rápida las que pueden ocurrir durante la ebullición

(*boiling*), y aquellas texturas donde los fluidos que precipitaron los minerales no están asociados a la ebullición, esta clasificación se puede observar en las tablas 1 y 2. Dentro de las texturas asociadas al proceso de ebullición, se encuentran la textura rompecabeza conocida como “*Jigsaw*”, siendo esta una de las texturas más comúnmente asociada con depósitos epitermales, esta se caracteriza por agregados de cuarzo cristalino a microcristalino y representa una recristalización de calcedonia o sílice amorfa interpenetrativa de los bordes de grano (Dong et al., 1995; Moncada et al., 2012). Esta textura de recristalización indica temperaturas >180°C, las inclusiones primarias en este tipo de cuarzo no reconocen las condiciones originales de depositación, debido a la morfología de los cristales y recristalización misma. La textura plumosa se caracteriza por mostrar una extinción variable con la posición en nicoles cruzados. Esta textura precipita producto de una sobresaturación de sílice debido a un enfriamiento rápido y una baja en la presión, seguido de una precipitación de sílice (Henley & Hugues, 2000; Moncada et al., 2012). Esta textura de cuarzo ha sido referida como “*feathery*” o “*Flanboyant*” por Adams (1920) y Dong et al. (1995) respectivamente.

Varios autores consideran la existencia de evidencias mineralógicas y texturales principales que son indicativas del proceso de ebullición, bajo estudios termodinámicos y el conocimiento de sistemas geotermales actuales (Browne y Ellis, 1970; Browne, 1978; Henley, 1985; Hedenquist, 1986; Simmons y Christenson, 1994; Hedenquist et al., 2000). A continuación, se presenten algunas de las evidencias más comunes en depósitos hidrotermales.

a) Calcita hojosa: esta textura generalmente se presenta siendo reemplazada por cuarzo, ya sea parcial o de forma completa: indica que ha ocurrido ebullición, el cual se produjo debido a una pérdida de CO₂, y una posterior saturación en calcita, bajo la siguiente reacción:



b) Adularia: indica que ha ocurrido ebullición, la formación de este mineral indica un aumento de pH debido a la pérdida de CO₂, pasando del campo de estabilidad de la illita al de la adularia, bajo la siguiente reacción



Sin embargo, Dong y Morrison (1995), señalan que la sola presencia de adularia en un depósito epidermal de BS no asegura automáticamente que se haya producido ebullición, ya que algunos tipos morfológicos de adularia pueden haberse producido bajo condiciones de cristalización lenta, lo cual invalidaría la existencia de ebullición. Por ello, no basta la identificación de este mineral para deducir la existencia de ebullición, sino que se precisa de su identificación morfológica. Según Dong & Morrison (1995), las morfologías de adularia aptas para inferir la existencia de ebullición son la pseudoromboédrica y la pseudoacicular.

c) Sílice amorfa o de calcedonia: la presencia de esta indica que se ha producido un enfriamiento brusco del fluido, a temperaturas de deposición entre 100 y 190°C (White y Hedenquist, 1990), y una sobresaturación de sílice en el fluido que también puede indicar ebullición. La presencia de texturas de cuarzo heredadas de geles de sílice, como las expuestas anteriormente y presentadas en las Tablas 1 y 2, puede ser buena indicadora de ebullición en el ambiente epidermal (Dong et al., 1995).

Tabla 1: Texturas de crecimiento primarias en cuarzo. Extraído, modificado y resumido de Dong et al. (1995) y Moncada et al. (2012).

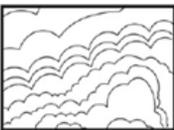
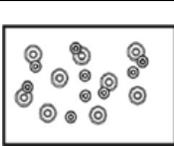
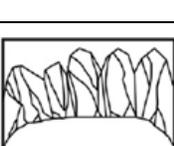
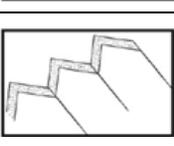
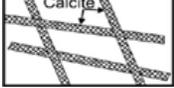
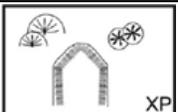
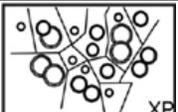
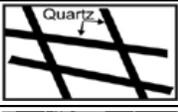
Texturas primarias de cristalización	Esquema	Tamaño / Forma grano	Formación	Clasificación (Moncada, 2012)	Características	Referencias
Masiva		Variable / Anhedral	Bajas temperaturas (180°C, intermedia sobresaturación respecto al cuarzo).	No Ebullición	Término general que se refiere a vetillas de cuarzo con una apariencia más o menos homogénea y sin bandeamiento sobre amplias áreas, fracturas de cizalle o características similares. Puede presentar cierta gradación en el tamaño cristalino.	Foumier (1985) Dong (1995) Morrison (1990) Ramayo (2001)
Coloforme		Fino / Fibroso -Anhedral	*	Ebullición	Para minerales de sílice, esta textura es una característica distintiva de agregados de calcedonia en bandas finas rítmicas. Bajo el microscopio, la calcedonia en bandas coloformes a menudo tiene un hábito microfibrroso con agudos ángulos entrantes entre esferoides en contacto adyacente.	Rogers (1917) Morrison (1990) Dong (1995)
Musgo		Fino / Variable	*	Ebullición	En especímenes de mano, los agregados silíceos muestran una apariencia turbida heterogénea, similar a la vegetación musgosa. Bajo el microscopio, los grupos de esferas se destacan por la distribución de impurezas dentro de agregados de minerales de sílice. Algunas impurezas esféricas también muestran un patrón interno concéntrico o radial.	Adams (1920) Dong (1995)
Peineta		Variable / Prismático	Subsaturado respecto a la calcedonia. Durante enfriamiento del sistema.	No Ebullición	Grupo de cristales de cuarzo paralelos o subparalelos los cuales están orientados de forma perpendicular a las paredes de la vetilla, asemejándose a los dientes de un peine. Los cristales normalmente muestran un tamaño de grano uniforme y tienen terminaciones euhedrales en su forma final.	Adams (1920) Foumier (1985) Dong (1995) Morrison (1990)
Zonal		Variable / Prismático	Ligera saturación respecto al cuarzo.	No Ebullición	La textura zonal muestra zonas alternadas claras y lechosas dentro de cristales de cuarzo individuales. Las zonas lechosas son usualmente llenadas con fluidos o inclusiones sólidas y son siempre paralelas a las caras del crecimiento cristalino.	Adams (1920) Foumier (1985) Dong (1995) Ramayo (2001)
Calcita Rómbica		Variable / Rómbico	*	No Ebullición	Representa el colapso de las aguas carbonatadas calentadas por vapor poco profundas al final de un ciclo hidrotermal dado, formando cristales de calcita con apariencia rómbica y rombohédrica.	Moncada (2012)
Cacital Hojosa		Variable / Hojas	*	Ebullición	Cristales alargados, aplastados como hojas de cuchillo que forman un entramado.	Moncada (2012)

Tabla 2: Texturas de recristalización y reemplazo en cuarzo. Extraído, modificado y resumido de Dong et al. (1995) y Moncada et al. (2012).

Texturas de recristalización	Esquema	Tamaño / Forma grano	Formación	Clasificación (Moncada, 2012)	Descripción detallada	Referencias
Rompecabeza / Mosaico		Fino/ Anhedral	Recristalización de calcedonia y sílice amorfa.	Ebullición	Agregado de cristales de cuarzo microcristalino y cristalino con bordes de grano altamente irregulares e interpenetrativos. En muestras de mano, la muestra usualmente tiene una apariencia vítrea y apretujada. Es comunes en depósitos epitermales y jasperioidales.	Lovering (1972) Saunders (1990) Dong (1995)
Plumoso		Variable / Prismático	Crecimiento epitaxial de cuarzo, seguido de recristalización de los pequeños cristales en leve continuidad óptica con el cristal huésped.	Ebullición	Bajo el microscopio a nicolas cruzados, los cristales de cuarzo muestran una apariencia astillada o plumosa vista sola como una leve diferencia óptica en su posición de máxima extinción. Esta textura es bien desarrollada en los márgenes de cristales de cuarzo con un claro núcleo euhedral o como parches en todos los cristales.	Adams (1920) Sanders y Black (1988) Dong (1995)
Extravagante		Variable / Redondeado	Recristalización de agregados de calcedonia fibrosa primaria en textura coliforme o musgo.	Ebullición	La principal característica de esta textura es la extinción radial o extravagante de cristales individuales con un contorno de cristal más o menos redondeado. Similar a la textura plumosa, puede ser desarrollado en el borde de un cristal de cuarzo con un claro núcleo euhedral o en todo el cristal.	Adams (1920) Sanders y Black (1988) Dong (1995)
Esfera Fantasma		Fino / Anhedral	Recristalización de sílica amorfa o calcedonia con textura musgo.	Ebullición	Comunmente ocurre dentro de cuarzo microcristalino como nube esférica destacada por la distribución de impurezas. Puede ser considerada como una textura musgo especial, porque ambas tienen las mismas características y distribución esférica de impurezas dentro de fases silíceas tales como sílice amorfa, calcedonia o cuarzo.	Adms (1920) Dong (1995)
Texturas de reemplazo	Esquema	Tamaño / Forma grano	Formación	Clasificación (Moncada, 2012)	Descripción detallada	Referencias
Pseudohojosa		Fino / Anhedral a prismática	Reemplazo de carbonatos masivos granulares por sílica, a lo largo de defectos aleatoriamente distribuidos.	Ebullición	Esta textura es comparable con la textura de cuarzo pseudomorfa lamelar, platy o tabular. Se muestra una red de sílice hojosa intersectando con cavidades poliedrales parcialmente rellenas con cuarzo comb que crece perpendicularmente a ellos.	Lindgren (1901) Schradler (1912) Morgan (1925) Dong (1995)
ghost bladed		Fino / Anhedral	Reemplazo parcial de carbonatos con textura hojosa aleatoriamente distribuida.	*	Comunmente las hojas se presentan dispersas aleatoriamente dentro de agregados de cuarzo y cavidades. Bajo el microscopio, las hojas son diferenciadas de la matriz por la diferencia en el tamaño de grano, forma y/o contorno de impurezas.	Dong (1995)
Parallel Bladed		Fino / Anhedral a rectangular	Reemplazo de carbonatos masivos o granulares por sílica a lo largo de estructuras paralelas.	*	Hojas de de sílice son paralelas dentro de un grupo, pero grupos adyacentes pueden tener diferentes orientaciones. La característica microscópica es esencialmente similar a la textura hojosa; cada grupo comprende un set de suturas paralelas, separadas incluso por cristales de cuarzo rectangulares o por cristales prismáticos.	Adams (1920) Dong (1995)
Pseudoacicular		Fino / Anhedral a rectangular	Reemplazo de calcita por cuarzo y adularia. A lo largo de estructuras radiales aciculares.	Ebullición	En muestras de mano, se caracteriza por formar agregados de minerales de sílice, comunmente asociado con adularia o sus productos meteorizado (sericita o caolinita), muestra una apariencia radial acicular. Bajo el microscopio, esta es indicada por arreglos lineales de grano fino, a veces casi rectangular, cristales de cuarzo y/o una distribución de adularia o su producto meteorizado.	Lindgren y Bancroft (1914) Adams (1920) Lovering (1972)

2.2 Inclusiones Fluidas

2.2.1 Introducción

Las inclusiones fluidas (IF), son cavidades rellenas con líquidos que posteriormente son selladas dentro de los minerales (Roedder, 1984). Cuando estas IF se encuentran atrapadas dentro de minerales diagenéticos, proporcionan y dan el único medio directo de examinar el origen de los procesos hidrotermales involucrados en su formación, ya que almacenan información sobre temperaturas, presión y composición de los fluidos formadores de rocas (Goldstein & Reynolds, 1994).

El estudio de inclusiones fluidas, como herramienta de investigación, responde a una filosofía que requiere una formulación inicial del problema geológico en cuestión, seguido de un estudio cuidadoso de las muestras asociadas a un contexto geológico y paragenético, con el objetivo de determinar si las inclusiones fluidas serán útiles y poder responder la pregunta geológica planteada (Goldstein & Reynold, 1994).

Primeramente, se deben cumplir ciertas reglas fundamentales que permitan obtener información válida respecto a las condiciones originales de atrapamiento; estas condiciones son conocidas como “Roedder’s rules”, (Roedder, 1984):

1. El fluido presente dentro de una inclusión es atrapado como una fase homogénea.
2. Se asume que nada es removido o añadido posterior al atrapamiento, comportándose de esta forma como un sistema cerrado, permitiendo solo la transferencia de calor y no de masa.
3. Por último, las inclusiones son consideradas como sistemas isocóricos, es decir, el volumen de la inclusión permanece constante posterior a su atrapamiento.

Un arreglo de inclusiones fluidas (FIA), se define como un conjunto o grupo de inclusiones fluidas asociadas a un evento de atrapamiento de fluidos que pueden ser definidos por características petrográficas (Goldstein & Reynolds, 1994). Cada FIA se define en base a una asociación petrográfica en la que todas las inclusiones fueron atrapadas (cierre), en un mismo tiempo (Goldstein, 2003).

Es importante señalar que, si bien las inclusiones fluidas pueden ser atrapadas en diversos minerales, tales como cuarzo, calcita yeso, esfalerita, feldespatos fluorita, entre otros. La confiabilidad de los datos obtenidos responde al grado de resistencias a la sobrepresión de cada uno de estos minerales, lo que se reflejará en la susceptibilidad de las inclusiones al reequilibrio térmico y la decrepitación. Dentro de estos, y debido a su elevada estabilidad el cuarzo es el mineral huésped más confiable a partir del cual obtener datos microtermométricos (Bodnar et al., 1985).

2.2.2 Método científico

Goldstein & Reynolds (1994), señalan que un estudio de inclusiones fluidas debe emplear un procedimiento científico para realizar un correcto uso de IF que permitan entregar las condiciones PTX hacia las interrogantes planteadas. A continuación, se detallan los pasos básicos necesarios para todo estudio de IF:

1. El primer paso es proponer una interrogante, la cual se busca responder implementando la técnica de estudio de IF.

2. Luego se deben seccionar aquellas muestras más representativas y adecuadas que apunten a responder la interrogante planteada.
3. El siguiente paso consiste en realizar un contexto paragenético de los minerales de interés, bajo el cual se encuentren las inclusiones fluidas.
4. El cuarto paso es realizar una caracterización petrográfica de las inclusiones fluidas, con el objetivo de identificar aquellas IF requeridas para responder la pregunta en cuestión y seleccionar aquellas más representativas para los estudios microtermométricos posteriores. En este paso el inclusionista deberá determinar el origen de las IF y que papel tienen en el marco paragenético.
5. Si están presentes las inclusiones fluidas apropiadas, el siguiente paso es la realización del análisis microtermométrico. Las mediciones de laboratorio proporcionarán datos de densidad de temperaturas de homogeneización y datos de composición del trabajo en etapa de enfriamiento. Los datos requeridos para este análisis deben ser obtenidos de varias inclusiones dentro de un grupo que están petrográficamente asociadas entre ellas.
6. Por último, si no son requeridos y se tienen los recursos, se realizarán técnicas analíticas no destructivas y destructivas, para obtener y estimar datos más precisos y detallados de la composición, estos análisis pueden ser tanto de roca total o de inclusiones fluidas (Raman, LA-ICPMS, SEM, etc.).

2.2.3 Clasificación

Par la mayoría de los estudios de IF, la determinación del origen es de gran importancia para dirigir estudios analíticos posteriores que conduzcan a responder la interrogante en cuestión. Roedder (1984), plantea una clasificación esencialmente de carácter petrográfico, la que responde a la génesis, en el sentido de temporalidad de atrapamiento del fluido respecto al crecimiento del mineral huésped. A partir de lo señalada anteriormente las inclusiones fluidas se pueden clasificar en primarias y secundarias.

Las **inclusiones primarias** (Figura 4), se forman cuando los fluidos son atrapados durante y como el resultado directo del crecimiento cristalino (Goldstein, 2003). Las cuales son mejor identificadas por su relación directa con la zonación de crecimiento de un mineral, pueden aparecer en planos de crecimiento, en pequeñas imperfecciones o bien presentarse de forma aislada (Roedder, 1984; Goldstein & Reynolds, 1994). Diamond (2003), sugiere que los criterios que no debiesen utilizarse para su reconocimiento son: inclusiones aisladas, arreglo tridimensional aleatorio, e inclusiones con morfología cristal negativo, esto debido a que estas evidencias podrían señalar de igual forma un origen posterior a la cristalización del mineral.

Las **inclusiones secundarias** (Figura 4), son aquellas que se forman por procesos posteriores al crecimiento cristalino del mineral huésped, estas pueden encontrarse en planos asociados a fracturas y microfracturas que posteriormente son sellados, las que se pueden presentar cortando tanto un cristal como varios de ellos. Estas ocurren típicamente como arreglos planos de inclusiones a lo largo de superficies curvas que cortan todas las zonas de crecimiento, y por ende suelen cortarse o superponerse entre ellas (Roedder, 1984; Goldstein & Reynolds, 1994).

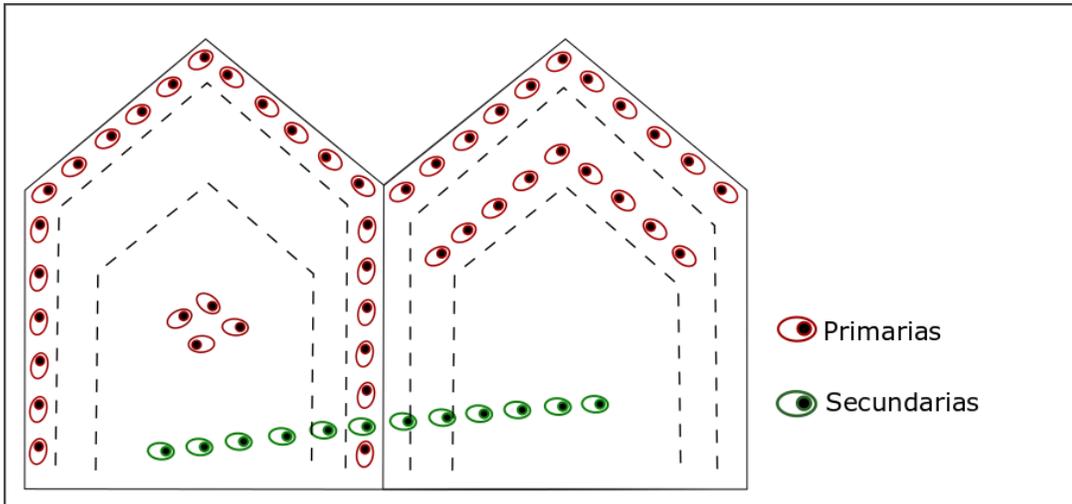


Figura 4: Esquema de distribuciones de inclusiones fluidas de acuerdo a su origen: Primarias (rojo) tienden a ser concéntricas a las zonas de crecimiento del cristal y secundarias (verde) cortan las zonas de crecimiento. Basado en Goldstein & Reynolds (1994).

De igual forma en que las inclusiones fluidas pueden ser clasificarse de acuerdo con su génesis, estas pueden ser asociada por la combinación de fases que se pueden presentar a temperatura ambiente. Es común observar inclusiones mostrando dos fases fluidas, una fase líquida, comúnmente más brillante a luz transmitida, y una fase vapor, normalmente más oscura (Figura 5.a). Aquellos fluidos atrapados a baja temperatura generalmente exhibirán solo una fase líquida, mientras que aquellos atrapados o reequilibrados a altas temperaturas, comúnmente mostrarán ambas fases. En algunas inclusiones, también pueden observarse fases sólidas, las que pueden corresponder a minerales hijos, es decir, aquellos precipitados directamente desde el fluido atrapado durante el enfriamiento de la inclusión (Diamond, 2003).

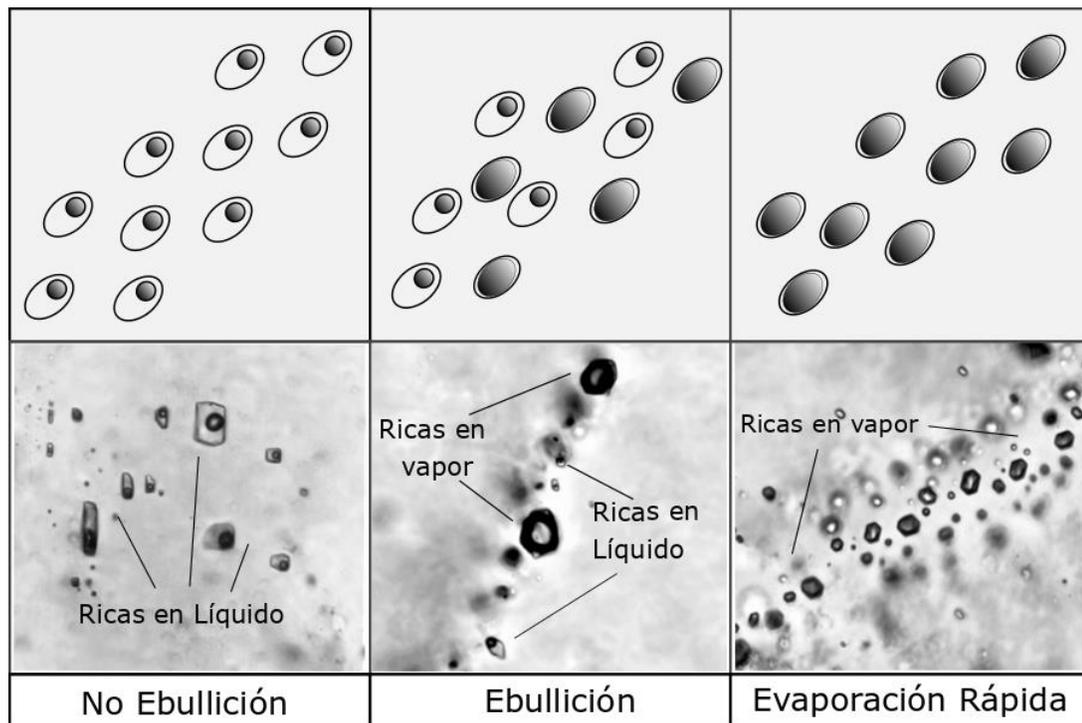


Figura 5: Condiciones de atrapamiento según el tipo de FIA.

Asimismo, FIAs con coexistencia de inclusiones ricas en líquido y vapor son evidencias de procesos de ebullición o “*boiling*” menos intensos (Figura 5.b), donde solo una fracción de la masa del fluido ascendente es convertida a fase vapor (Bodnar et al., 1985; Moncada et al., 2012). Por otra parte, la existencia sólo de inclusiones ricas en vapor es un indicador de la ocurrencia de vaporización rápida o “*flashing*” de un fluido (Figura 5.c), que puede llegar a convertir 100% del fluido asociado a su fase vapor de baja densidad, aunque la razón de conversión depende directamente de las condiciones termodinámicas del sistema, así como de la capacidad de extraer calor circundante de la roca caja (Henley & Hughes, 2000).

2.3 Depósitos hidrotermales

El entendimiento acerca de la tipología de yacimiento hidrotermal es importante en el estudio de cualquier depósito, esto con el fin de establecer o identificar las características propias que lo definen, dentro de las que se encuentran, las condiciones de formación, fuente y composición de los fluidos, roca huésped, estructuras y tectónica entre otras. Dentro de la clasificación de depósitos hidrotermales propuesta por Lindgren (1933), podemos encontrar: (1) depósitos mesotermales, aquellos que se forman a temperaturas y profundidades intermedias; (2) depósitos epitermales, los cuales se forman a bajas temperaturas y profundidades cercanas a la superficie.

Los **depósitos mesotermales**, corresponden aquellos que se forman en condiciones intermedias, se caracterizan por abarcar temperaturas entre los 200 y 400°C, y profundidades entre los 1.2 y 5 Km. El ambiente de formación de muchos de estos depósitos es, típicamente, en condiciones de facies metamórficas de esquistos verdes y dentro de régimen transicional frágil-dúctil en la corteza (Wilkinson, 2001).

Las edades abarcan desde el Jurásico Tardío hasta el Terciario, habitualmente se encuentran asociadas a rocas volcánicas y plutones máficos a félsicos, serpentinitas, limonitas, unidades sedimentarias clásticas y facies metamórficas de esquistos verdes. Respecto a las características estructurales regionales, comprenden zonas de fallas transcurrentes mayores; depósitos de escala como fallas normales o inversas en zonas de alta deformación. La mineralogía principal corresponde a cuarzo, carbonatos de Ca-Fe-Mg, albita, pirita, pirrotita, arsenopirita, grafito, galena, calcopirita, esfalerita, oro nativo y teluros de Au-Ag. Las razones de Au/Ag comprenden valores entre 1 y 10, mientras que en depósitos epitermales son habitualmente menores a 1. Respecto a la alteración hidrotermal, esta se caracteriza principalmente por: carbonatización, sericitización, desarrollo de pirita, albita y clorita (Nesbitt et al., 1986). Los estudios de inclusiones fluidas arrojan salinidades bajas que van entre los 2-10 wt.% NaCl equiv, con contenido intermedios a alto de CO₂. Las inclusiones en vetas mesotermales son típicamente de pequeño tamaño (~5 µm) y de origen secundario (Wilkinson, 2001).

Los **depósitos epitermales**, corresponden aquellos que se forman a profundidades someras, menores a 1.5 km y temperaturas entre 150 – 300°C, formando importantes depósitos de metales preciosos y base como Au, Ag, Zn, Pb y Cu (White & Hedenquist, 1995). Estos depósitos están asociados en su totalidad a márgenes de subducción activos en diferentes épocas geológicas (Silberman et al., 1976; Sillitoe, 1977). En el margen occidental del pacífico, la mayoría de los depósitos epitermales se formaron durante el Mioceno superior, el Paleoceno y el Cuaternario (White et al., 1995).

En la mayoría de los casos, los depósitos epitermales están relacionados de forma espacial y temporal con vulcanismo subáreo, de carácter ácido a intermedio. El encajonante volcánico suele ser del tipo central a proximal, muy típicamente con rocas efusivas o piroclásticas (Sillitoe & Bonham, 1984). Un gran número de depósitos de tipo epitermal están asociados a estructuras de origen volcánico, en especial calderas y complejos andesíticos. De igual forma existe un importante control de este tipo de depósito por parte de fallas de escala regional en zonas de intenso fracturamiento tensional. Dichas fallas determinan la localización de los depósitos y actúan como guía para el emplazamiento de la fuente de calor magmática necesaria para la subsiguiente actividad hidrotermal (Hedenquist, 1986; Fournier, 1987), la cual controla la duración de dicha actividad.

Los cuerpos de mena cubren áreas que van desde < 10 a > 100 km², con una diversidad de formas que reflejan los controles litológicos y estructurales. Las menas de mayor ley suelen hospedarse en vetas de manto elevado formadas por dilatación y extensión; mientras que las de menor ley, pero de mayor tonelaje suelen hallarse en brechas, rocas clásticas gruesas y rocas intensamente lixiviadas. El mineral de ganga dominante es el cuarzo, mientras que el sulfuro dominante es la pirita, con contenidos que van desde 1 a 20% vol. (White & Hedenquist, 1995).

La precipitación metálica en estos depósitos ocurre por cambios físicos que afectan la estabilidad de los complejos iónicos disueltos en el fluido, es decir, procesos que incluyen ebullición, mezcla y enfriamiento, disminuyendo la solubilidad metálica, provocando la precipitación de elementos de mena (Albinson et al., 2001; Moncada & Bodnar, 2012; Goldfarb et al., 2016). Este horizonte de inestabilidad representa un cambio en la distribución metálica con respecto a la profundidad (Moncada et al., 2012). La afinidad existente entre los cambios físicos que afectan la estabilidad de los complejos iónicos disueltos en el fluido y la mineralización metálica es consistente con estudios experimentales y teóricos acerca de solubilidad y estabilidad de diversos elementos de interés (Stefánsson & Seward 2004).

En la literatura existen varias clasificaciones y modelos acerca de la tipología de depósitos epitermales. Hedenquist (1987), clasifica los depósitos epitermales en alta sulfuración y baja sulfuración, en base al estado de oxidación-reducción del azufre en los fluidos de sistemas geotérmicos actuales, equivalentes por origen a los depósitos fósiles de uno y otro tipo. El depósito de tipo alta sulfuración se forma a partir de fluidos ácidos y oxidados, que son típicos de fuentes termales ácidas proximales a volcanes, el tipo baja sulfuración, en cambio, se forma a partir de fluidos reducidos y de pH aproximadamente neutro, como en sistemas más o menos distales a la fuente de calor principal (Camprubi & Albinson, 2006). En la tabla 3, se presenta un resumen con las principales características que definen cada tipo de depósito epitermal.

Morrison et al. (1990), tras el estudio de las distribuciones texturales tanto verticales como horizontales en numerosos depósitos epitermales, definieron 7 zonas texturales, agrupadas en 3 superzonas. Estas superzonas representan cambios fundamentales en las texturas predominantes, mientras que cada zona refleja cambios mineralógicos o cambios en las proporciones de estilos texturales. Estas distribuciones, acopladas al modelo original de Buchanan (1981) de sistemas epitermales en ebullición se muestra en la Figura 6.

Tabla 3: Tipos de depósitos epitermales. Resumido de Camprubi et al 2003.

Característica	Alta sulfidización	Baja sulfidización
Rocas volcánicas relacionadas	Magma subalcalino-alcálico/ basalto a riolita.	Magma oxidado a reducido/ Andesita a riolita.
Controles de emplazamiento	Fallas a escala regional o intrusiones subvolcánicas.	Cualesquiera fallas o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos.
Alteración asociada	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Profundo: pirofilita-mica blanca. Somero: sílice masiva, alunita y caolinita, superficiales: argílica.	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Mica blanca en alta relación agua/roca. Argílica dominante conforme disminuye la T°, clorita común.
Rango de profundidad de formación	En su mayor parte, entre 500 y 2000 m bajo la paleosuperficie.	En su mayor parte, entre 0 y 1,000 m.
Rango de temperaturas de formación	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 170–320°C; en ocasiones, hasta 480°C).	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 150–250°C).
Carácter de los fluidos	En su mayor parte, de baja salinidad (1–24% en peso de NaCl eq.); algunos, de alta salinidad (hasta casi 50% en peso de NaCl eq.).	Baja salinidad (0–15% en peso de NaCl eq.).
Estado de oxidación y mineralogía asociada	Oxidado/ alunita, Hematita-Magnetita.	Reducido/Magnetita-pirita-pirrotina. Clorita-pirita.
Estilo de mineralización	Cuerpos de reemplazo abruptos a suavemente inclinados; brechas hidrotermales.	Vetas, stockwork, cuerpos diseminados
Sulfuros clave	Pirita, enargita-luzonita, calcopirita, bornita, covelina, tetrahedrita-tenantita, oro +/- esfalerita, galena	Pirita, esfalerita, galena, electrum, oro +/- sulfosales de Ag, argentita, arsenopirita, tetrahedrita, calcopirita
Metales principales	Cu, Au, As (Ag, Pb)	Au, Ag (Zn, Pb, Cu)
Metales menores	Bi, Sb, Mo, Sn, Zn, Te (Hg)	Mo, Sb, As (Te, Se, Hg)
Minerales de ganga	Cuarzo oqueroso, alunita, barita, caolinita, azufre nativo, pirofilita.	Cuarzo, calcedonia, adularia, carbonatos, fluorita, illita.

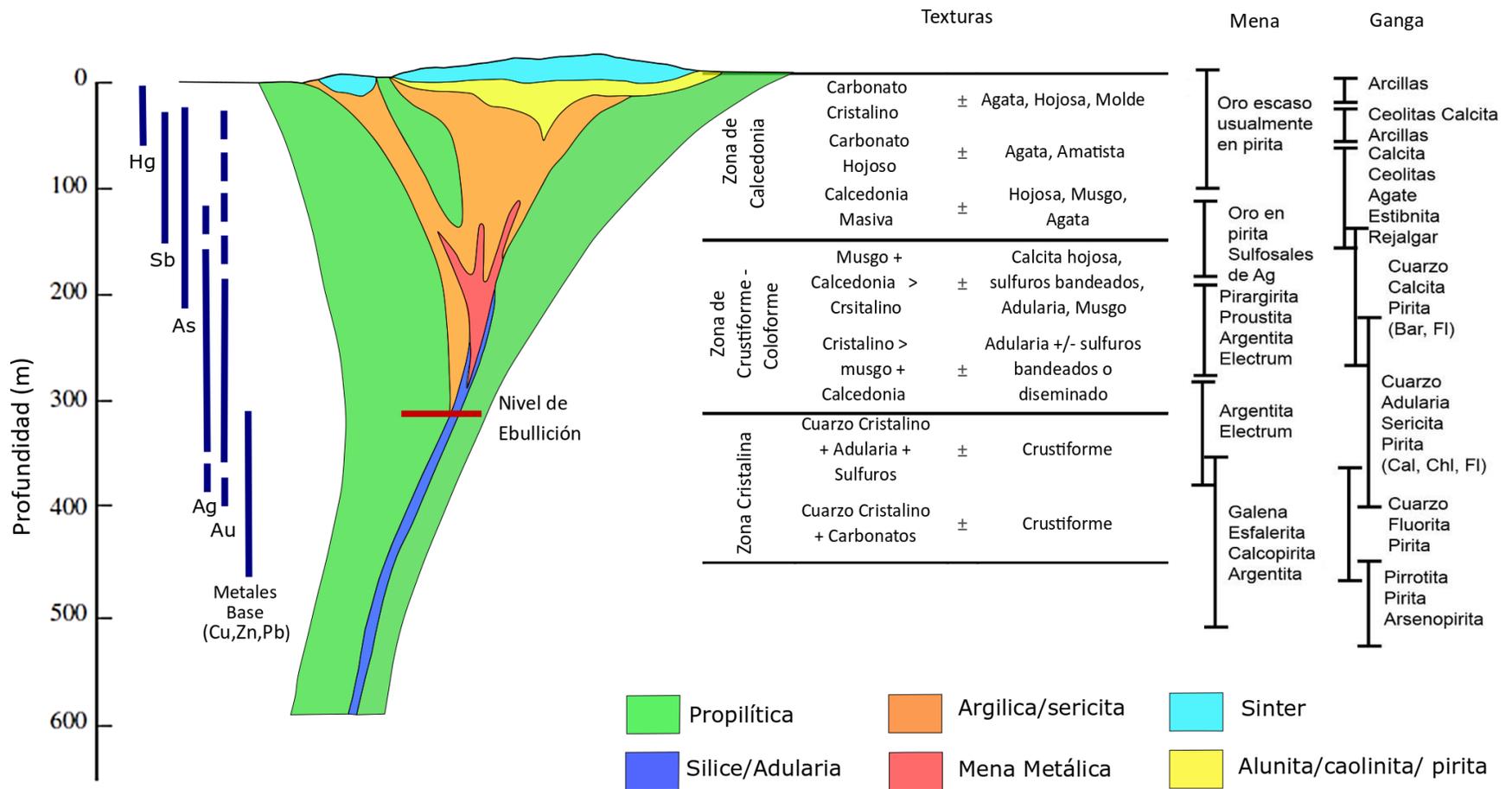


Figura 6: Modelo de depósito epitermal en ebullición. Se muestran zonaciones de texturas, alteración hidrotermal, y minerales de mena y ganga. Basado en el modelo de Buchanan (1981) con la temperatura reflejando el nivel de ebullición de un fluido con 2.84% NaCl bajo condiciones hidrostáticas. Modificada de Buchanan (1981), White & Hedenquist (1995), Corbett & Leach (1998)

2.4 Solubilidad metálica de minerales de mena

El entendimiento acerca de la solubilidad acuosa y la estabilidad de los complejos metálicos es de gran importancia para determinar las condiciones bajo las cuales se produjo el transporte y la precipitación de ciertos elementos de interés en un sistema hidrotermal. Es sabido que será la partición de una fase hidrotermal la que se encargará de secuestrar y extraer metales desde un magma, por lo tanto, se debe tener una alta capacidad de solubilidad de metales a las altas temperaturas de cristalización, y luego durante su trayecto a una roca huésped (Townley, 2006). La deposición resulta de la disociación de complejos metálicos y consecuente precipitación en respuesta a cambios en el ambiente hidrotermal.

Los metales están presentes a nivel traza en las soluciones hidrotermales, predominantemente en forma de iones complejos, los cuales son transportados por medio de ligantes a partir de la teoría de donante-captor de electrones de ácidos y bases de Lewis. Pearson (1963), subdivide metales y ligantes en dos grupos: (1) Iones pequeños y fuertemente cargados, llamados tipo “duros”, y (2) iones grandes, débilmente cargados y fuertemente polarizables, llamados tipo “blandos”. Entonces, metales duros (captos) forman los complejos más estables con ligantes duros (donadores de electrones). Los metales blandos, en contraste a los metales duros, prefieren a donantes blandos donde la interacción del tipo blando-blando tiene mayormente un carácter covalente. La tabla 4, muestra los metales y ligantes más comunes en términos de su comportamiento duro-blando, dentro de los cuales el Cl^- , HS^- y el OH^- son los ligantes más importantes en soluciones hidrotermales.

Tabla 4: Metales y ligantes más comunes según su comportamiento duro-blando

Metales duros	Intermedio	Metales blandos
H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Be^{3+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Sr^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , La^{3+}	Metales de transición divalentes, incluyendo Zn^{2+} , Pb^{2+} y Bi^{3+}	Cu^+ , Ag^+ , Au^+ , Au^{3+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Sn^{2+} Tl^+ , Tl^{3+}
Ligantes duros	Intermedio	Ligantes blandos
F^- , OH^- , NH_3 , NO_3^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , HSO_3^- , SO_4^{2-} , H_3SiO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CH_3COO^-	Cl^- , Br^-	I^- , HS^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SCN^- , CN^-

El **oro**, de acuerdo a la clasificación duro-blando, ocurre en la naturaleza predominantemente como Au^+ , es altamente polarizable y es considerado como un metal blando el cual tiende a unirse preferentemente con ligantes blandos. El oro también ocurre como Au^{3+} , pero esta forma más dura es importante solo bajo condiciones más oxidantes a temperatura ambiente (Williams-Jones et al., 2009). A temperaturas cercanas a las ambientales, los ligantes blandos más importantes son HS^- , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CN^- y SCN^- , donde estas dos últimas son el producto de la descomposición de materia vegetal y algas, el Au(I) forma un fuerte complejo con estos ligantes [Ej: $\text{Au}(\text{CN})_2^-$]. El $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ [Ej: $\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$] es importante en condiciones oxidantes, mientras que el HS^- [Ej: $\text{Au}(\text{HS})_2^-$] lo es en condiciones reductoras y de pH casi neutro (Vlassopoulos & Wood, 1990). Cuando las concentraciones de los ligandos ya mencionados sean bajas, el oro se disolverá predominantemente como la especie hidrolizada $\text{AuOH}\cdot(\text{H}_2\text{O})^0$ (Vlassopoulos & Wood, 1990). Por otra parte, si las condiciones son muy oxidantes, como aquellas asociadas a

aguas subterráneas ácidas y altamente salinas, el oro podría presentarse como Au (III) y, por ende, formar especies estables como el AuCl_4^- , con el ligando Cl^- . Si las condiciones son ligeramente menos oxidantes y ácidas, la especie AuCl_2^- será la especie clorurada dominante, aunque finalmente predominará la especie $\text{AuOH}\cdot(\text{H}_2\text{O})^\circ$ (Gammons et al., 1997).

La sulfuración de minerales que contienen Fe en la roca caja para formar pirita es otro mecanismo eficiente para la concentración del HS reducido. En efecto, esta es una explicación frecuente propuesta para la formación de depósitos mesotermales de Au, donde la alteración hidrotermal comúnmente implica la piritización y donde comúnmente hay una asociación espacial cercana entre el oro y la pirita (William-Jones et al., 1992).

La solubilidad del oro es altamente sensible a los cambios de $f\text{O}_2$ como se puede observar en la Figura 7, donde un pequeño incremento en la $f\text{O}_2$ lleva a una caída precipitada en la concentración de HS^- y consecuentemente en la solubilidad del Au. La depositación de Au en las condiciones impuestas por el diagrama en la Figura 5 es fuertemente favorecida por la oxidación como el resultado de mezcla con aguas meteóricas, por ejemplo, donde a 250 °C la especie dominante para el transporte de Au, es el $\text{Au}(\text{HS})_2^-$, en condiciones de pH neutras.

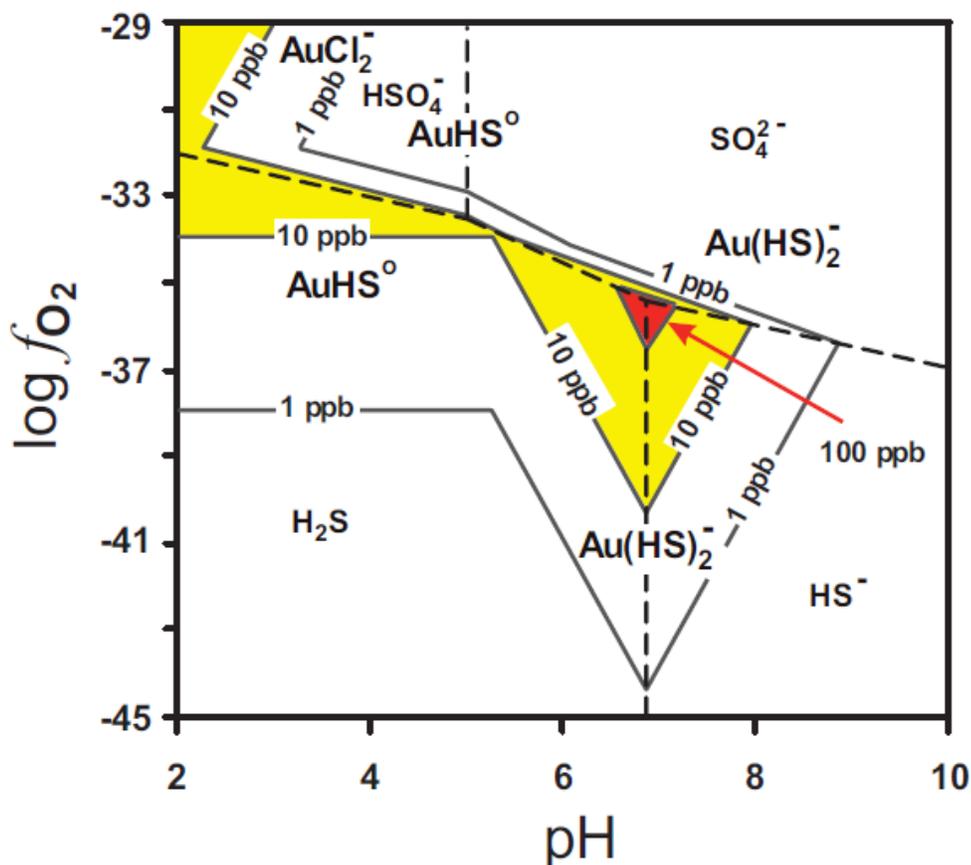


Figura 7: Recuperado de Williams-Jones et al. (2009). “solubilidad del oro (en partes por billón; línea sólida) y la especiación a 500 bar y 250°C en función de $\log f\text{O}_2$ y el pH en una solución conteniendo 1 m NaCl con $\Sigma\text{S} = 0.01$ m. La línea discontinua separa regiones de predominancia de H_2S , HS , SO_4^{2-} y HSO_4^- . Las Regiones de alta solubilidad están destacadas. La constante de estabilidad para el oro proviene de Stefansson & Serwad (2004), y los datos termodinámicos proviene de la base de datos de SUPCRT92 (Johnson et al. 1992).”

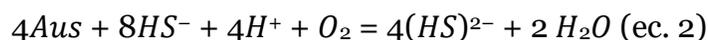
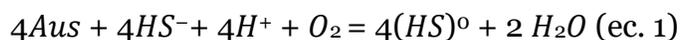
Seward (1973), fue el primero en reportar las estabilidades de los complejos sulfurados AuHS_2^- y AuHS^0 , desde entonces una multitud de estudios, con el objetivo de establecer la interacción entre el Au^+ y los ligandos de sulfuro reducido, se han llevado a cabo (p. ej., Shenberger & Barnes, 1989; Stefansson & Seward, 2004). Estos últimos establecen las constantes de estabilidad, en una base de datos termodinámicos, para las especies cloruradas y sulfuradas de oro, lo que permite dilucidar la naturaleza del transporte del oro para un rango de temperatura y pH propio de los sistemas hidrotermales.

El ligando más importante a temperaturas hasta los 350° , como aquellas observadas en sistemas hidrotermales, es el HS^- (Seward, 1973), con AuHS^0 como especie predominante a pH bajos, en ambientes de alta sulfidización y el $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ a pH alto (Stefansson & Seward, 2004), el cual es responsable del transporte de oro en ambientes de baja sulfidización.

Se tiene entonces, que en general, AuCl_2^- predominará bajo condiciones ácidas y oxidantes, AuHS^0 en pH ácidos a intermedios, fundamental en ambientes de alta sulfidización, y AuHS_2^- a pH altos (Stefansson & Seward, 2004). La especie $\text{Au}(\text{OH})^0$ puede ejercer influencia en el control de oro en soluciones muy diluidas a pH neutros-alcalinos y a elevadas temperaturas, sin embargo, debido a su menor estabilidad, se encontrará subordinada a las especies cloruradas y bisulfuradas.

A temperaturas más elevadas ($>350^\circ\text{C}$), propias de sistemas magmáticos-hidrotermales, AuCl_2^- será la especie predominante debido al incremento de la asociación entre H^+ y HS^- para formar H_2S ; y al aumento en la asociación de Au^+ con Cl^- y OH^- causado por el incremento en la constante dieléctrica del agua con la temperatura, la cual promueve la interacción ion metálico blando con aniones más duros.

Las reacciones (1) y (2) presentadas a continuación, son esenciales en los procesos de disolución y depositación de oro (Figura 8), hasta temperaturas de 350°C . (Williams-Jones *et al.*, 2009).



Utilizando las ecuaciones anteriores, y de acuerdo con el principio de Le Châtelier, se puede inferir que tanto una disminución en la actividad de HS^- y en la fugacidad de oxígeno, así como un aumento en el pH, provocará un incremento en la depositación de oro (Williams-Jones *et al.*, 2009).

Durante la evolución en la corteza, los fluidos de mena pueden experimentar fundamentalmente cinco procesos responsables de la depositación y redistribución del oro y otros metales asociados: enfriamiento, descompresión, separación de fases, interacción fluido – roca, y mezcla de fluidos. Adicionalmente, tanto la disponibilidad y estabilidad de los ligandos en sistemas naturales pueden ser afectados por numerosas reacciones homogéneas que ocurren dentro de la misma solución de mena. Todos estos mecanismos pueden ocurrir simultáneamente y conjugarse para promover la depositación de oro vía cambios fisicoquímicos específicos, previamente mencionados (Chinchón, 2018).

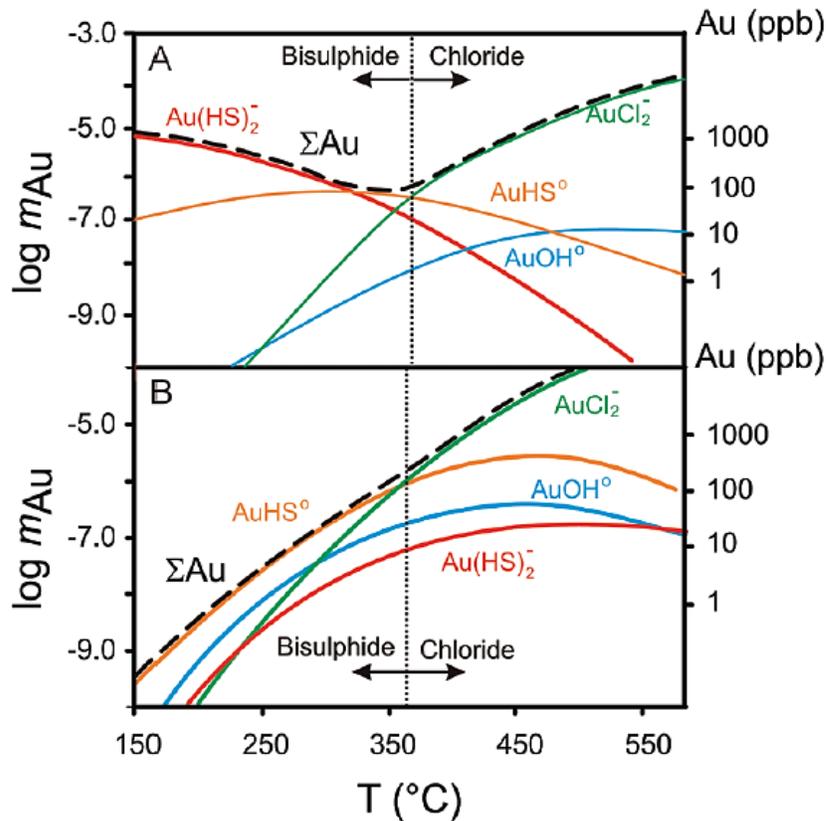


Figura 8: Recuperado de Williams-Jones et al. (2009). “Solubilidad del oro en molalidad, m , y en partes por billón; y especiación a 1 kbar en función de la temperatura para una solución salina con contenido $mNaCl=1.5$ y $mKCl=0.5$, y un buffer de pH dado por la asociación feldespato potásico – moscovita – cuarzo. La línea negra discontinua representa la solubilidad máxima del oro. (A) $\Sigma S = 0.01$ m (S total) con buffer de f_{O_2} dado por la asociación hematita – magnetita. (B) Buffer de ΣS y f_{O_2} dado por la asociación pirita - pirrotita – magnetita; el valor máximo de ΣS es 0.01 m.”

Según Williams-Jones (2009) y Andre-Mayer (2002), la ebullición correspondería al mecanismo de preferencia para la depositación de oro, plata y sulfuros de metales base, en sistemas epitermales de baja sulfidación a temperaturas menores a 300°C.

La precipitación de oro ocurre debido al fraccionamiento de H_2S en la fase vapor mediante la reacción: $HS^+ + H^+ = H_2S$, y la consecuente disminución de HS^- en el líquido residual. La actividad de otros componentes tales como, NH_3 , y CO_2 , igualmente disminuirían de forma dramática, lo que conduciría a la remoción de los ligandos correspondientes (Williams-Jones & Migdisov, 2013). Debido al bajo coeficiente de partición del oro en la fase vapor de baja densidad (Figura 8) y a la ruptura de las especies de Au constituidas por complejos sulfurados, se tendría como resultado la abrupta depositación de oro y metales asociados, creándose zonas de bonanza con vetas mineralizadas (Pokrovski et al., 2014). Seward (1989), estudiando sistemas geotermales activos como Broadlands-Ohaaki en Nueva Zelanda, y utilizando herramientas de modelamiento termodinámico, demostró que la ebullición y el consecuente enfriamiento conductivo en sistemas abiertos de fluidos profundos a temperaturas de 290°C y ricos en $Au(HS)_2^-$, provocaba la remoción de la fase vapor rica en H_2S y la depositación de la mayoría del oro en un intervalo de aproximadamente 15°C.

Adicionalmente, la ebullición provocaría una disminución en la acidez debido a la remoción de agentes como el CO_2 hacia la fase vapor, lo cual promueve la depositación de oro, galena, esfalerita, calcopirita, piritita y argentita; una disminución de la temperatura, que disminuye la solubilidad o bien podría aumentarla en el caso de S total constante; y una disminución en la fugacidad de oxígeno, que promueve la disolución de oro (Williams-Jones et al., 2009; Pokrovski et al., 2014).

Los cambios redox inducidos por la ebullición (pérdida de H_2), mezcla con fluidos meteóricos oxigenados en las partes superiores de sistemas epitermales, y/o interacción del fluido de mena con rocas con hematita durante su ascenso, también provocan la pérdida de sulfuro reducido debido a la destrucción de los ligandos $\text{H}_2\text{S}/\text{HS}^-$ al reaccionar a sulfato (Seward 1989; Williams-Jones et al., 2013). Es más, un pequeño aumento en fO_2 provoca una disminución en la concentración de HS^- , y, por ende, en la solubilidad del oro (Figura 9).

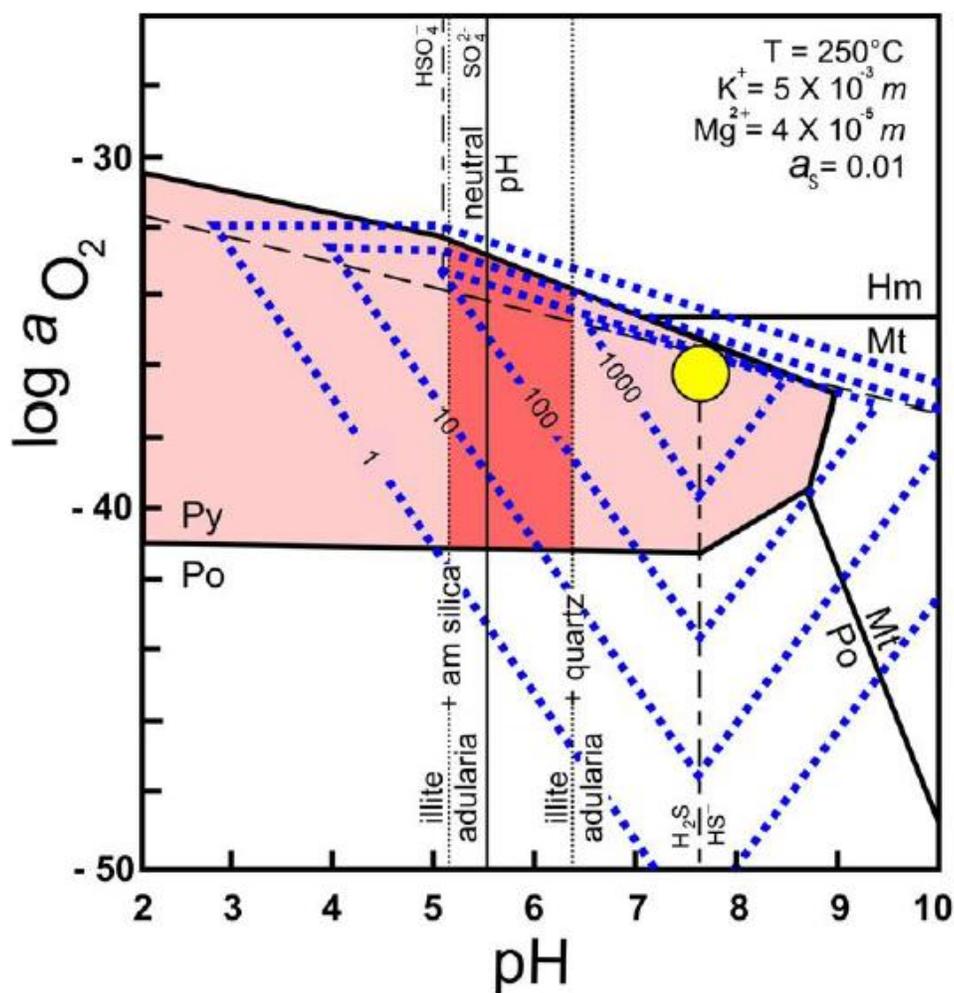


Figura 9: Solubilidad de oro en función del pH y estado de oxidación (fO_2). Máxima solubilidad de oro en círculo amarillo y líneas de contorno de solubilidad (ppb) en líneas azules discontinuas. Solubilidades calculadas a una temperatura de 250°C, actividad de azufre $a_s=0.01$, concentración de potasio $m_{K^+}=5 \times 10^{-3}$ y magnesio $m_{Mg^{2+}}=4 \times 10^{-5}$. Las líneas verticales representan el equilibrio de Illita-adularia con sílice amorfa y cuarzo. Se representan igualmente los campos de estabilidad de especies sulfuradas y minerales de hierro. Extraído de Moncada & Bonar (2012). Modificado de Henley & Brown (1985); Shenberger & Barnes (1989).

Por otra parte, y debido al consumo de H_2S asociado, sulfidación de minerales de hierro en la roca caja, y la precipitación de pirita \pm pirrotina, constituiría un mecanismo efectivo en la depositación de oro, lo cual explicaría la estrecha asociación espacial entre pirita y oro que se observa en depósitos hidrotermales (Pokrovski et al., 2014). En general, la depositación de sulfuros a partir del fluido de mena desencadenará una serie de reacciones que culminarán con casi la completa depositación de los metales transportados por la solución.

De forma análoga al oro, la plata puede ser transportada tanto por complejos sulfurados como por complejos clorurados. Numerosos estudios experimentales se han llevado a cabo para medir la solubilidad y estabilidad de los complejos sulfurados de plata en condiciones de ambiente hidrotermal; (p. ej. Melentyev et al., 1970 Sugaki et al., 1987; Gammons & Barnes, 1989; Stefansson & Seward, 2003).

Bajo condiciones de temperaturas entre $25^\circ C$ y $300^\circ C$, pH entre 5.7 y 7.3, y cantidad total de sulfuro de 1.4 molal, Gammons & Barnes (1989), determinan que el complejo sulfurado $Ag(HS)_2^-$ es la especie dominante por sobre los complejos clorurados (Figura 10).

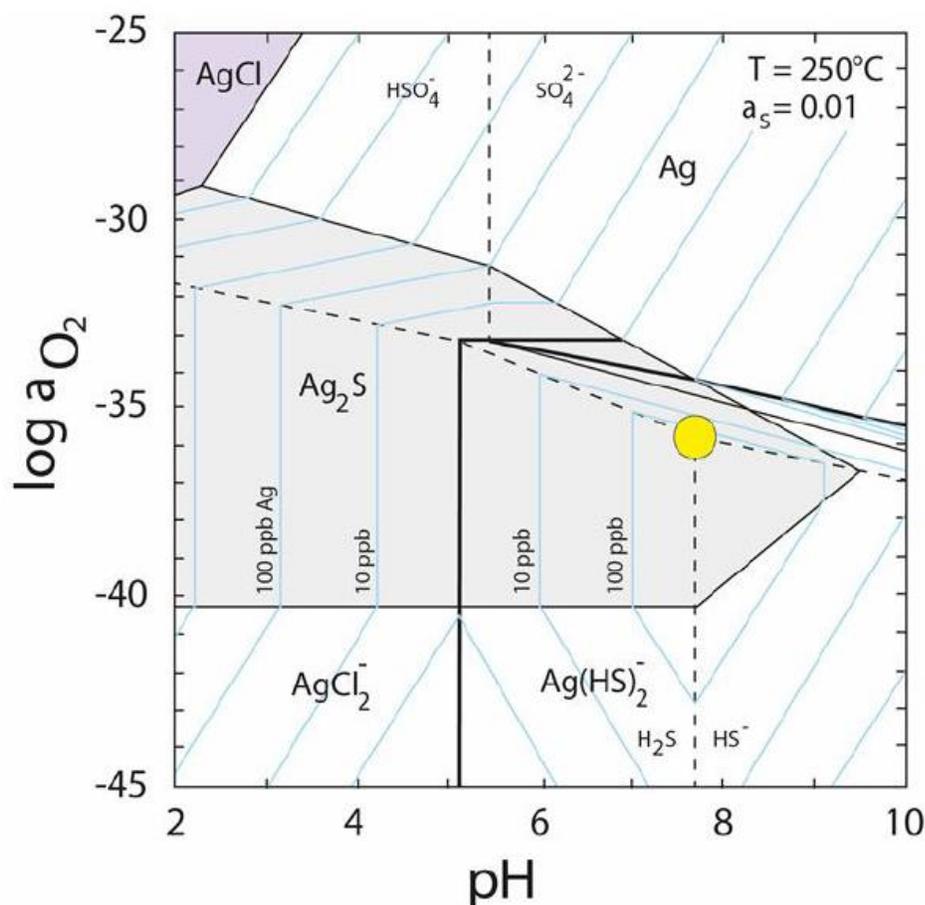


Figura 10: Solubilidad de plata en función del pH y estado de oxidación (fO_2). Máxima solubilidad de plata en círculo amarillo y líneas de contorno de solubilidad (ppb) en líneas azules. Los campos de estabilidad de las especies sulfuradas se muestran delimitados por líneas discontinuas. Las regiones de predominio de las especies $AgCl_2^-$ y $(HS)_2^-$ se muestran delimitadas por líneas gruesas. Solubilidades calculadas a una temperatura de $250^\circ C$, actividad de azufre $a_s=0.01$, actividad de cloro $a_{Cl^-}=0.1$. Extraído de Gammons & Barnes (1989).

En general, $\text{AgHS}(\text{aq})$ es la especie dominante en condiciones ácidas, $\text{Ag}(\text{HS})_2^-$ lo es en condiciones de pH neutro, y $\text{Ag}_2\text{S}(\text{HS})_2^{2-}$ en soluciones alcalinas. Esta última especie deja de ser importante a temperaturas sobre los 200°C debido al incremento en la región de estabilidad de $\text{Ag}(\text{HS})_2^-$. a temperaturas $\sim 300^\circ\text{C}$ y a alta concentración de sulfuros y cloruros, las especies más importantes bajo y sobre pH 5 son AgCl_2^- y $\text{Ag}(\text{HS})_2^-$ respectivamente (Figura 9; Stefansson & Seward, 2003).

Por otra parte, Stefansson & Seward (2003) miden la solubilidad de los sulfuros de plata en soluciones hidrotermales acuosas ricas en S_2^- , entre 25°C y 400°C , a 500 bar, y a presiones de vapor de agua saturado. Además, señalan que las especies de plata dominantes en solución son “extremadamente dependientes de la temperatura y composición del fluido”. A bajas temperaturas ($< 100^\circ\text{C}$) y en soluciones diluidas, predominan los complejos sulfurados de plata en condiciones reductoras, y las especies Ag^+ y AgClOH^- en condiciones oxidantes. A mayor temperatura, y salinidades de agua de mar, comienzan a cobrar importancia los complejos clorurados AgCl_2^- . Mientras que, en fluidos hidrotermales diluidos de origen meteórico, las especies sulfuradas de plata predominan.

Respecto a la asociación entre metales preciosos y metales base. Henley (1990), determina que los fluidos hidrotermales de baja salinidad y temperaturas de 250°C , responsables de los depósitos epitermales de baja sulfuración ricos en oro, transportan Au principalmente en forma de complejos bisulfurados, con escasa capacidad de transporte de metales base. Por otra parte, depósitos ricos en Ag y metales base como Zn, Pb y Cu evidencian transporte de estos metales fundamentalmente como complejos clorurados en fluidos de mayor salinidad (Figura 11).

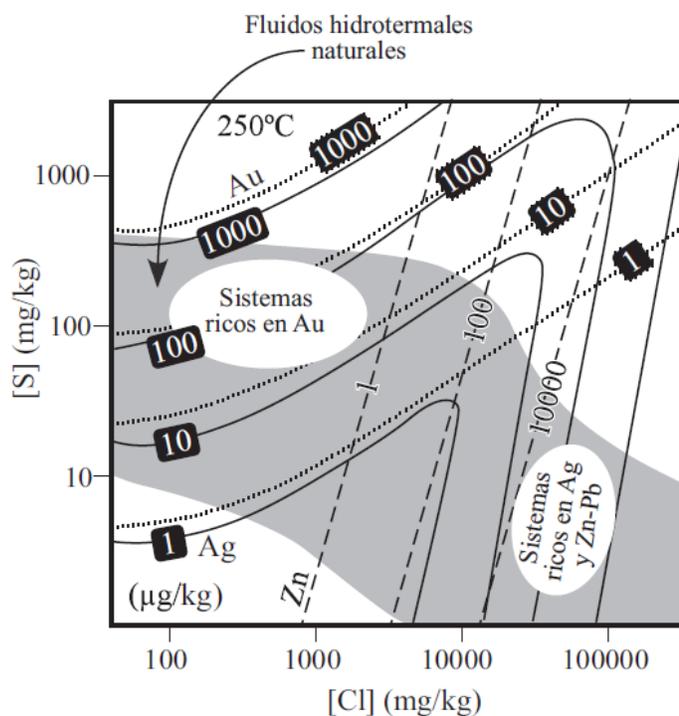


Figura 11: “Solubilidades de Au, Ag y Zn en función de las concentraciones de cloro y azufre, bajo condiciones redox y de pH de baja sulfuración (Henley, 1991). Las soluciones pobres en Cl típicas de depósitos epitermales de baja sulfuración ricos en Au (Hedenquist y Henley, 1985) transportan Au como complejos tiosulfurados, pero no tienen capacidad para transportar muchos metales básicos, que se transportan mediante complejos clorurados”. (Extraído de Camprubi & Albinson, 2006).

Tagirov & Seward (2010), midieron la constante de estabilidad del complejo Zn-S-HS mediante la medición de la solubilidad de ZnS en soluciones sulfuradas en un rango de temperatura de 25-250°C, a pH = 2-10 y $m(S_{total})=0.015-0.15$, concluyendo que la solubilidad de la esfalerita incrementa con la temperatura en todo el rango de pH. Con el incremento de la temperatura $Zn(HS)_4^{2-}$ se vuelve menos importante, las especies $Zn(HS)_2^0$ y $Zn(HS)_3^-$, predominan en soluciones casi neutrales de 0,1 m, sobre los 100°C. Por último, a 300°C y $m(S_{total})= 0.1$, $Zn(HS)_2^0$ predomina en $3 < pH < 7$, pero para concentraciones de $Cl > 0,1$ m, el transporte de zinc estará dominado por los complejos $ZnCl_n^{2-n}$ (Ruaya & Seward, 1986). En soluciones hidrotermales acidas, el Zn es transportado principalmente en la forma de complejo clorurado como lo son el $ZnCl^+$ y $ZnCl_2$ (Figura 12).

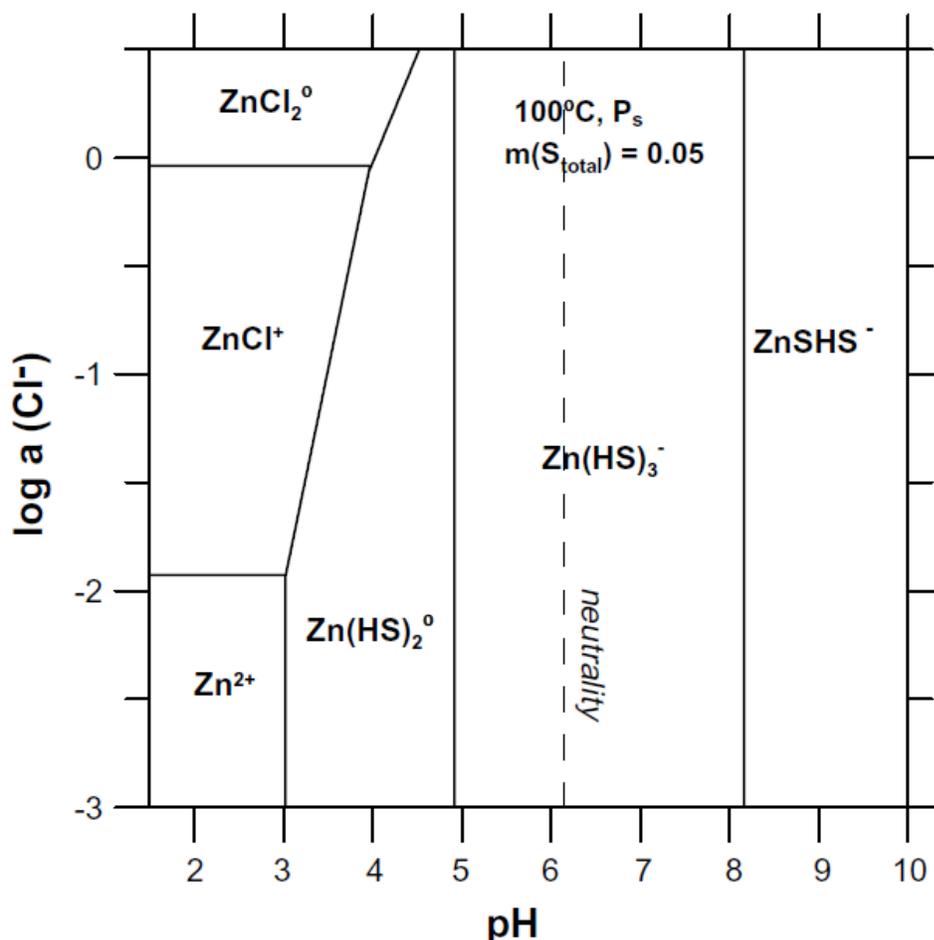


Figura 12: Diagrama Log a(Cl-) vs el pH para las especies acuosas predominante de Zn a 100°C, P_{sat} y $m(S_{total}) = 0.05$, mostrando a pH neutro-alkalino, una dominancia de complejo sulfurado (Tagirov, 2007).

En fluidos de origen epitermal, con un contenido de cloruros < 0.05 m, los complejos sulfurados/hidrosulfurados de cinc se vuelven importantes, incluso dominantes en la química de transporte y deposición de otras menas (Tagirov & Seward, 2010). En condiciones neutro - alcalinas, la separación de fases y ebullición pueden iniciar una estabilización del complejo $Zn(HS)_2$. Esta estabilización puede dar lugar a una removilización local de Zn, posterior a la precipitación de mena, como una deposición de fluidos hidrotermales fríos y desvolatilizados (Tagirov & Seward, 2010).

3 MARCO GEOLÓGICO

3.1 Geología Regional

3.1.1 Rocas Estratificadas

Formación Cerro Calera (Aaleniano superior-Bajociano)

Esta formación corresponde a una sucesión de rocas sedimentarias, clásticas y de origen marino, donde sus características litológicas y estratigráficas permiten identificar tres unidades. La sección superior, cuyo techo limita con la Formación Horqueta se caracteriza por la presencia de areniscas y areniscas conglomerádicas amarillas, areniscas gruesas intercaladas con brechas volcánicas, andesíticas y tobas. La sección media está constituida por lutitas fosilíferas finamente laminadas, areniscas que van de grano medio a fino intercaladas con limolitas y areniscas conglomerádicas y niveles de conglomerados polimícticos con clastos volcánicos, graníticos y tobas. Por último, la sección inferior se caracteriza por la presencia de areniscas de grano fino con intercalación de tobas. En la base se encuentra limitando y siendo intruida por granitoides de edad Jurásica y Cretácica (Wall et al., 1996), observándose extensas áreas de alteración hidrotermal. Bivalvos y ammonites (*Tmetoceras sp.*, *Eudmetoceras sp.* y *Holcophylloceras sp.*) encontrados en niveles de lutitas y areniscas permiten asignarla al Aaleniano superior y se estima una potencia de 760 m (Nasi & Thiele, 1982) En la región descrita se distribuye en la zona noroeste (Figura 13).

Formación Horqueta (Batoniano - Kimmeridgiano)

Se caracteriza por una secuencia de rocas, principalmente volcánicas y volcanoclásticas, de posible origen continental, su espesor varía entre los 1080 y 3080 m aproximadamente y se encuentra sobreyaciendo concordantemente la formación Cerro Calera e infrayace a la Formación Lo Prado, también concordantemente (Nasi & Thiele, 1982). Se identifican dos miembros. El miembro inferior constituido por rocas andesíticas porfídicas, lavas brechosas, areniscas feldespáticas, areniscas conglomerádicas, conglomerados y brechas volcánicas. Por último, el miembro superior conformado por ocoitas violáceas, brechas sedimentarias gruesa, areniscas rojas, brechas sedimentarias y andesitas porfíricas (Nasi & Thiele, 1982) Los afloramientos se distribuyen al noroeste de la región (Figura 13).

Formación Lo Prado (Berriasiano superior - Hauteriviano)

Constituida por rocas sedimentarias, marinas, fosilíferas y rocas volcánicas y volcanoclásticas de carácter andesítico a riolítico. Con una potencia total estimada de 6.800 m. Se encuentra sobreyaciendo concordantemente a la Formación Horqueta y subyace la Formación Veta Negra (Nasi & Thiele, 1982). Las rocas que la conforman se pueden subdividir en 4 secciones principalmente. La sección 1 se compone de areniscas con clastos graníticos, conglomerados finos con bancos de calizas y lutitas, a veces fosilíferas. La sección 2, caracterizada por lavas y tobas queratófiras, con abundantes filones andesíticos intercalados, en la parte inferior se alterna niveles de areniscas. La sección 3, compuesta principalmente por calizas y areniscas. Por último, la sección 4, constituida por areniscas y calizas con intercalación de queratófiro y andesitas ocoíticas,

porfídicas. Ammonites (*Thurmanniceras sp.*, *Spiticeras sp.*, *Olcostephanus sp.* y *Ancyloceratidae sp.*) hallados en rocas calcáreas indican una edad Berriasiano superior-Hauteriviano (Nasi & Thiele, 1982). En la región descrita se distribuye en la zona norte (Figura 13).

Formación Veta Negra (Barremiano - Albiano)

Caracterizada por un conjunto de rocas volcánicas, andesíticas a riolíticas, brechas volcánicas, en parte tobáceas, areniscas y conglomerados, con escasas intercalaciones de calizas y areniscas fosilíferas marinas. Posee un espesor total estimado de 2350 m (Nasi & Thiele, 1982). En esta unidad se reconocen 2 secciones principalmente- La sección inferior, conformada por niveles de ocoitas, con intercalaciones de areniscas y tobas de lapilli. La sección superior constituida por tobas queratófiras, calizas estratificadas, brechas volcánicas, lavas porfídicas, dacitas y brechas riolítico-dacíticas, areniscas y calizas micríticas y esparíticas (Nasi & Thiele, 1982). En la región descrita se distribuye en la zona norte (Figura 13).

Formación Lo Valle (Cretácico Superior- Paleógeno)

Corresponde a una secuencia de rocas principalmente volcánicas, siendo la formación más joven de las unidades presentes en la zona de estudio. Posee una potencia estimada de 3500 m aproximadamente y descansa en discordancia angular a la Formación Veta Negra (Nasi & Thiele, 1982). Está constituida por una sección basal de conglomerado y areniscas, que afloran en el flanco oriental del cerro Yervas buenas, sobre la cual se encuentran lavas andesíticas a riolíticas, ignimbritas y brechas, con intercalaciones de tobas y areniscas epiclásticas, continentales. La sección inferior de la formación está conformada por conglomerados intercalados con areniscas conglomerádicas y tobáceas, la sección superior caracterizada principalmente por rocas volcánicas, lavas queratórifas, andesíticas y porfíricas, tobas y queratórifos. A esta formación se le asigna una edad mínima de 80 Ma, que es la edad de un stock granítico que la intruye. (Nasi & Thiele). Los afloramientos se distribuyen con una tendencia noreste-suroeste (Figura 13).

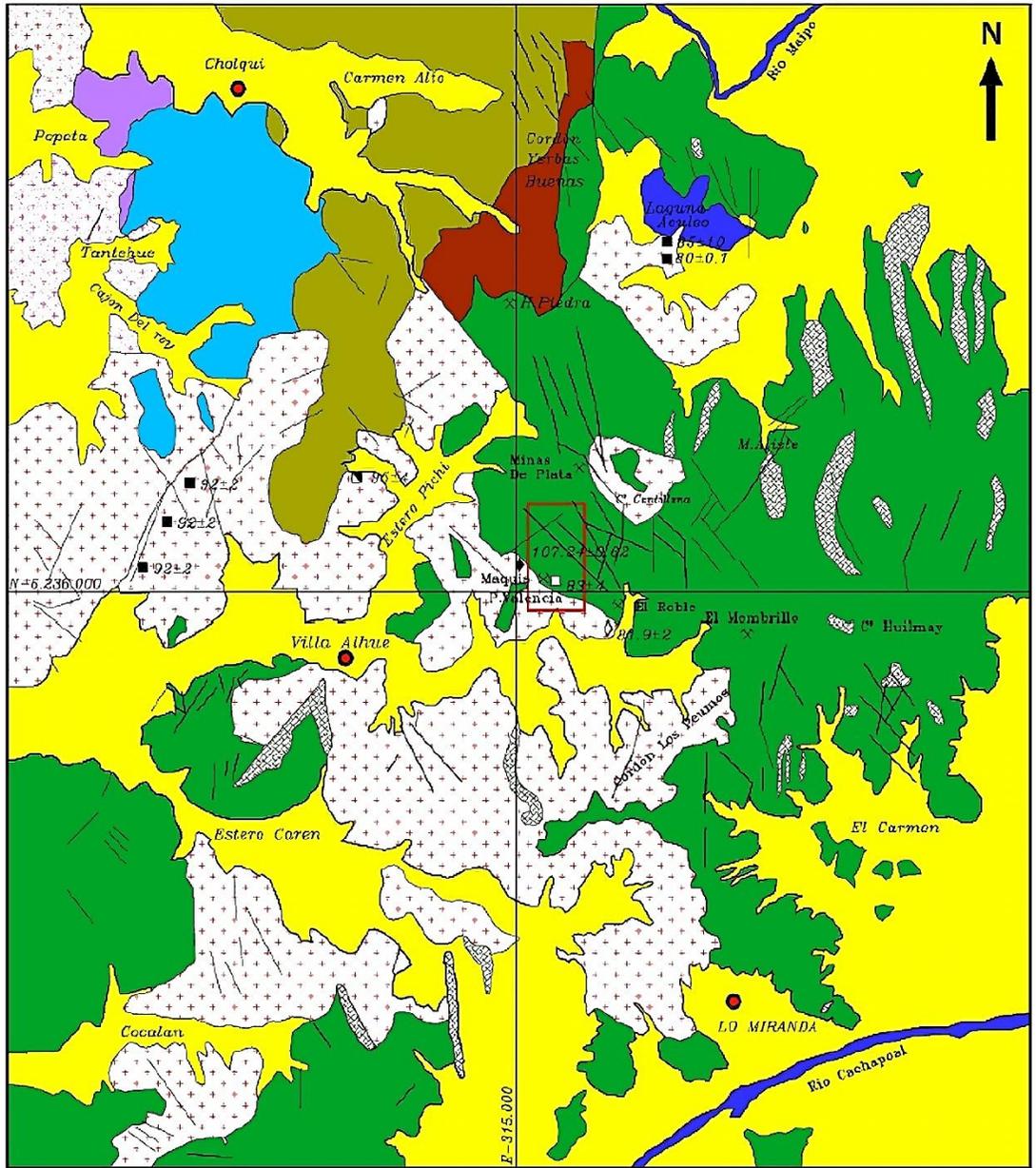


Figura 13: Mapa geológico de la cordillera de la costa. Chile Central. Modificado de Herreros (2009), Nasi y Thiele (1982) y SERNAGEOMIN (1982).

3.1.2 Rocas Intrusivas

En el Distrito Minero de Alhué, los Intrusivos que afloran, se agrupan dentro de la unidad Batolito Central, donde se encuentra subdividida en dos cuerpos: Granito Tantehue y Granitoides de Alhué (Fuentealba, 2002).

GranitoTantehue

Corresponde a un granito de edad jurásico Medio-Superior, caracterizado por granitos rosados de grano muy grueso con textural holocristalina hipidiomórfica granular y una fuerte meteorización presente. Está formado por cristales de cuarzo y muscovita principalmente, clasificándose como Monzogranito hololeucocrático. Aflora al oeste de Tantehue, localidad ubicada al noreste de la región (Figura 13). El granito intruye las rocas volcánicas de la Fm. Horqueta, las cuales presentan fuerte silicificación y cloritización en zonas cercanas al intrusivo (Herreros, 2009). Wall et al., 1996 realizó dataciones K-Ar en biotitas que entregaron edades de 165 ± 84 Ma, 156 ± 4 Ma y en anfíbola de 161 ± 9 Ma, 164 ± 8 Ma y 144 ± 7 Ma.

Granitoide de Alhué

Corresponde a un cuerpo de edad Cretácico Superior, compuesto por monzogranitos, tonalitas de anfíbol-biotita-piroxeno, granodioritas y dioritas. Aflora con gran extensión en la zona central y suroeste del área (Figura 13). Se encuentra Intruyendo a las formaciones del jurásico y Cretácico inferior y a cuerpos plutónicos del Jurásico y Paleozoico, formando zonas de alteración hidrotermal. Son rocas calcoálcalinas de potasio intermedio, metaluminosas, de tipo I (Castro, 2017). Wall et al., 1996, realizó una datación K-Ar en biotita la que entregó una edad de 92 ± 2 Ma y en plagioclasa de 95 ± 4 Ma.

Cuerpos Subvolcánicos

Corresponde a cuerpos intrusivos de composición dacítica de edad Cretácico superior. Estos se caracterizan por formar afloramientos alargados, que se disponen en dirección norte-sur, se distribuyen en la zona noreste de la región (Figura 13). Se caracterizan por textura porfídica con fenocristales de plagioclasas, cuarzo y minerales máficos, clorita y esfeno. Localmente los feldespatos se encuentran alterados a sericita y la roca presenta vetillas de cuarzo y esfeno (Herreros, 2009). Otros cuerpos menores consisten en filones de composición andesítica y cuerpos pequeños riolíticos y dioríticos.

3.2 Geología Distrital

3.2.1 Rocas estratificadas

Las rocas estratificadas se presentan con una disposición homoclinal, con rumbos variables entre $N30^{\circ}E$ y $N30^{\circ}W$ y con manteos entre 20° y $40^{\circ}E$ (Herrerros, 2009). Las unidades distritales, ordenadas del más antiguo al más reciente, según Romero y Mundaca (1997), se dividen en:

- I. Tobas brechosas
- II. Andesita inferior
- III. Unidad de tobas
- IV. Andesita superior

Unidad de Tobas brechosas

Los afloramientos de esta unidad se encuentran en la zona sur este del distrito (Figura 14) Infrayace de manera concordante a la Unidad de Andesita Inferior. La base se encuentra intruída por cuerpos de granitoides. El espesor mínimo ha sido estimado en 230 *m* (Herrerros, 2009). Se reconocen dos litologías dentro de esta unidad:

- a) Toba Lítico-Cristalina: Se caracteriza por presentar una matriz verde oscura, entre 10 –15% de cristales de feldespato con un tamaño menor a 3 *mm* y entre un 20 –30% de fragmentos líticos que corresponden a andesitas porfídicas y afaníticas; y tobas cineríticas y cristalinas.
- b) Toba Brechosa: Presenta una matriz color gris-verdosa, la cual se encuentra constituida por ortoclasa, cuarzo, plagioclasa, fragmentos líticos de composición tobácea y andesíticas. Los fragmentos mayores que alcanzan hasta 30 *cm* de longitud corresponden a andesitas porfídicas, andesitas afaníticas y tobas.

Unidad de Andesita inferior

Esta secuencia andesítica se distribuye en una franja norte sur y yace de manera concordante entre la Unidad de tobas brechosas y la Unidad de Tobas (Figura 14). Su espesor se estima en 390 *m* (Herrerros, 2009).

Las rocas que componen esta unidad son de color gris verdoso a gris oscuro y presentan textura porfídica. Están constituidas por un 80–90% de masa fundamental afanítica, un 10–20% de fenocristales de plagioclasas, 2–5 % de minerales ferromagnesianos que corresponden a piroxenos. Presenta una alteración propilitica moderada a fuerte caracterizada por la alteración selectiva de plagioclasas a epidota y de piroxenos a clorita, y una silicificación sobreimpuesta. Existe mineralización de pirita y magnetita diseminada.

Unidad de Tobas

Esta secuencia volcánica sedimentaria se dispone en una franja norte-sur (Figura 14). El espesor varía de 400 a 600 *m*. En su base existen intercalaciones de las andesitas inferiores y en su techo intercalaciones con unidades sedimentarias.

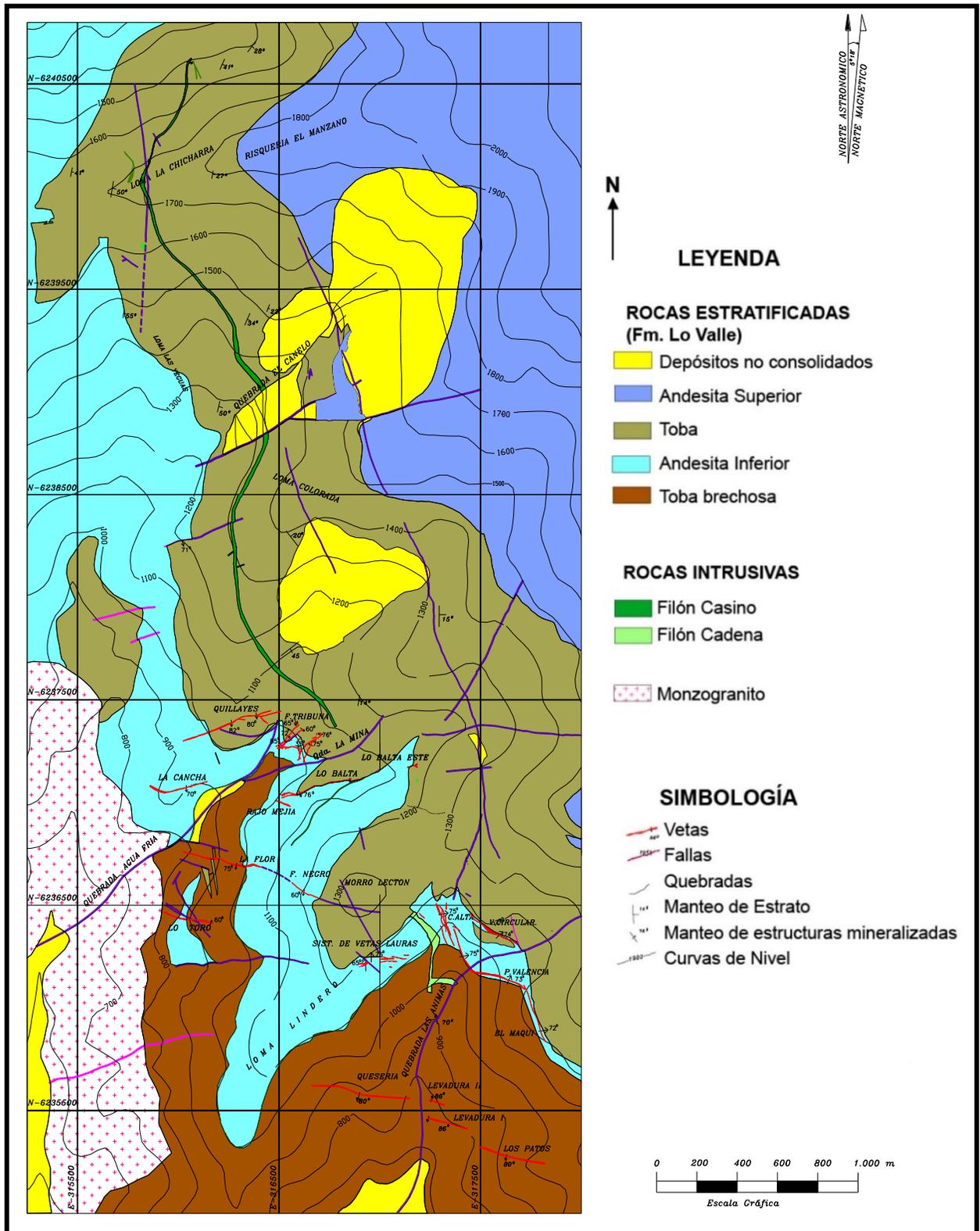


Figura 14: Mapa geológico distrital (Modificado de archivos Minera Florida S.A.).

Las tobas generalmente son de color gris violáceo y gris verdoso, presentan una alteración propilítica moderada a intensa, caracterizada por clorita y 10 epidota, con sobreimposición de silicificación débil a intensa y alteración argílica débil (Herreros, 2009). La unidad sedimentaria se intercala tanto en la Unidad de Tobas como en la Unidad de Andesita Superior y presenta un espesor variable entre 3 a 20 *m*. Son rocas de color pardo rojizo a morado y de base a techo corresponden a las siguientes litologías:

- a) Brecha Conglomerádica: Se constituye de una matriz de arena gruesa con cemento silíceo y arcilloso y fragmentos líticos redondeados, subangulosos a angulosos que alcanzan los 15 *cm* de longitud y corresponden a tobas y andesitas.
- b) Arenisca: Constituida principalmente por fragmentos volcánicos que corresponden a tobas y cristales de plagioclasa, ortoclasa y cuarzo.
- c) Lutita: es la secuencia de mayor espesor, hasta 10 *m*. Presenta un color que varía de morado a negro.

Unidad de Andesita Superior

Esta unidad aflora en la zona este con una disposición de franja norte- sur de manera concordante sobre la Unidad de Tobas (Figura 14). Su techo corresponde a la superficie de erosión actual y su espesor mínimo es de 500 *m*. Se reconocen dos litologías descritas a continuación:

- a) Andesita porfídica con fenocristales de anfíbola: corresponde a la parte basal de la unidad. Su color es gris verdoso y presenta una textura porfídica. Está constituida por un 94% de masa fundamental microfanerítica y un 6% de fenocristales, donde el 5% corresponde a cristales de anfíbola de 0,1 a 2 *cm* de largo y el 1% a plagioclasa con un tamaño menor a 2 *mm*. Presenta epidotización de la masa fundamental y plagioclasas, y una mineralización de magnetita.
- b) Andesita Porfídica: Sobreyace de manera concordante a la andesita porfídica con fenocristales de anfíbola. Presenta un color negro y textura porfídica. Está constituida por un 70% de masa fundamental microfanerítica y un 30% de fenocristales, donde el 20% corresponde a plagioclasa y el 10% restante a anfíbola. Presenta magnetita diseminada.

3.2.2 Intrusivos

Las unidades estratigráficas se encuentran intruídas por cuerpos hipabisales ubicados al sureste del distrito:

Filón Casino

Sepúlveda (2004), describe este cuerpo como una andesita de color gris verdoso con textura porfídica conformada por fenocristales de plagioclasa epidotizados de 1 a 3 *mm* de largo, anfíbolos euhedrales a subhedrales de 0.5 a 3 *cm* cloritizados débilmente

(Figura 14). La masa fundamental es granular fina y se constituye de gránulos ferromagnesianos y plagioclasas. Presenta alteración propilítica y mineralización de magnetita y pirita.

Microscópicamente presentan textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa, hornblenda y piroxenos. Las plagioclasas son euhedrales de hasta 0.6 mm, ocasionalmente poikilíticos con inclusiones de piroxenos; las hornblendas son euhedrales, de hasta 1 mm, ocasionalmente con textura poikilítica incluyendo minerales opacos: los piroxenos se presentan subordinados y agrupados en cúmulos, son anhedrales y tienen un tamaño de hasta 0.3 mm. Los minerales opacos son subhedrales y corresponden principalmente a ilmenita. La masa fundamental es intersertal a subofítica, compuesta por microlitos de plagioclasa con inclusiones de biotita, clorita, anfíbola y minerales opacos de 0.04 a 0.1 mm. Presenta alteración propilítica y potásica, caracterizada por reemplazo de plagioclasa a clorita y biotita respectivamente. La mineralización presente corresponde a abundante ilmenita y rutilo diseminados, y en menor cantidad pirita, calcopirita, magnetita, galena y blenda (Sepúlveda, 2004).

Filón Cadena

Macroscópicamente corresponden a andesitas de color verde (Figura 14), textura porfídica, con fenocristales (10%) de plagioclasas de hasta 2.5 mm, subhedrales y alterados parcialmente a arcillas; piroxenos de hasta 1 mm de largo, subhedrales y con alteración propilítica, parcial a total. La masa fundamental (90%) es granular fina con gránulos de ferromagnesianos y plagioclasas (Sepúlveda, 2004).

Petrográficamente presenta textura cúmulo-porfídica con masa fundamental ofítica a subofítica. Los fenocristales de plagioclasa son euhedrales, zonados, de hasta 1.6 mm, parcialmente argilizados, formando textura poikilítica con cristales de anfíbol o asociados a piroxeno. Los fenocristales de piroxeno son subhedrales, de hasta 0.6 mm, forman cúmulos y se presentan epidotizados. La masa fundamental está constituida por cristales menores a 0.07 mm, de plagioclasa, anfíbol, piroxeno y minerales opacos. La alteración comprende argilización de plagioclasas, cloritización de piroxenos y anfíboles. Se presenta ilmenita, rutilo, trazas de hematita, magnetita y calcopirita (Sepúlveda, 2004).

3.2.3 Alteración

La alteración en el Distrito Minero Alhué se caracteriza por una propilitización con sobreimposición de una silicificación, una alteración potásica local y una alteración supérgena que corresponde a una argilización (Romero & Mundaca, 1997).

a) Alteración Propilítica: Presenta distribución regional y abarca amplias zonas de forma irregular, tiene contactos gradacionales con las rocas no alteradas. Los minerales de alteración son epidota, clorita, calcita y menores proporciones de pirita fina. Afecta principalmente a andesitas, tobas brechosas y débilmente a las tobas. La epidotización afecta parcialmente la masa fundamental de las andesitas, a la matriz de las tobas y en algunos casos a los fenocristales de la dacita.

b) Alteración Silíceas: Es la alteración que se presenta con mayor frecuencia y distribución. Se presenta en forma penetrativa en tobas líticas y/o cristalinas con

reemplazo de cuarzo microcristalino a criptocristalino en la matriz y fragmentos líticos de tobas. Localmente está asociada a pirita euhedral fina. En menor proporción afecta a andesitas y tobas brechosas.

c) Alteración Potásica: Afecta en sectores muy restringidos a la unidad dacítica y se caracteriza por la presencia de feldespato potásico. Se encuentra principalmente como adularia en algunas vetas.

d) Alteración Supérgena: Es de carácter regional y produce argilización superficial. Está acompañada principalmente por óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso. En sectores, a través de fallas, esta alteración alcanza zonas que superan los 30 m de profundidad. Afecta débilmente a la fracción cristalina de algunas tobas y fenocristales de rocas andesíticas.

3.2.4 Geología Estructural

3.2.4.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica reconocida en el distrito presenta una disposición homoclinal buzante hacia el este, con actitud espacial N 30° W a N 30° E/ 20°-39° E y una potencia estimada de 1.800 m. Las características antes descritas son observables principalmente en la unidad sedimentaria, que se dispone sobre la cota altimétrica 1200 m.s.n.m.

En algunos tipos litológicos que componen las unidades de la secuencia estratificada, se observan acuñaientos, engranes y contactos localmente discordantes, lo que es característico de secuencias piroclásticas. Estas características se presentan principalmente en la unidad de toba.

3.2.4.2 Fallas

En el distrito se han reconocido cinco sistemas de fallas, de los cuales, cuatro controlan el emplazamiento de las vetas y el quinto que cronológicamente es el más reciente, controla principalmente la morfología actual de las quebradas. Se estima que la orientación aproximada de los estados de esfuerzos compresivos que habrían generado los cuatro primeros sistemas estructurales asociados a vetas en este distrito son los siguientes (Romero, 1997; Figura 15):

- Esfuerzo principal mayor σ_1 : **N 48° W**
- Esfuerzo principal intermedio σ_2 : **subvertical**
- Esfuerzo principal menor σ_3 : **N 42° E**

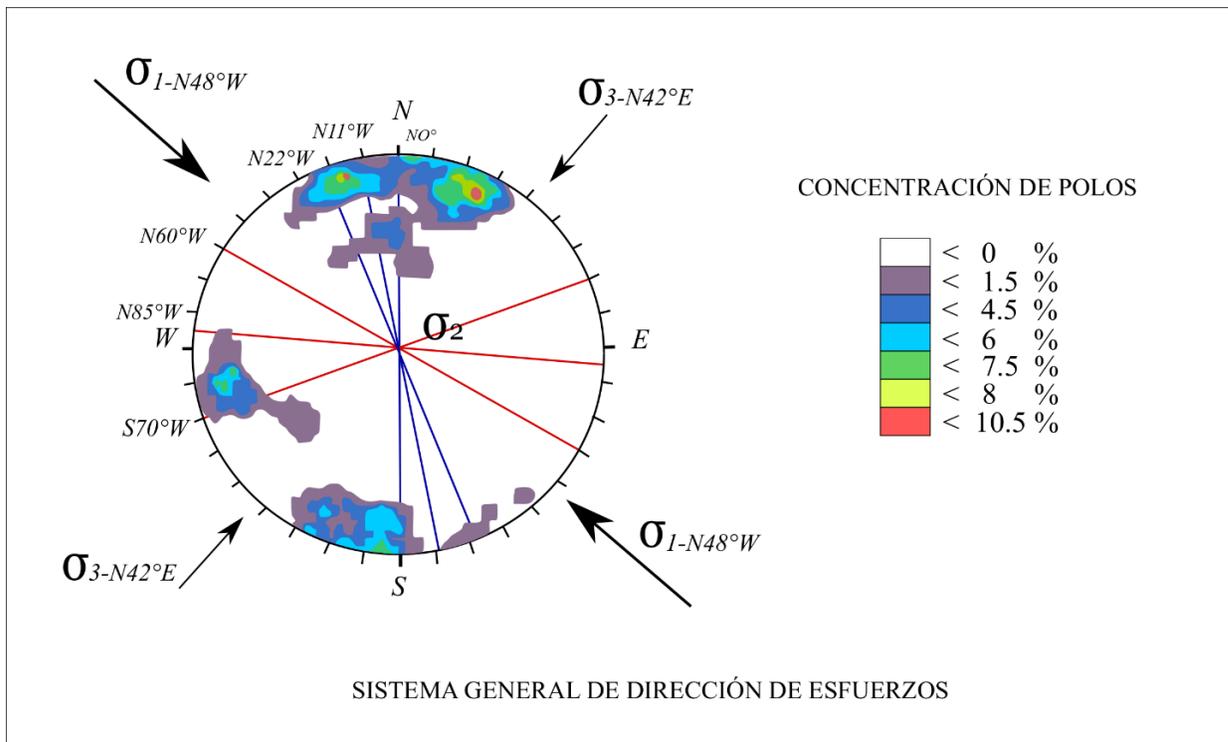


Figura 15: Diagrama de polos, mostrando los sistemas de fallas principales y los esfuerzos asociados en el distrito minero de Alhué. Modificado de Araya, (2001).

Las características de estos cuatro sistemas estructurales son las siguientes

Fallas Este-Oeste: En este sistema se incluyen aquellas fallas de rumbo N80° a 90°E con manteos variables entre 60° y 85° norte o sur. Corresponden a estructuras de primer orden, riedel conjugadas R', de carácter dextral – normal. La longitud promedio de sus corridas varía entre 350 a 400 m.

Fallas Norte – Sur: en este grupo se incluyen todas las fallas cuyos rumbos varían entre N10° a 20°W con manteo de 70 a 75° este. Este set es considerado como el principal de los cuatro, debido a que se ejerce un claro control sobre los tres restantes limitándolos en sus corridas. Este sistema ha sido clasificado como fallas de primer orden, riedel R, sinistral-normal. Las corridas de estas fallas son las de mayor longitud en el distrito minero de Alhué destacándose entre ellas Maquis de 1500 m reconocidos, pedro de valencia occidental 1200m reconocidos, además de Lorena y Paralela entre.

Fallas Noroeste: corresponde al sistema de rumbo N50° a 60°W con manteos variables entre 55° y 75° NE o SW (45%). Sus características morfológicas y texturales permiten clasificarla como fallas tensionales. En general sus corridas son bastante reducidas no superando los 300 m, por lo tanto, presentan una corrida y potencia limitada. Pertenece a este sistema la veta las Pataguas.

Fallas noreste: en este grupo se incluyen todas las fallas de rumbo N30° a 40°E manteos entre 70 y 75° NW SE, alcanza el 3,7% y corresponde a un sistema secundario generado por la acción de esfuerzos compresivos como por la rotación del sistema.

4 METODOLOGÍA

4.1 Petrografía Macroscópica

Las muestras con las que se trabajó en la presente investigación fueron adquiridas por el profesor Daniel Moncada del equipo de geología de exploraciones del distrito minero de Alhué, propiedad de la empresa canadiense Yamana Gold Inc.

En total se obtuvieron un total de 179 muestras de sondajes pertenecientes a la veta Las Pataguas y Don Leopoldo en el distrito minero. Del total de muestras 109 pertenecen a la veta las Pataguas, 46 a la veta Don Leopoldo y 25 a la intercesión de ambas vetas.

Las muestras pertenecientes a la veta las Pataguas corresponden a 134 en su totalidad, su distribución abarca ~900 m de longitud en la veta, considerando además un rango de profundidades entre los 584 y 987 m.s.n.m.

El estudio petrográfico macroscópico de las muestras de sondaje consistió en el reconocimiento de la mineralogía de ganga, alteración y metálica, considerando su estilo de mineralización, su abundancia relativa, el tipo de alteración hidrotermal e intensidad presente, el tipo de roca caja, las texturas minerales reconocible, tipos de vetillas y sus características tales como relleno, intensidad, forma e intersección. Por último, la identificación de eventos mineralizadores posibles.

4.2 Preparación de cortes transparentes

Para la observación de inclusiones fluidas se lleva a cabo la preparación de cortes transparentes rápidos (*quickplate*), estos corresponden a cortes con espesor entre 70 y 100 μm . Debido a que no requiere de doble pulido, su preparación es más rápida y de un menor costo. Para su utilización se requiere la utilización de un aceite de inmersión con un índice de refracción cercano al mineral huésped en que se desea observar inclusiones. Para esta investigación el mineral huésped de mayor importancia para la identificación de inclusiones es el cuarzo, para el cual un aceite petrográfico estándar de índice 1,51 aproximadamente es suficiente. (Goldstein & Reynolds 1994).

Posterior a la recolección y elección de las muestras, se llevó a cabo la preparación de los cortes transparentes rápidos (*quickplate*), utilizando la metodología descrita por Goldstein & Reynolds (1994), que se detalla a continuación.

Para la preparación de los cortes fue necesario el uso de maquinarias del taller de cortes supervisado por Julio Díaz. Dentro de las maquinas se encuentran: la sierra Petrolin, Cm41 cliper y la devastadora-pulidora (Figura 16.a) y Sierra de corte diamantina Cm41 cliper (Figura 16.b).

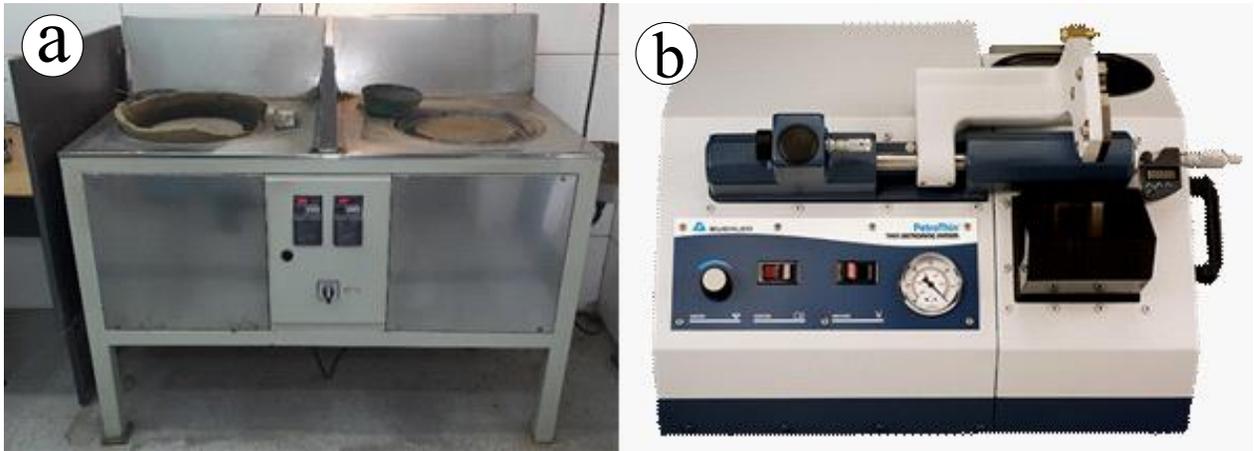


Figura 16: Maquinaria ubicada en los laboratorios del Departamento de Geología, FCFM, Universidad de Chile; utilizada en la fabricación de cortes quickplates: (A). Desbastadora/Pulidora consistente en dos discos rotatorios. (B) Sierra de corte diamantada

- En primer lugar, se obtiene una cara plana fresca de la muestra de interés, en este caso, será idealmente una cara perpendicular a la veta, que refleje la temporalidad de la mineralización (Figura 17). Para ello se cortará la muestra con una sierra con disco de corte diamantada (Figura 16.a) y enfriada por agua.
- Luego selecciona un área de 21 x 35 mm en una cara plana de una roca, para luego ser cortada con una sierra de corte diamantada que se enfría por agua, obteniéndose una “caluga” de roca de 21 x 35 x 15 mm (Figura 17).
- A continuación, se debe devastar la superficie seleccionada con carburo de silicio en polvo, para obtener una superficie plana y uniforme. Para eliminar los residuos de carburo de silicio, la caluga se limpia en agua con un baño con ultrasonido.
- Posteriormente, utilizando resina epóxica o cianocrilato, se adhiere un portaobjeto de vidrio previamente desgastado con grit 120, a cada “caluga”, para posteriormente cortarla, una vez seca la resina, a menos de 1 mm de grosor.
- Por último, se desgasta con carburo de silicio la superficie de la roca expuesta hasta tener un espesor aproximado entre 70-100 μ m y se limpia el corte mediante un baño ultrasónico de duración aproximada de 10 s.

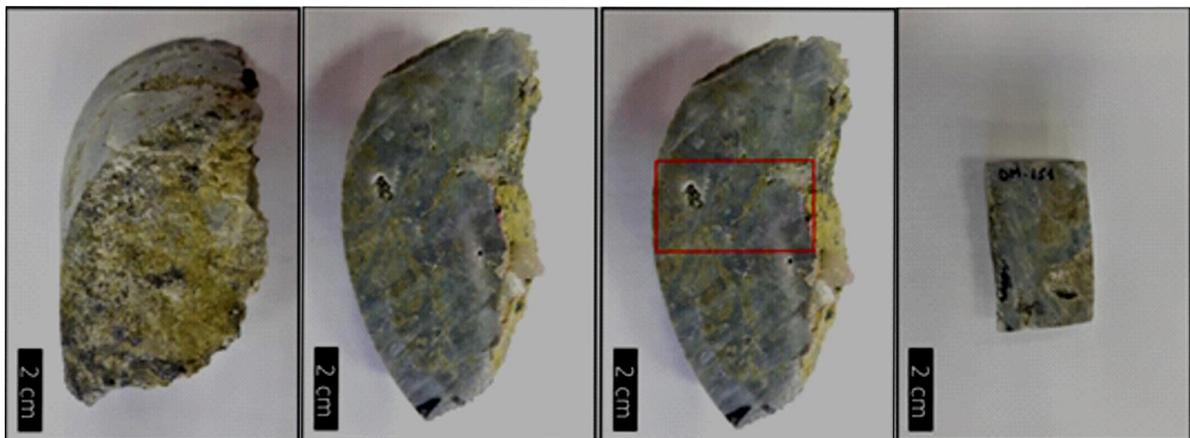


Figura 17: Pasos para la fabricación de quickplate.

4.3 Petrografía Microscópica

Para el análisis petrográfico se utilizó el microscopio Olympus BX53 (Figura 18) perteneciente al Departamento de Geología (FONDEQUIP EQM140009 “Microtermometría de Inclusiones Fluidas”) ubicado en el Laboratorio de Inclusiones Fluidas y Vítreas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

El estudio se centró en dos etapas principalmente, la primera etapa consistió en la petrografía textural y mineralógica, y una segunda etapa que se centró en la clasificación de inclusiones fluidas.

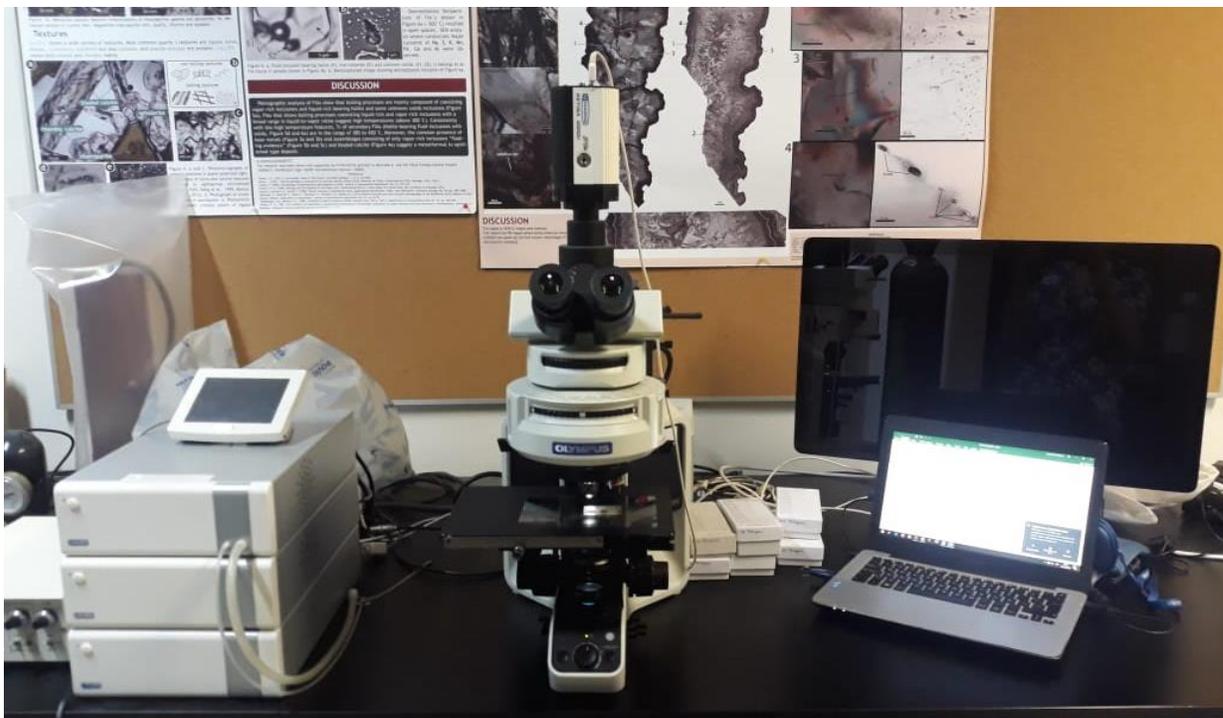


Figura 18: Microscopio óptico Olympus BX53 y platina Linkam THM-600, pertenecientes al Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

4.3.1 Petrografía textural y mineralógica

La primera parte del análisis petrográfico consistió en la observación de los cortes transparentes, con el objetivo de reconocer la mineralogía, las texturas de ganga, eventos de mineralización, temporalidad de eventos y la asociación metálica presente tanto en vetillas como diseminada en las distintas fases minerales.

En particular se centra el estudio en la identificación y clasificación de las distintas fases texturales presentes en cuarzo y calcita, identificación de mineralogía metálica y relación de cortes entre estructuras, esto con el objetivo de establecer la paragénesis del sistema.

4.3.2 Petrografía de inclusiones fluidas

La segunda etapa del estudio petrográfico consiste en el estudio de inclusiones fluidas presentes en los diferentes tipos de texturas identificadas en los cortes transparentes

El estudio petrográfico de las inclusiones fluidas tiene como fin identificar los diferentes arreglos de inclusiones fluidas presentes en cada textura, además de la clasificación de estas según el tipo, composición, abundancia y cambios que hayan sufrido. La identificación de FIAs con evidencias de ebullición (boiling) y/o flashing, con relación liquido-vapor consistente, son de gran importancia para el estudio en cuestión y para la realización de estudios posteriores de microtermometría en caso de realizar estos.

4.4 SEM-BSE

La microscopía electrónica de barrido es una técnica de análisis superficial, que consiste en enfocar sobre una muestra un fino haz de electrones con energías de excitación y que permite obtener información morfológica, topográfica y composicional de las muestras produciendo imágenes de alta resolución utilizando las interacciones electrón-materia. Este estudio tiene como propósito la búsqueda de elementos trazas de interés económico, tales como Au y Ag, en texturas de ebullición como rompecabeza y colofome, así como también su presencia dentro de metales de pirita y esfalerita entre otros. Para ello se obtendrán imágenes de composición de mineralización por medio de un detector de electrones retrodispersados (BSE).

Para poder llevar a cabo el análisis BSE, en primera instancia de debe hacer uso del equipo Cressington 108C Auto carbón Coater (Figura 19.a), el cual permite metalizar las muestras con una capa de carbono superficial, que, al ser conductiva, inhibe la aparición de cargas eléctricas, reduce el daño termal, y mejora la resolución de la imagen en el SEM. El equipo SEM-EDX-CL Quanta 250 (Figura 19.b), acoplado al detector de electrones retrodispersados (BSE), permite el análisis posterior de microscopía electrónica de barrido, este pertenece al Centro de Excelencia en Geotermia de Los Andes (CEGA)

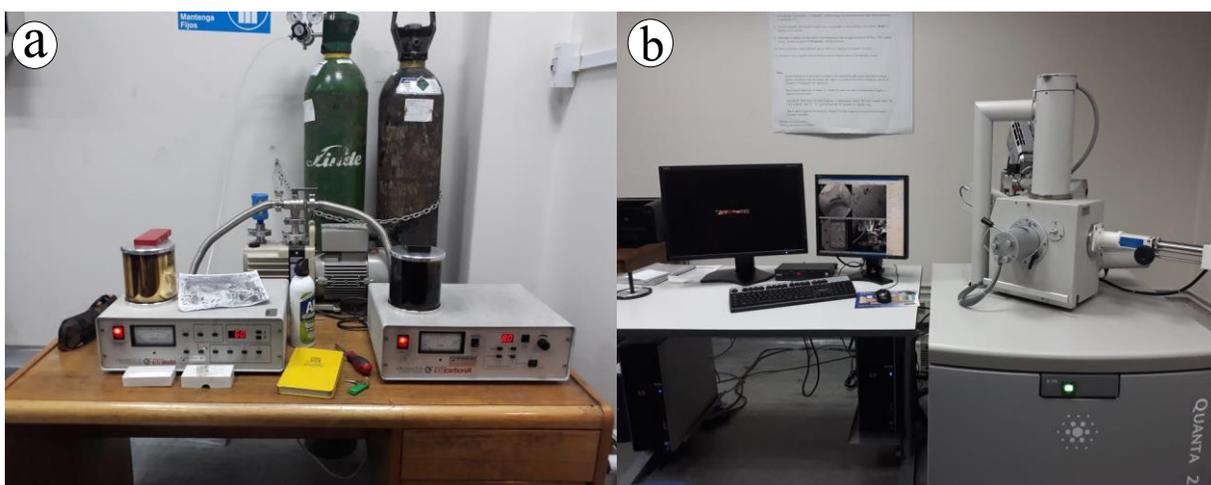


Figura 19: (a) Equipo Cressington 108C Auto carbón Coater. (b) Equipo SEM-EDX-CL Quanta 250. Ubicados en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile.

4.5 Factor de Confianza de Ebullición (BCF)

El factor de confianza para la ebullición (BCF) es descrito por Moncada et al. (2017), como un factor que pretende reemplazar y mejorar el concepto presentado como factor de intensidad de ebullición, este factor es destinado a identificar aquellas muestras que presentan la mayor evidencia de ebullición (Moncada et al, 2012).

Moncada et al (2017), señalan que es más seguro que la ebullición ocurra en un lugar determinado si las muestras presentan múltiples características que son indicativas de ebullición en lugar de una o dos de estas características. En primer lugar, la presencia de arreglos de inclusiones ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor, que se produjeron por fugas u otros procesos de reequilibrio es una prueba irrefutable de la existencia de líquido y vapor en el sistema de vetas. Por su parte, los arreglos que consisten solo en inclusiones ricas en vapor, la presencia de adularia, cuarzo colofome o calcita hojosa, apoyan fuertemente un origen por ebullición, pero también pueden ser características producidas por otros mecanismos. Por último, las texturas de cuarzo que sugieren precipitación original de sílice amorfa calcedonia, como lo son la rompecabezas o mosaico, plumoso, extravagante o esfera fantasma son consistente con la deposición de soluciones de ebullición, pero estas texturas podrían ser el resultado de otros procesos que conduzcan a una rápida precipitación de sílice.

Bajo las consideraciones señaladas anteriormente, Moncada et al (2017), asignan a cada grupo de características un factor de confianza, las cuales son mostradas en la Tabla 5, a continuación.

Tabla 5: Características asociadas a ebullición y su ponderación respectiva para el cálculo de BCF. Basado en Moncada et al. (2017).

Grupo	I	II	III
Presencia	<ul style="list-style-type: none"> • FIAs ricas en Líquido coexistiendo con vapor 	<ul style="list-style-type: none"> • FIAs ricas en Vapor • Calcita hojosa • Calcita hojosa Reemplazada por cuarzo • Colofome • Adularia 	<ul style="list-style-type: none"> • Rompecabeza • Plumosa • Extravagante • Esfera Fantasma
Factor	5	3	1

El factor de confianza de ebullición total asignado a cada muestra representa la suma de todas las características presentes, multiplicada por su tasa de confianza individual. Por lo tanto, el BCF máximo que una muestra puede tener de acuerdo a esta formulación es de 20.

Este factor ha demostrado ser eficaz en la distinción de muestras y ubicaciones donde la probabilidad donde se produzca la ebullición es más alta, y aquellas ubicaciones donde hay menos confianza en que se produzca la ebullición. Es por esto que el BCF es una de las muchas herramientas que podrían usarse en exploración

Al igual que la existencia de características de condiciones de ebullición, Moncada et al. (2017), han recopilado evidencias de condiciones de no ebullición como lo son, la textura peine, zonal, calcita romboédrica y las inclusiones fluidas con illita atrapada en ellas.

5 RESULTADOS

5.1 Petrografía y caracterización macroscópica

Las descripciones petrográficas se realizan a muestras de sondajes provenientes del sector de Las Pataguas-Don Leopoldo, en el distrito minero de Alhué. De dichas muestras se seleccionaron aquellas que cortan la veta las Pataguas correspondiendo a 109 especímenes y aquellas que pertenecen a la intersección de ambas vetas que corresponden a 25 especímenes, sumando un total de 134 muestras. Estas muestras se caracterizan por formar parte de zonas de vetas de cuarzo, brechas hidrotermales, stockwork, vetilleo, zonas con mineralización presente y zonas con texturas reconocibles. Las descripciones realizadas se presentan en detalle en el Anexo C.

Respecto a la litología de la roca caja, a lo largo de toda la veta se reconocen andesitas porfídicas y afaníticas de color gris y verdes caracterizadas por una alteración cálcica y propilítica de intensidad débil a moderada. Las tobas se clasificaron en cristalinas, litocristalinas, cristalolíticas y líticas de acuerdo a la presencia y abundancia de cristales y fragmentos líticos, las que se encuentran intercaladas con lavas. Las tobas, en general, presentan una fuerte alteración propilítica (Figura 20.a), y una alteración cálcica sobrepuesta, comúnmente formando brechas hidrotermales (Figura 20.b). En menor proporción se observaron tobas fluidales, riolitas y andesitas peperíticas (Figura 20.c), con diferentes grados de silicificación. En general la veta las Pataguas se caracterizan por la presencia de abundantes vetillas de cuarzo, stockwork (Figura 20.c), brechas hidrotermales y vetas masivas (Figura 20.d), las que además exponen diferentes tipos de texturas minerales.

Las alteraciones hidrotermales que se identificaron en las muestras del sistema corresponden a alteración cálcica, propilítica y silicificación principalmente; además se presentan procesos de argilización (en zonas de falla), cloritización y oxidación. La alteración cálcica (Figura 20.e), se sobrepone a la alteración propilítica y representa una de las más abundantes, observándose en la mayor parte de las muestras, se caracteriza por la presencia de abundante epidota, se observa alterando andesitas, tobas, presente en cúmulos en vetas masivas de cuarzo asociada a zonas de mineralización y en vetillas. La alteración propilítica (Figura 20.a), se presenta en tobas y andesitas con una intensidad media alta, se caracteriza por la presencia de clorita y epidota principalmente, albita y calcita en menor proporción. La silicificación igualmente abundante que la alteración cálcica, presenta colores verdes asociada con una alteración cálcica, gris asociada con minerales sulfurados y de color blanco, principalmente en tobas y brechas a lo largo de todo el sistema y asociada a importantes zonas de mineralización. Se observaron muestras con argilización asociada a zonas de fallas y de baja intensidad, identificándose arcillas en conjunto con epidota, clorita cuarzo y calcita. La oxidación se presenta principalmente en sulfuros como pirita, patinas en fracturas y afectando la roca total en muestras de tobas u vetas masivas, caracterizada por la presencia de hematita, limonita y óxidos de manganeso (Figura 20.d). La cloritización se presenta en algunas muestras de tobas cristalinas y andesitas porfídicas, de igual forma se identificó en zonas de mineralización, asociadas con epidota y calcita.

La mineralogía de ganga identificada en las muestras consiste en cuarzo y calcita. El cuarzo es el mineral más abundante y presente en todo el sistema, forma parte de vetillas, stockwork, vetas y brechas hidrotermales, se caracteriza por la formación de

variadas texturas minerales asociada con abundante precipitación metálica y minerales de alteración, por otra parte, se identificó cuarzo con impurezas donde se reconoce el cuarzo gris, el cual se encuentra asociado a una importante mineralización de sulfuros como galena, esfalerita, pirita y calcopirita (Figuras 21.b y 21.c). La calcita por su parte se caracteriza por estar presente en gran parte de las muestras observadas, pero en bajas proporciones, como el relleno de cavidades, fracturas y matriz en brechas hidrotermales.

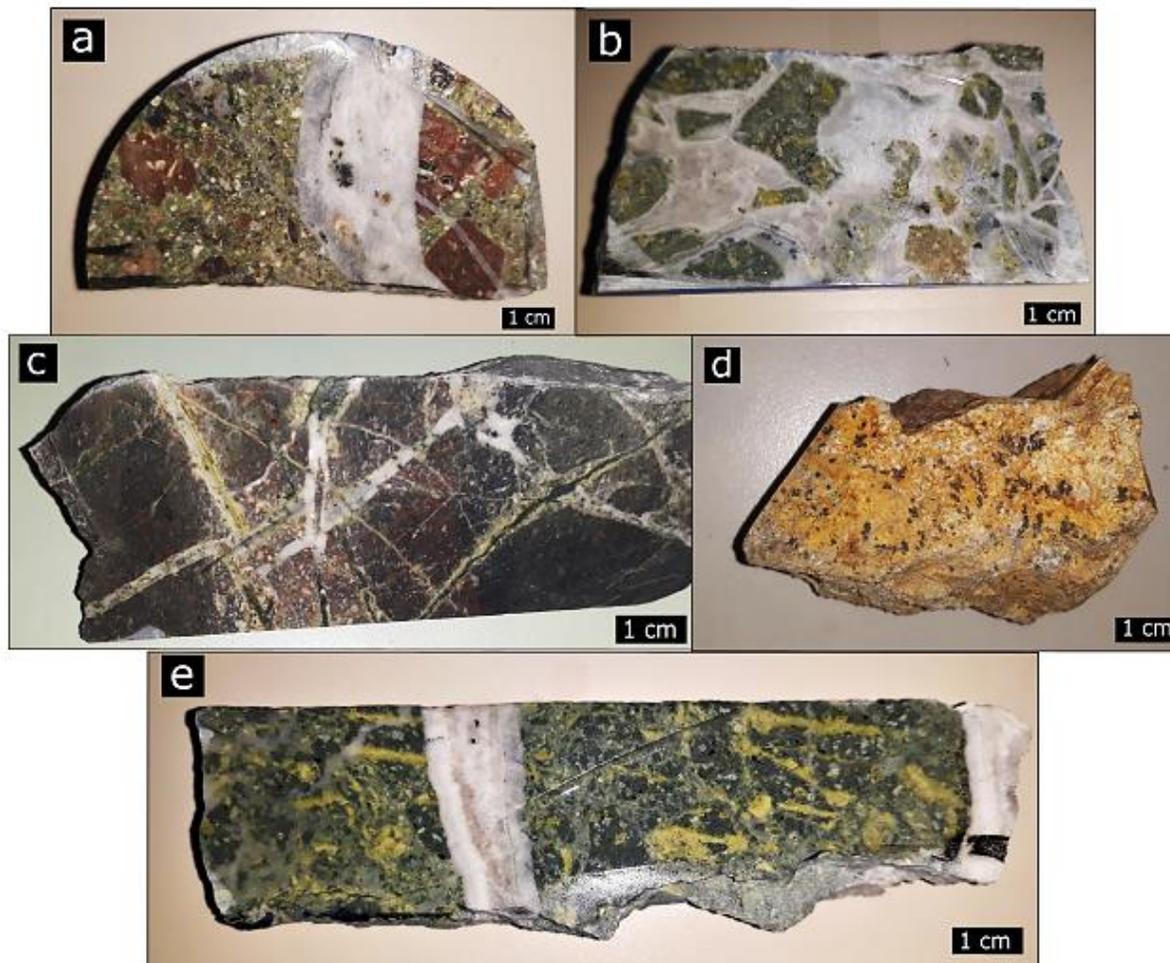


Figura 20: Muestras de mano:(a) toba litocristalina con alteración propilítica y vetilleo de cuarzo blanco masivo; (b) Brecha de toba de cristales con cemento de cuarzo coloforme y crustiforme, leve mineralización; (c) andesita peperítica con stockwork;(d) veta masiva de cuarzo con oxidación en patinas de Ox. de Mn y Fe; (e) toba cristalina con alteración propilítica y cálcica pervasiva y vetilleo de cuarzo crustiforme.

Respecto a las texturas minerales se observaron diferentes tipos a lo largo de la veta y en un mismo nivel, dentro de las cuales se encuentran la textura masiva, peinetada, coloforme, crustiforme, calcita rómbica, calcita hojosa y calcita hojosa reemplazado por cuarzo. La textura coloforme (Figura 21.a , 21.d y 21.e), representa una de las texturas más abundantes en las muestras observadas, se encuentra en diferentes niveles, tanto a lo largo del sistema como en profundidad, se caracteriza por la formación de bandas en brechas cementando junto con abundante mineralización, bordeando fragmentos asociada a cuarzo de reemplazo de calcita hojosa, y en vetas masivas como bandas que cortan cuarzo rompecabeza, se encuentra asociada a mineralización importante de esfalerita, galena, pirita y calcopirita.

La textura crustiforme (Figuras 21.b, 21.d y 21.e), es la segunda textura más abundante observada en muestras de mano, tanto en vetillas como en brechas. Se caracteriza por un crecimiento simétrico, desde las paredes de vetillas, formando bandas de cuarzo cristalino de diferentes tamaños y texturas. Se encuentra cortando la roca caja, vetas masivas mineralizadas y vetillas de cuarzo coliforme, además se presenta como una etapa tardía a la mineralización asociada a cuarzo coliforme principalmente en brechas hidrotermales. El cuarzo peine (Figura 21.a y 21.b), se observa en unas algunas muestras creciendo en espacios abiertos en fracturas como parches en cavidades y en vetillas abiertas.

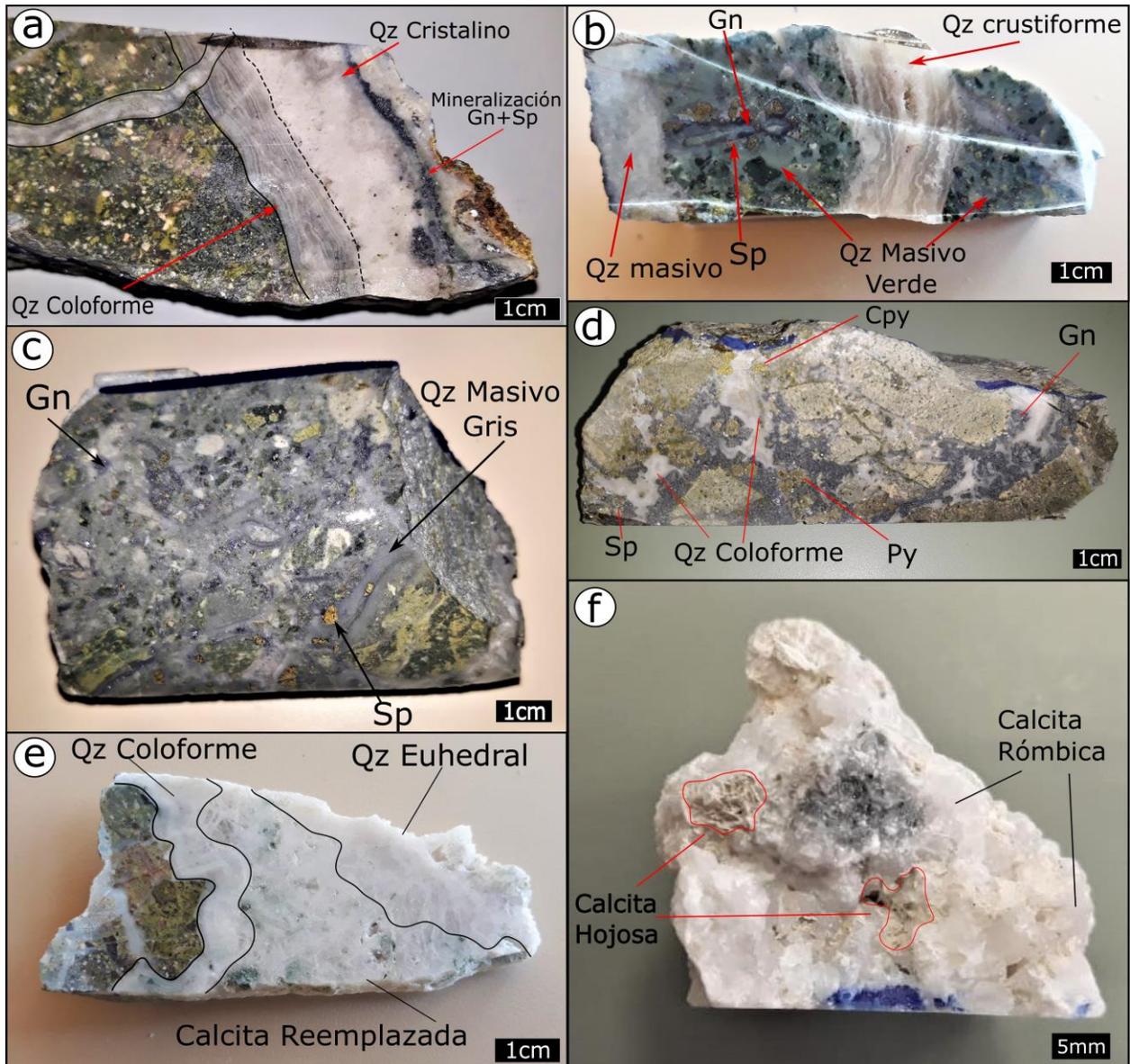


Figura 21: Muestras con texturas minerales asociadas a ebullición. (a) textura coliforme, calcita hojosa reemplazada, crustiforme y mineralización; (b) veta masiva de cuarzo verde mineralizado y cuarzo crustiforme posterior; (c) veta masiva con cuarzo gris mineralizada; (d) brecha cementada con mineralización y cuarzo coliforme; (e) veta-brecha con cuarzo coliforme, mosaico euhedral y calcita hojosa reemplazada; (f) Veta de calcita rómbica y calcita hojosa superimpuesta.

La textura de cuarzo reemplazando calcita hojosa (Figuras 21.e, 22.d y 22.f), se presenta en varias de las muestras del sistema, se caracteriza por su aspecto de hojas, formando un entramado de láminas que se cortan entre sí, presenta escasa mineralización y se encuentra asociada con cuarzo coliforme como etapa temprana. Las texturas de calcita son las menos abundantes, se identificó calcita rómbica y hojosa (Figura 21.f), la textura de calcita rómbica es la más abundante dentro de las dos, se presenta rellenando cavidades, y en vetillas como etapa tardía en el sistema, posterior a cuarzo peine (Figura 22.a), de igual forma se presenta asociada con la mineralización en cuarzo mosaico junto con epidota y clorita, la calcita hojosa se observó en un solo espécimen como etapa tardía sobre calcita rómbica. Por último, se observó cuarzo de carácter masivo en todo el sistema, en vetillas, brechas y como vetas. Se caracteriza por presentarse de variadas tonalidades, blanco (Figura 22.b), verde (Figura 21.b y 22.e), gris (Figura 21.c) y traslucido.

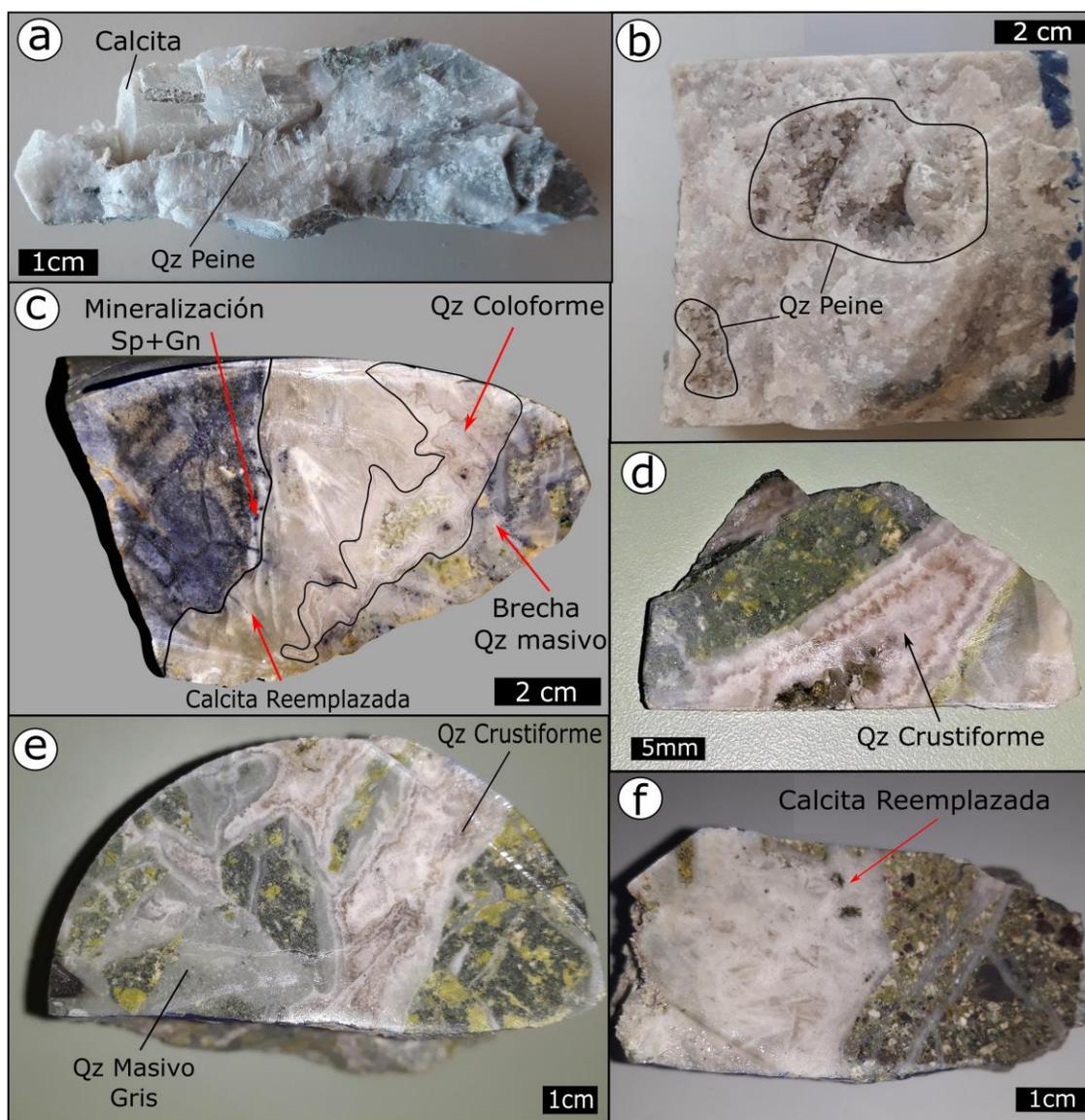


Figura 22:(a) muestra de veta que presenta cuarzo con textura peineta y calcita rómbica creciendo en espacio abierto; (b) veta masiva de cuarzo blanco con cuarzo peine en cavidad; (c) vetilla con cuarzo calcita hojosa reemplazada y cuarzo coliforme posterior;(vetilla con cuarzo crustiforme con bandas de crecimiento; (c) brecha de cuarzo coliforme verde y crustiforme hacia el centro;(F) brecha con calcita hojosa reemplazada.

Respecto a la mineralización metálica, no se identificó una distribución vertical en la veta, la mineralización que caracteriza el sistema a una escala macroscópica en las muestras observadas, corresponde a esfalerita y galena principalmente, en menor proporción se identificó pirita, calcopirita, especularita y magnetita, formando distintas asociaciones entre ellos y en conjunto con otros minerales y fases texturales. Dentro de las asociaciones y en paragénesis encontramos esfalerita, galena, pirita y calcopirita como de la más abundante asociada a vetas y brechas de cuarzo gris y verde masivo (Figura 21.b y 21.d), y a brechas y vetillas con cuarzo coloforme (Figura 21.c), en menor cantidad se observó diseminada en vetas masivas y en espacios abiertos sobre cuarzo peine. La asociación esfalerita, galena y calcopirita se encuentra en bandas discontinuas en vetillas de cuarzo masivo, coloforme y crustiforme. La asociación magnetita, pirita y especularita se observó de forma masiva en profundidad (cota 580), en vetillas de cuarzo coloforme o en vetas masivas de cuarzo blanco. Por último, se encuentra la mineralización de pirita diseminada con una intensidad variable en todos los niveles de la veta, donde se reconocen al menos 3 eventos diferenciados, un primer evento que afectó la roca caja junto con magnetita diseminada en menor cantidad; un segundo evento asociado a vetillas y brechas masivas asociado a un evento mineralizador importante en conjunto con esfalerita, galena y calcopirita en superficie.; y un tercer evento de pirita diseminada que se sobrepone a las anteriores.

5.2 Petrografía y caracterización microscópica

El siguiente procedimiento, posterior a la descripción macroscópica, es la petrografía de inclusiones fluidas y texturas minerales. Para esta etapa la selección de las muestras para la petrografía es de gran importancia, ya que la preservación y calidad de estas son determinantes para la obtención de mejores resultados para la investigación. Es por ello, por lo que las muestras fueron escogidas teniendo en cuenta ciertos criterios.

Primero, dado que los minerales huéspedes más propicios para el atrapamiento de inclusiones fluidas son cuarzo, calcita, adularia y fluorita entre otros, fue el primer criterio que se toma en cuenta al momento de seleccionar las muestras, así como un tamaño de grano grueso y un bajo grado de alteración.

Luego, identificar estructuras y posibles eventos que puedan dar información acerca de la paragénesis en el sistema y que estén relacionadas a la veta principal, dentro de los que se pueden considerar el vetilleo, stockwork, brechización hidrotermal y mineralización de interés para su estudio.

Por último, se seleccionan aquellas muestras que expongan variadas texturas y sobre todo aquellas que están asociadas a procesos de ebullición. Esto último es de gran relevancia, ya que el proceso de ebullición representa uno de los mecanismos de precipitación de metales preciosos y metales base más importante en ambientes hidrotermales.

Del total de muestras de mano se seleccionaron 112 para la construcción de cortes transparentes rápidos (quickplates) y tres cortes dobles pulidos. Las muestras seleccionadas para la realización de los cortes doble pulido corresponden a aquellos especímenes que presentaban las mayores concentraciones de Au según los datos químicos realizados, para ser analizadas en el SEM.

5.2.1 Mineralogía

Respecto a la mineralogía de ganga, se reconoce el cuarzo como el mineral más abundante y más representativo en el sistema, encontrándose en todas las muestras estudiadas. La calcita (Figura 23.b y 23.f) es el segundo mineral de ganga en el sistema, su abundancia es relativa, siendo baja comparada con el cuarzo, pero presentándose en varias muestras, como relleno de cavidades, en vetillas, microvetillas y como matriz en brechas hidrotermales; se observó también formando texturas minerales y de forma masiva. La actinolita junto con la epidota (Figura 23.d), se presentan en asociación con zonas mineralizadas junto con calcita y cuarzo euahedral, se observó cómo pequeños cristales euahedrales y subhedrales aislados inmersos en cuarzo rompecabeza; se caracteriza por sus colores de interferencia de primer orden.

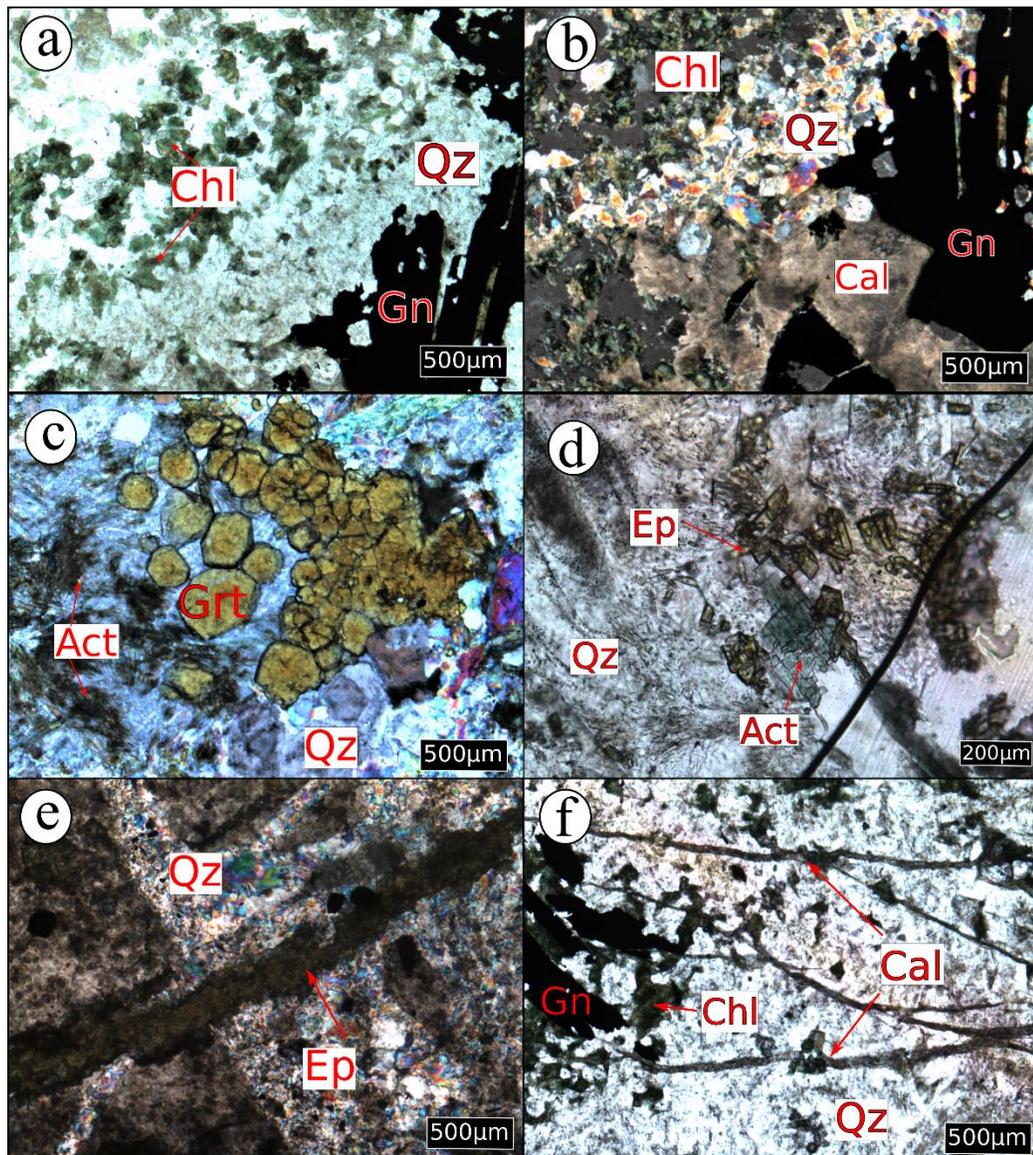


Figura 23: Microfotografías. a) zona mineralizada en cuarzo (Qz) rompecabeza, presencia de galena (Gn), calcita (Cal) y clorita (Chl) a nicoles paralelos. b) igual que a, a nicoles cruzados. c) presencia de granate (Grt) y actinolita (act) y cuarzo (Qz) en zona de alteración. d) Epidota (Ep) y actinolita (Act), inmersa en cuarzo rompecabeza. e) vetilla de epidota (Ep) cortando roca caja y vetilla de cuarzo. f) vetilla s de calcita contando zona mineralizada de galena y clorita en veta de cuarzo.

La mineralogía asociada a la alteración se caracteriza principalmente por epidota como el más abundante, se presenta alterando la mayor parte de las rocas, en vetillas cortando tanto roca caja como vetillas de cuarzo (Figura 23.e), y asociada con la mineralización de mena como agregados cristalinos. La clorita (Figura 23.a), se encuentra alterando la roca caja en tobas y andesitas, como cúmulos asociada con la mineralización de pirita, magnetita, sulfuros y en vetillas. La actinolita (Figura 23.c), se observa en menor cantidad, asociada con zonas mineralizadas y en vetillas junto con granate y clorita. El granate (Figura 23.c), se observó en un par de muestras siendo está muy escasa, presenta forma granulares y como agregados masivos irregulares, se encuentra asociada con actinolita en vetillas y en contacto simple con esfalerita, galena y hematita.

La mineralogía metálica que representa el sistema está compuesta por esfalerita, galena, pirita, calcopirita, magnetita, especularita y electrum. El electrum (Figura 24.a), se observa, en los cortes doble pulido, como pequeños granos con tamaños que varían entre 40 y 4 μm , aislados e inmersos en cuarzo rompecabezas y colofome, en los mismos cortes se observa la presencia de galena y esfalerita. La esfalerita (Figura 24.b), es uno de los minerales más abundantes en el sistema, se encuentra formando agregados irregulares inmersos en cuarzo rompecabeza, como bandas junto con galena, pirita y calcopirita, también asociado con cuarzo colofome y bordes en cuarzo crustiforme, tanto en vetillas como en brechas. La calcopirita es escasa y se presenta como agregados irregulares en contacto con esfalerita, galena y pirita, en asociación con magnetita, y como emulsión en

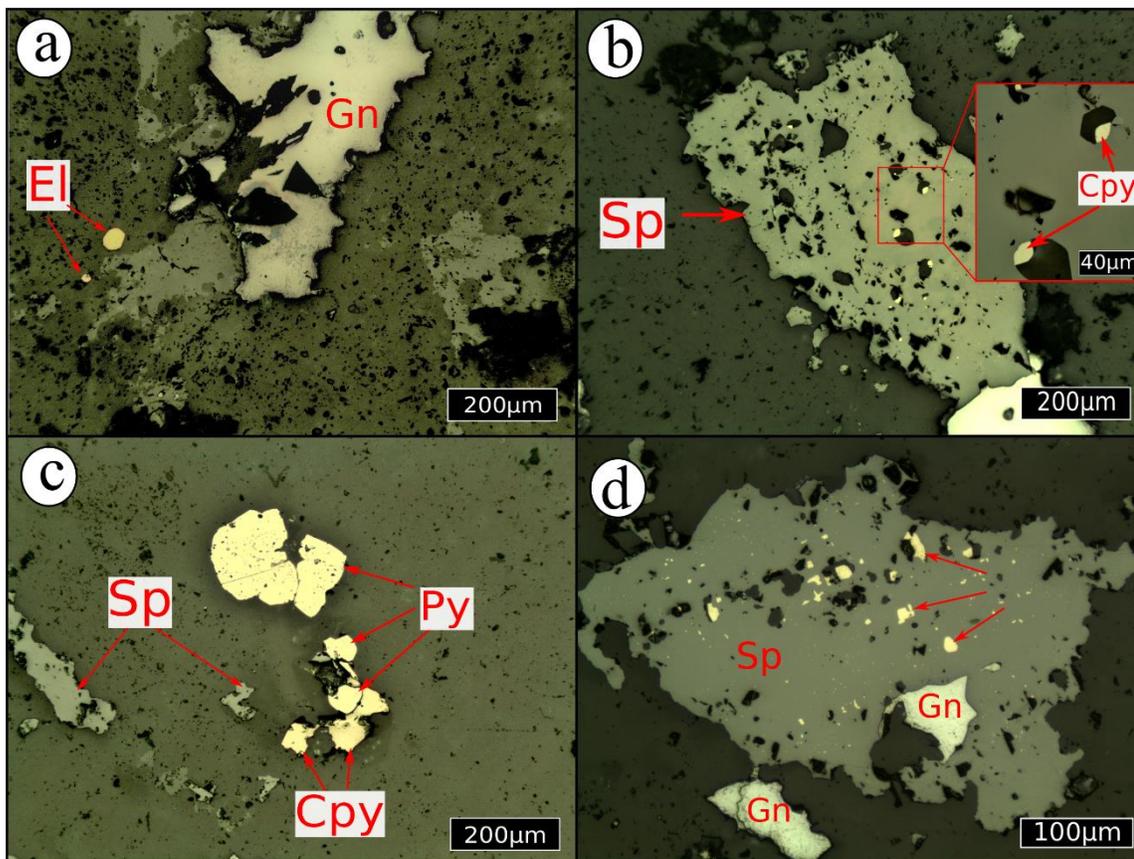


Figura 24: Microfotografías a luz refleja. a) galena (Gn) y electrum (El) inmersos en cuarzo rompecabezas. b) esfalerita (Sp), con inclusiones de calcopirita (Cpy) en cavidades. d) esfalerita inmersa en cuarzo rompecabeza, junto con pirita (Py) y calcopirita (Cpy) en contacto simple. d) esfalerita (sp) en contacto simple con galena (Gn) y con emulsión de calcopirita (Cpy).

esfalerita (Figura 24.b y 24.d). La pirita (Figura 24.c), se observa de forma diseminada en la roca caja como un evento previo a la mineralización masiva en el sistema, otro tipo de pirita se encuentra asociada a la mineralización principal. Se presenta en contacto simple de forma irregular y como cristales cúbicos, junto con esfalerita, galena y calcopirita, también en vetillas masivas junto con magnetita y especularita, y en un evento tardío en vetillas que cortan otras vetillas de cuarzo y roca caja. La asociación esfalerita, galena, pirita y calcopirita representa una asociación importante, presentándose en gran parte de las muestras mineralizadas y relacionada con texturas de tipo coloforne y rompecabezas. En algunas muestras se observó abundante especularita, con menor magnetita, esfalerita y galena. Se observó magnetita masiva junto con pirita en vetillas de cuarzo coloforne.

La presencia de la mineralización permite identificar ciertas asociaciones minerales que se observan con reiteración en varias muestras, dentro de ellas la más comunes corresponden a esfalerita + galena + pirita + calcopirita (Figura 25.a), que se presenta a lo largo de toda la veta; pirita + magnetita + calcopirita (Figura 25.b), observada a mayor profundidad, alrededor de la cota 560 aproximadamente; especularita + magnetita+ esfalerita, se presenta en menor cantidad y fuertemente asociada con clorita (figura 25.c y 25.d).

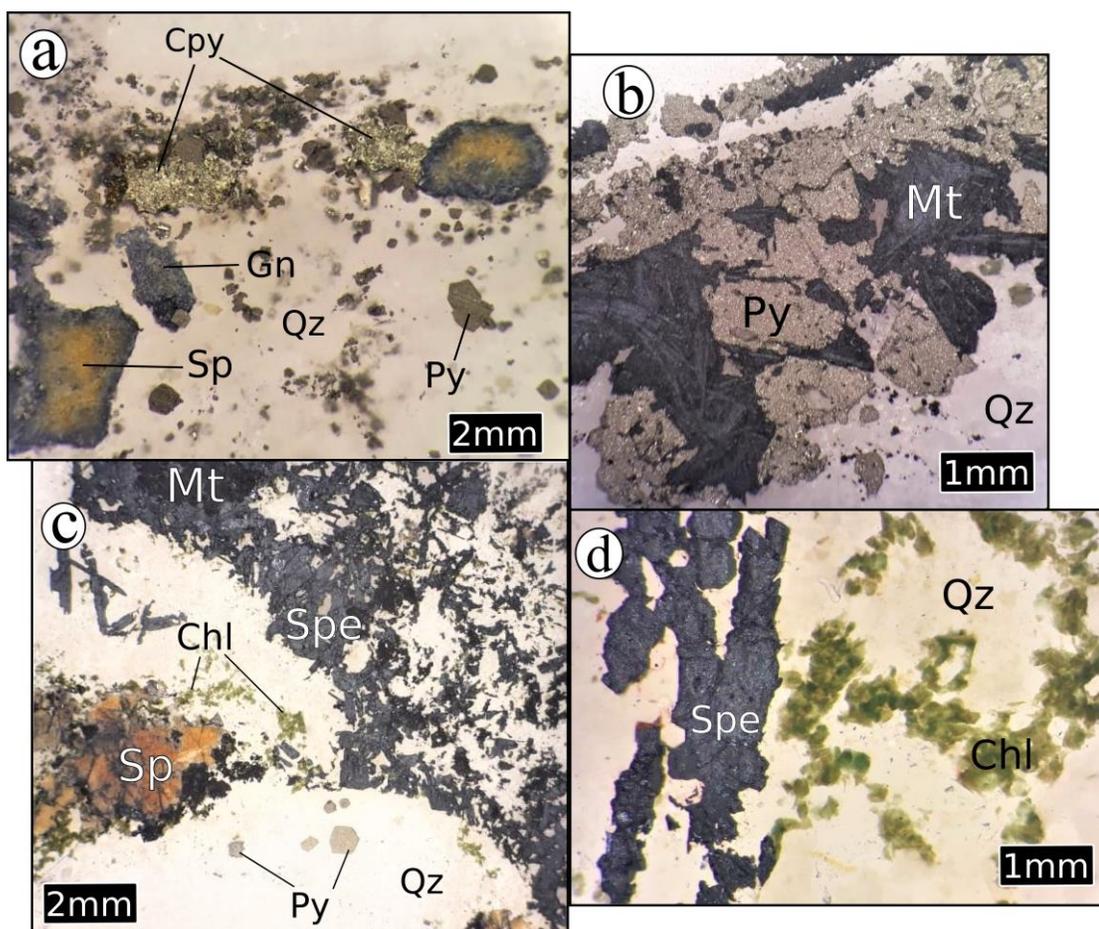


Figura 25: Microfotografías obtenidas con lupa de aumento. a) esfalerita (Sp), galena (Gn), calcopirita (Cpy) y pirita (Py) en veta de cuarzo (Qz) con texturas rompecabeza. b) vetilla de cuarzo coloforne con banda de magnetita (Mt) y pirita (Py) masiva. c) veta de cuarzo rompecabeza con mineralización de especularita (Spe), magnetita (Mt), esfalerita (Sp), pirita (Py) y clorita (Chl). Veta de cuarzo con mineralizan de especularía (Spe) y clorita (Chl).

5.2.2 Texturas minerales

La veta las Pataguas se caracteriza por albergar una variedad texturas minerales en cuarzo y calcita que dan cuenta de procesos y eventos que se encuentran estrechamente ligados con la mineralización presente en el sistema (Anexo D).

El cuarzo rompecabezas (Figura 26.a y 26.b), representa la textura más abundante en la veta las Pataguas, encontrándose en el 99% de los cortes transparentes observados, los que corresponden a 111 de las muestras, se distribuyen alrededor de toda la veta. Esta se observa formando agregados cristalinos y microcristalinos y como dominios anhedrales de variados tamaños siendo parte de vetillas, relleno de espacios abiertos y como matriz en vetas y brechas hidrotermales. De igual forma se reconoce la textura rompecabezas en bandas en vetillas y alrededor de fragmentos en brechas volcánicas formando texturas coliformes y en zonas recrystalizada de texturas crustiformes. La mineralización de tipo metálica se encuentra en contacto o inmerso en esta textura, al igual que casi todas las texturas reconocidas.

El cuarzo euهدral (Figura 26.c y 26.d), representa el segundo tipo de cuarzo más abundante, observándose en 48 de los cortes transparentes, y al igual que el cuarzo rompecabeza se encuentra distribuida uniformemente a lo largo de la veta. Este tipo de cuarzo varía entre euهدral a subهدral, formando cristales tanto hexagonales como prismáticos alargados. En su mayoría se distribuyen como pequeños dominios inmersos en cuarzo rompecabeza y formando parte de texturas crustiforme en vetillas y brechas hidrotermales; se muestra asociado a zonas de mineralización junto a calcita rómbica, epidota y clorita, formando agregados cristalinos en contacto con la mineralización. Esta textura se caracteriza por el atrapamiento de arreglos de inclusiones fluidas tanto primarias como secundarias, bien preservadas y de gran tamaño, lo que hace de esta textura de gran utilidad para el estudio de estas.

La textura plumosa o “*feathery*” (Figura 26.e y 26.f), se encuentra en 12 de los cortes observados, se distribuye entre las cotas 677 y 985 (m.s.n.m.). Esta textura se identificó a nicols cruzados por la diferencia óptica en su máxima extinción, donde en los bordes de cristales con núcleos euهدrales forman una apariencia astillada o plumosa característica. Esta se observa alrededor de cristales euهدrales a subهدrales, en texturas de cuarzo crustiforme y cuarzo zonal. En cuanto a la mineralización, en una de las muestras se observa la presencia de galena dentro de cuarzo plumoso, pero esta mineralización podría corresponder tanto a eventos posteriores a la formación del de esta textura, como estar directamente relacionada a la mineralización.

La textura crustiforme, observada en muestras de mano, se caracteriza por la cristalización de bandas simétricas que crecen desde el borde de vetillas o espacios abiertos hacia el centro sellando estas estructuras. Al estudiar esta textura microscópicamente, se observa que se encuentra asociada a un evento posterior de crecimiento de cuarzo rompecabeza microcristalino o bandas coliformes, a veces asociada con mineralización; se caracteriza por la formación de cristales de cuarzo prismáticos y alargados bien formados, con terminaciones euهدrales a subهدrales. Se caracteriza por permitir el secuestro de inclusiones fluidas tanto primarias, formando planos de crecimiento, como secundarias bien preservadas, este tipo de cuarzo no se encuentra directamente ligado con la mineralización en el sistema, presentándose como una fase tardía a esta.

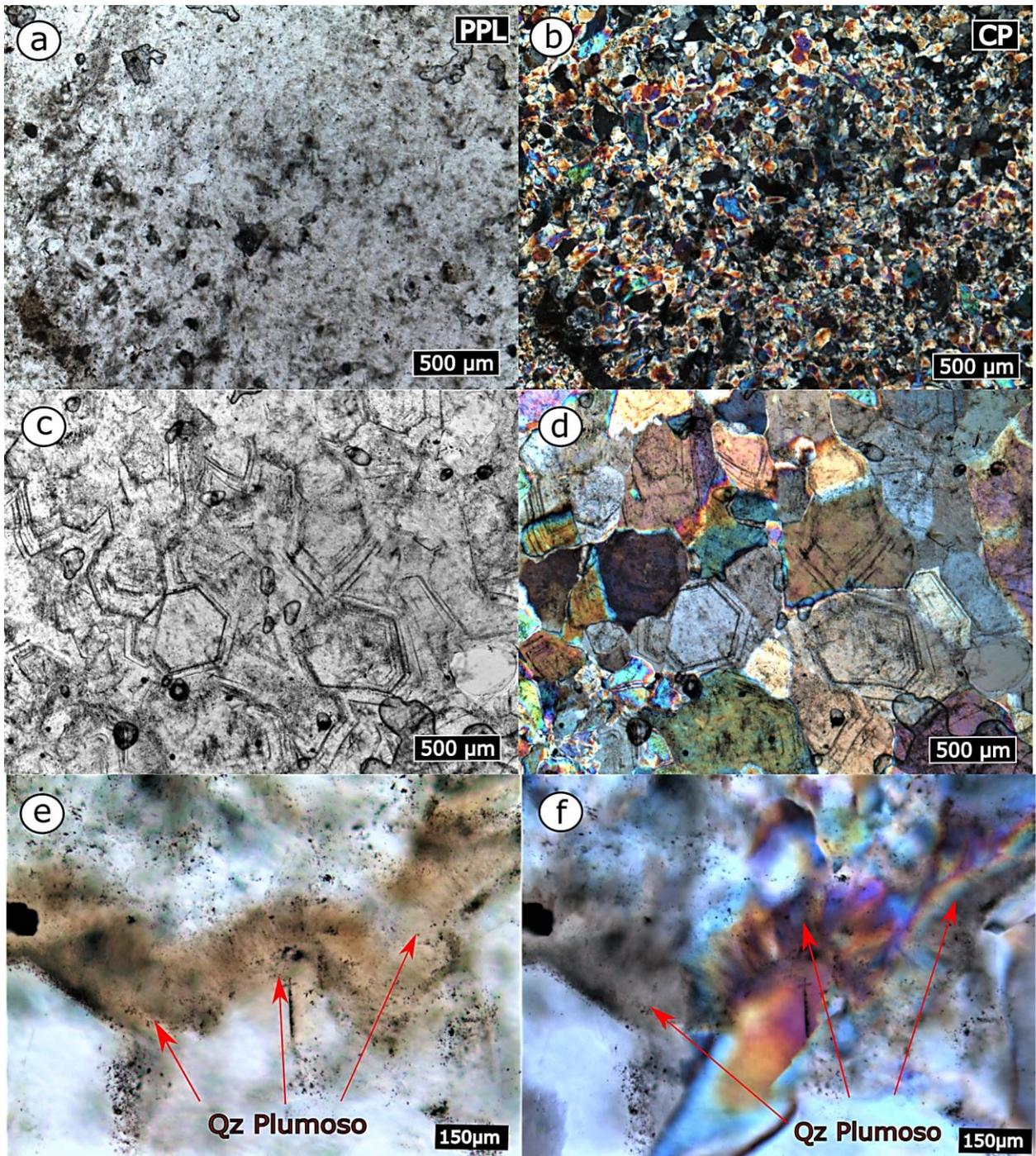


Figura 26: Microfotografías a luz transmitida. (a) cuarzo rompecabeza microcristalino a nicols paralelos. (b) cuarzo rompecabeza microcristalino a nicols cruzados. (c) cuarzo euhedral con inclusiones primarias a nicols paralelos. (d) cuarzo euhedral con inclusiones primarias a nicols cruzados. (e) cuarzo plumoso creciendo en los bordes de cuarzo euhedral a nicols paralelos. (f) cuarzo plumoso creciendo en los bordes de cuarzo euhedral a nicols cruzados.

El cuarzo coloforme, se presenta en 37 de las muestras observadas, siendo una de las más abundantes en el sistema. Se caracteriza por formar agregados de calcedonia microfibrosos (Figura 27.a y 27.b) en bandas finas rítmicas (Figura 27.c y 27.d), entre otras. Se presenta tanto en vetillas como en brechas hidrotermales, alrededor de fragmentos o cortando cuarzo rompecabeza en vetas. En cuanto a su distribución, esta

textura, se observó a lo largo de toda la veta, pero en mayor proporción en los niveles más superficiales entre los 720 y 820 m.s.n.m. se encuentra fuertemente asociada con la mineralización en el sistema, esta se presenta diseminada, formando bandas o como cemento en brechas hidrotermales junto con cuarzo plumoso.

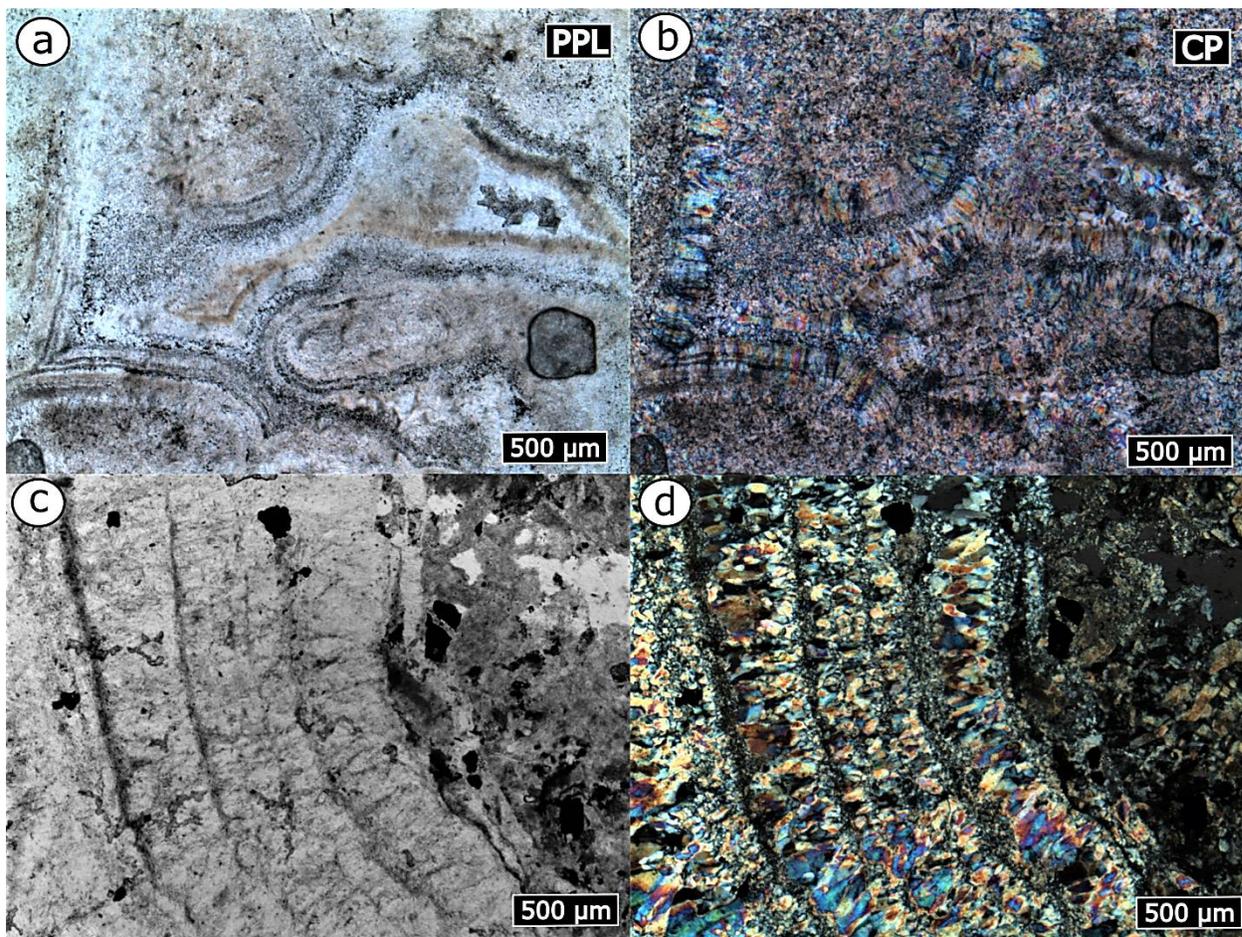


Figura 27: Microfotografías a luz transmitida. (a) dominio de cuarzo coliforme microfibroso inmerso en cuarzo rompecabeza a nicols paralelos. (b) dominio de cuarzo coliforme microfibroso inmerso en cuarzo rompecabeza a nicols cruzados. (c) bandeamiento rítmico de cuarzo coliforme en la pared de una vetilla a nicols paralelos. (d) bandeamiento rítmico de cuarzo coliforme en la pared de una vetilla a nicols paralelos.

La textura de calcita hojosa reemplazada por cuarzo se presenta en 20 de las muestras estudiadas, distribuyéndose entre los 700 y 900 m.s.n.m. Se caracteriza por la formación de láminas delgadas y alargadas que se conectan entre sí, pero a nicols cruzados se revela la formación de cuarzo reemplazando la calcita, ya sea parcial o completamente. De acuerdo a lo señalado por Dong et al. (1995), esta textura se puede clasificar en diferentes categorías de acuerdo a la morfología que exponen las hojas, dentro de las cuales se observa la subclase de hojosa fantasma (Ghost bladed; Figura 28.a y 28.b), mostrando relictos de calcita hojosa; red hojosa (lattice bladed; Figura 28.c y 28.d) se caracteriza por el reemplazo de cuarzo rompecabeza y la cristalización de cuarzo euedral en los espacios entre las hojas; hojosa paralela (parallel bladed, Figura 28.e y 28.f) caracterizada por la formación y crecimiento de láminas paralelas entre sí, que fueron reemplazadas por cuarzo rompecabeza y subhedral. La presencia de relictos de estas morfologías sugiere que hubo una intensa recrystalización o sucesivos eventos que recrystalizaron la textura previamente formada. En la mayor parte de las muestras no se

observa mineralización, encontrándose solo en una de las muestras la presencia de sulfuros en las láminas que una vez formó la calcita hojosa, pero que posteriormente fue recrystalizada por cuarzo. En una muestra se observa la precipitación de sulfuros en los espacios que formaban las hojas.

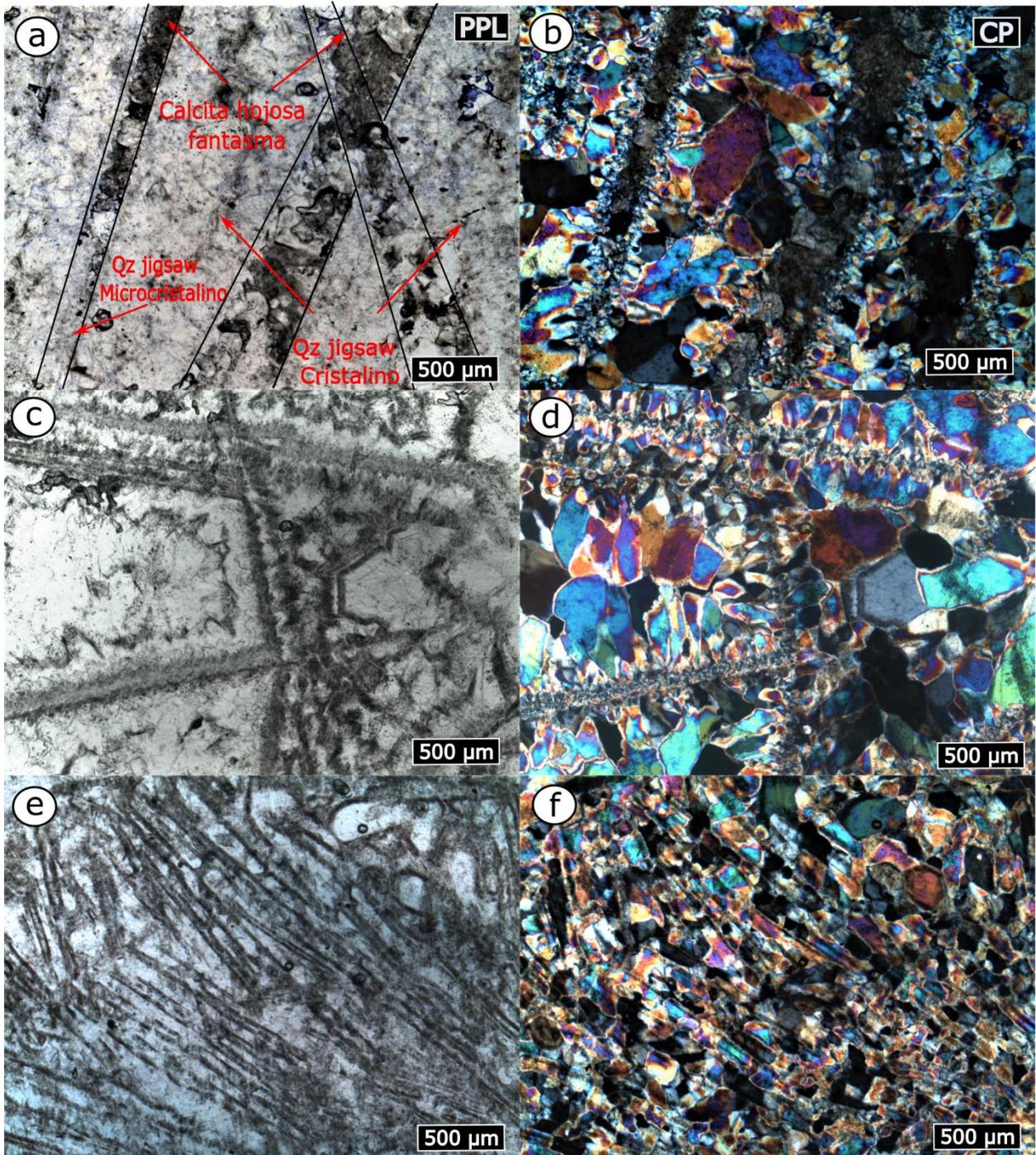


Figura 28: Microfotografías a luz transmitida de textura calcita hojosa reemplazada. (a) textura hojosa fantasma, cuarzo reemplazando parcialmente calcita hojosa, a nicoles paralelos. (b) igual que (a) a nicoles cruzados. (c) red hojosa, cuarzo reemplazando completamente calcita hojosa vista a nicoles paralelos. (d) igual que (c) a nicoles cruzados. (e) hojosa paralela, láminas de calcita hojosa paralelas reemplazadas por cuarzo. (f) igual que (e) a nicoles cruzados

La textura pseudoacicular (Figura 29.a y 29.b), solo se presenta en uno de los cortes en la cota 873, esta se caracteriza por la formación de cuarzo de reemplazo, posiblemente adularia o sus productos meteorizados como sericita o caolinita. Se caracteriza por la formación de un agregado mineral con una apariencia radial acicular, se encuentra en una zona con abundantes dominios de cuarzo coloforne y calcedonia.

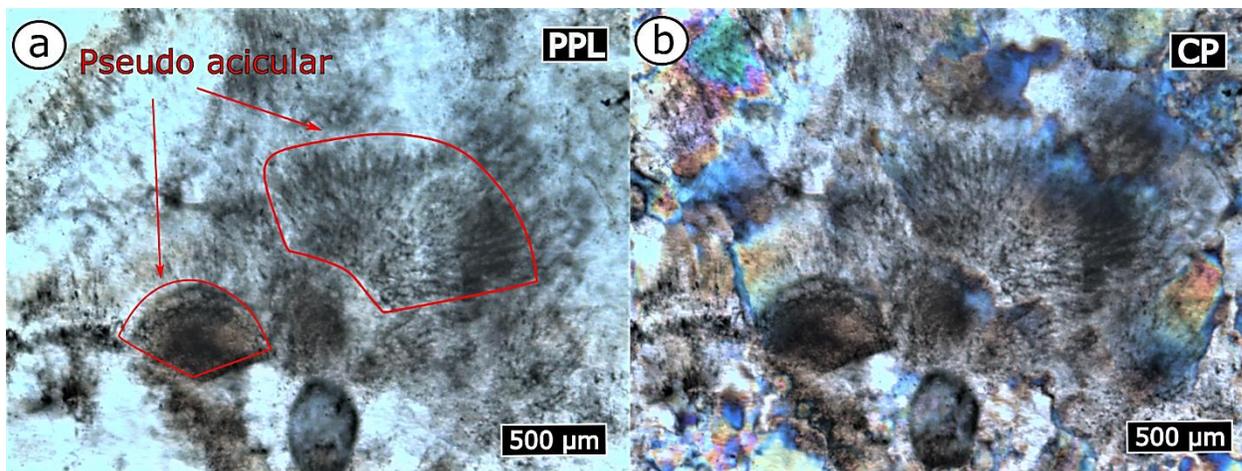


Figura 29: Microfotografías a luz transmitida. (a) textura Pseudoacicular inmersa en cuarzo rompecabeza a nicoles paralelos. (b) textura Pseudoacicular inmersa en cuarzo rompecabeza a nicoles cruzados.

La textura peine o comb (Figura 30.a y 30.b), se presenta en 27 de las muestras, principalmente en muestras de mano, creciendo en las paredes de cavidades o fracturas y como cristales alargados con terminaciones subhedrales y menor euhedrales. En los cortes transparente se observa el cuarzo peine como cristales de cuarzo prismáticos alargados que crecen en cavidades con terminación euhedrales o subhedrales, en ciertas zonas se observa el relleno de cavidades o fracturas junto calcita rómbica. No se observa una relación con la mineralización y la formación de inclusiones fluidas es muy baja. Su formación se relaciona a una etapa tardía de cristalización post-mineralización, de igual forma se identificó la presencia de relictos de cristales tipo peine, que se formaron en una etapa pre-mineralización en texturas de reemplazo de carbonatos. En cuanto a su distribución, esta se observa alrededor de toda la veta y en distintos niveles.

La textura zonal (Figura 30.c y 30.d), por su parte se observó solo en 6 muestras, se caracteriza por la formación de cristales prismáticos con terminaciones euhedrales y en ocasiones con zonaciones claras formadas por inclusiones fluidas primarias. No se observa una relación entre la mineralización y la formación de esta textura. Se encuentra distribuida en distintos niveles dentro la veta.

La calcita rómbica (Figura 30.a, 30.b y 30.e) también corresponde a una de las texturas más abundantes, se presenta tanto en vetillas cortando todo el sistema, como cemento en brechas, rellenando espacios abiertos en cavidades y en espacios en zonas mineralizadas. Se caracteriza por la formación de cristales rómbicos, con bordes euhedrales y subhedrales, su tamaño varía de dominios cristalinos y otros microcristalinos, no se encuentra asociada directamente a la mineralización, sino como una etapa previa y otra posterior de relleno. Se distribuye a lo largo de toda la veta.

La textura cocarda (Figura 30.f) se observó en 10 muestras, se caracteriza por la formación de cuarzo cristalino creciendo en la pared de fragmento líticos en brechas

hidrotermales. No se presenta asociada con la mineralización, y se encuentra distribuida en distintos niveles de la veta.

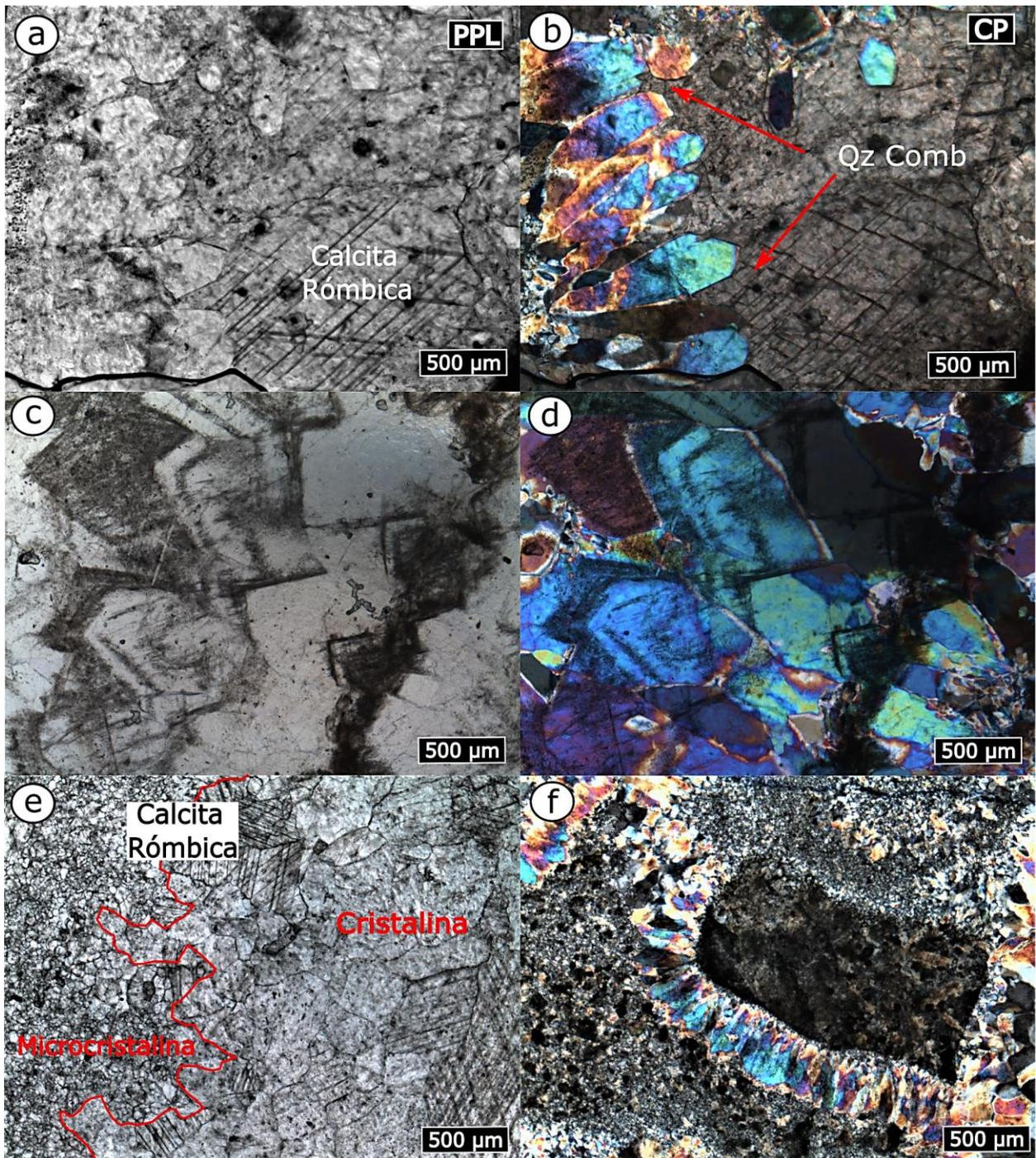


Figura 30: Microfotografías a luz transmitida. (a) cuarzo peine y calcita rómbica de relleno vista a nicoles paralelos. (b) cuarzo peine y calcita rómbica de relleno vista a nicoles. (c) cuarzo zonal con planos de crecimiento con inclusiones fluidas primarias a nicoles paralelos. (d) cuarzo zonal con planos de crecimiento con inclusiones fluidas primarias a nicoles cruzados. (e) calcita rómbica cristalina y microcristalina observada en como el cemento de una brecha hidrotermal a nicoles paralelos. (f) textura cocarda de cuarzo creciendo en los bordes de fragmento líticos a nicoles cruzados

5.2.3 Inclusiones fluidas

A partir del análisis petrográfico de inclusiones fluidas, se identificaron 4 grupos de FIAs, principalmente en cuarzo y en una muy baja proporción en calcita. La clasificación de estas considera su origen y características observadas en los quickplates a temperatura ambiente (Anexo E). A continuación, se presenta los 4 tipos de arreglos de inclusiones fluidas y las características que definen a cada una de ellas.

- I. FIAs ricas en vapor.
- II. FIAs ricas en líquido con razón líquido-vapor consistentes.
- III. FIAs de ebullición. Coexistencias de inclusiones ricas en vapor e inclusiones ricas en líquido con razones líquido-vapor consistentes.
- IV. FIAs ricas en líquido con sólidos presentes.

A partir de la observación realizada a los quickplates, se descartaron aquellas muestras que, en el proceso de construcción, parte del cuarzo fue removido, dejando solo una pequeña parte que no presentaba inclusiones observables. De igual forma, se descartaron los cortes cuyas inclusiones eran de tamaños inferiores a 3 μm ya que su observación y clasificación no era posible. En general las inclusiones se hallaban bien preservadas y con escasos indicios de decrepitación o estrangulamiento, el tamaño promedio de las inclusiones se encuentra entre 1 y 15 μm .

Las inclusiones que se observaron en cuarzo se presentan principalmente en cuarzo rompecabeza y cristales de cuarzo euهدral a subهدral, y en menor proporción cuarzo zonal y crustiforme. Por su parte la calcita rómbica no presentaba muchas inclusiones fluidas, observándose solo un tipo de ellas.

Las FIAs ricas en vapor (**Tipo I**) forman parte del grupo de inclusiones fluidas más abundante en las muestras de la veta las Pataguas, encontrándose en casi la totalidad de los cortes seleccionados. Su distribución abarca desde los 570 a los 970 m.s.n.m. pero, la mayor abundancia se encuentra en los niveles medios de la veta alrededor de la cota 700 y 800. La mayor parte de estas FIAs son de carácter secundario, y una menor proporción de tipo primaria. Las inclusiones primarias se presentan en planos de crecimiento en cristales de cuarzo euهدral (Figura 31), y subهدral principalmente y menor en cuarzo zonal, siendo en ocasiones eventuales indicios de zonaciones comunes en esta textura, también se presentan como agrupaciones o cúmulos al centro de cristales de cuarzo cristalino hexagonal y prismático alargado. Su tamaño promedio se encuentra entre 3 y 15 μm , siendo mayormente de $\sim 5 \mu\text{m}$, su forma varia de redonda a ovalada y en ocasiones se observan inclusiones con bordes rectos. Respecto a las FIAs secundarias en cuarzo (Figura 32), estas representan las más abundantes en el distrito observándose en gran parte de los cortes seleccionados y en texturas como rompecabeza, euهدral y zonal. Se presentan típicamente como trenes de inclusiones en fracturas cortando uno o varios cristales y otras FIAs en un mismo cristal, como se puede observar en la Figura 31, donde una FIA rica en vapor corta una FIA rica en líquido (Tipo II). Su tamaño varía entre 5 y 20 μm , siendo común encontrar inclusiones de 10 μm fácilmente identificables, sus formas comprenden de ovalada a redonda principalmente (Figura 32 y 33), en menor proporción se encuentran alargadas, irregulares (Figura 31), y con forma de cristal negativo (Figura 34).

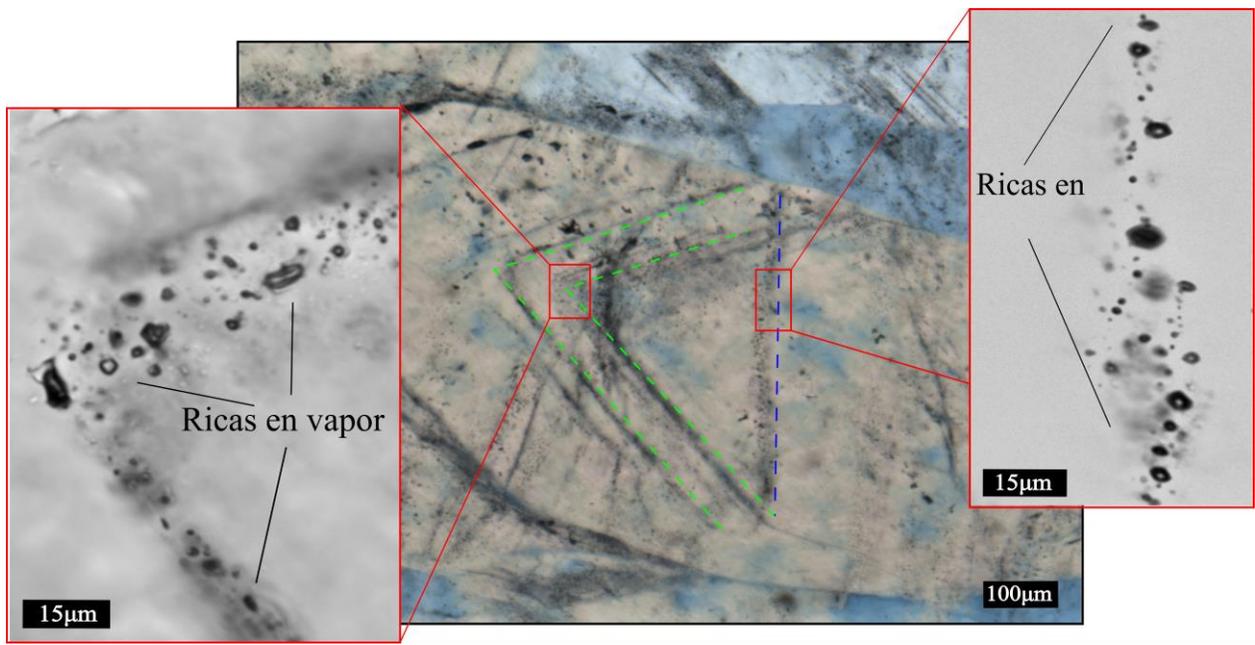


Figura 31: Microfotografía de FIAs ricas en vapor primarias, creciendo en los planos de crecimiento de un cristal de cuarzo prismático euhedral y una FIA rica en vapor secundaria cortando el cristal y las FIAs primarias (DM-128).

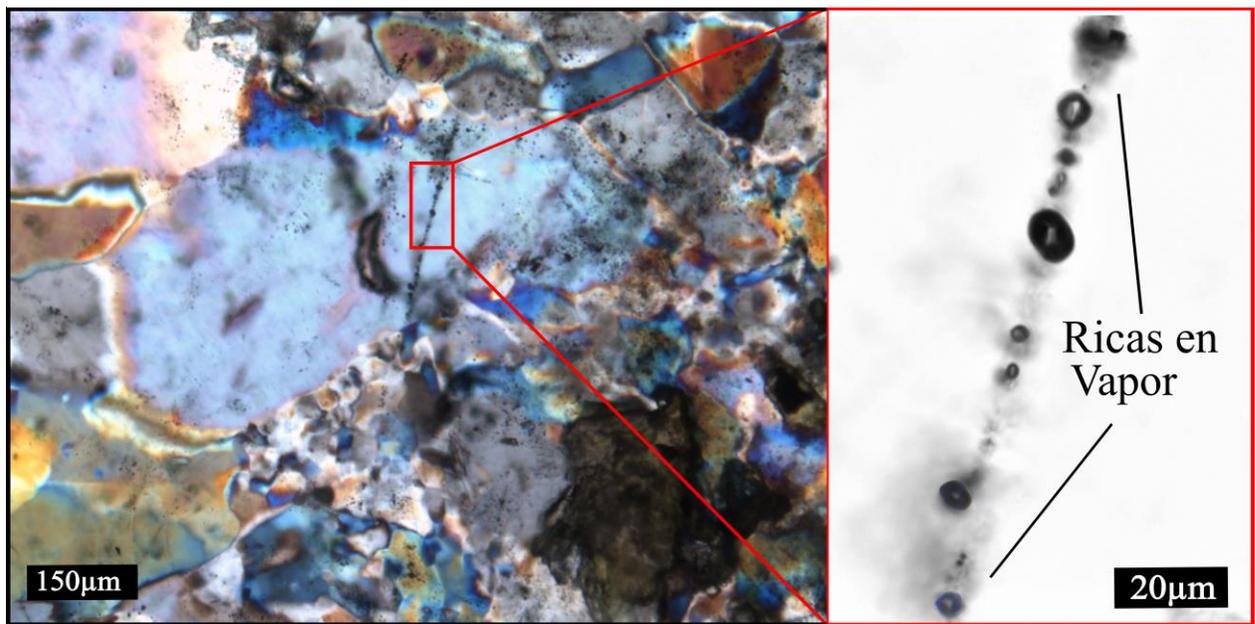


Figura 32: Microfotografía de una FIA rica en vapor secundaria, cortando un cristal de cuarzo subhedral que se encuentra inmerso en cuarzo rompecabeza microcristalino (DM-29).

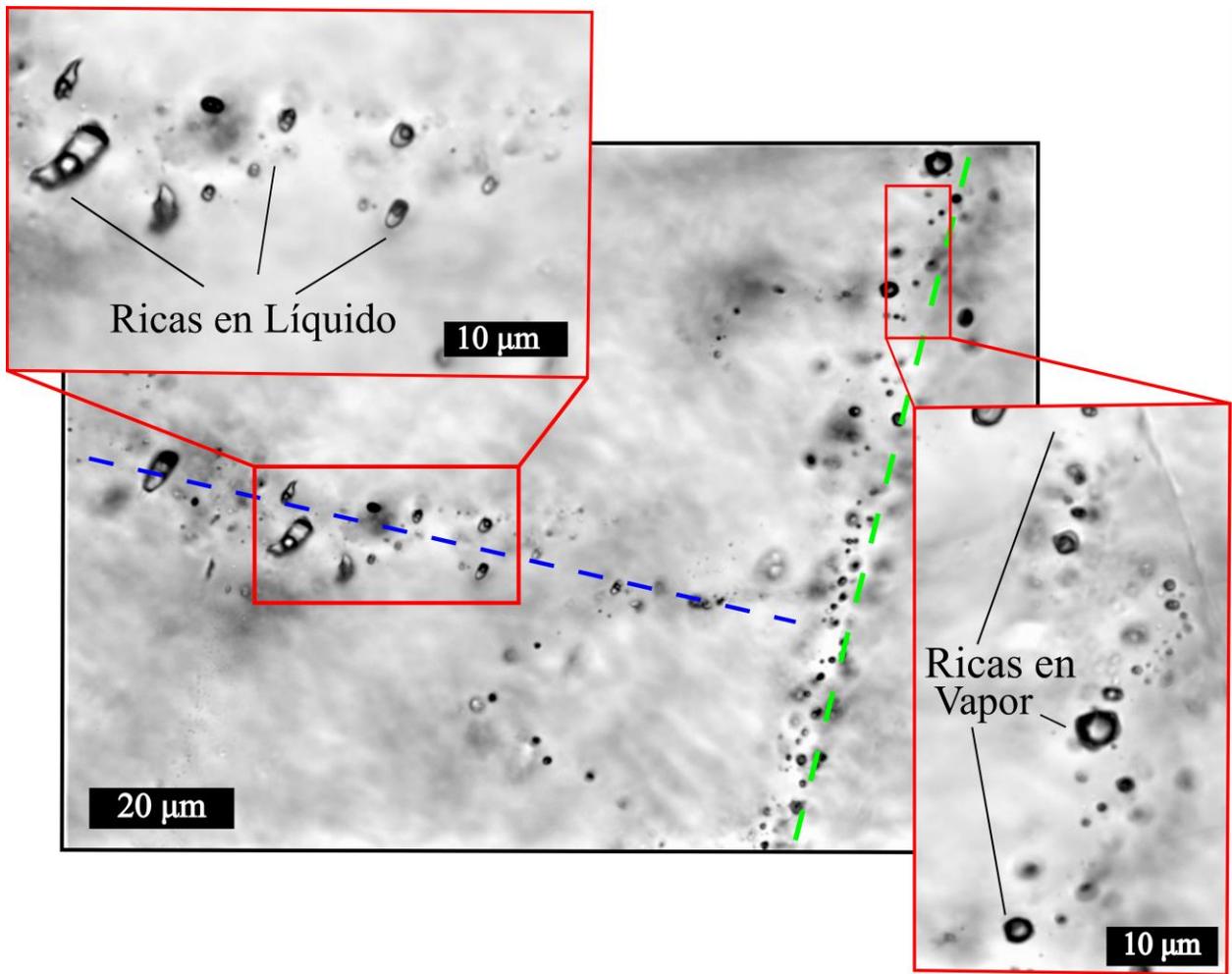


Figura 33: Microfotografía que muestra dos FIAs ricas en vapor secundarias cortándose entre sí, se puede observar que las FIAs poseen una forma hexagonal (cristal negativo, DM-110).

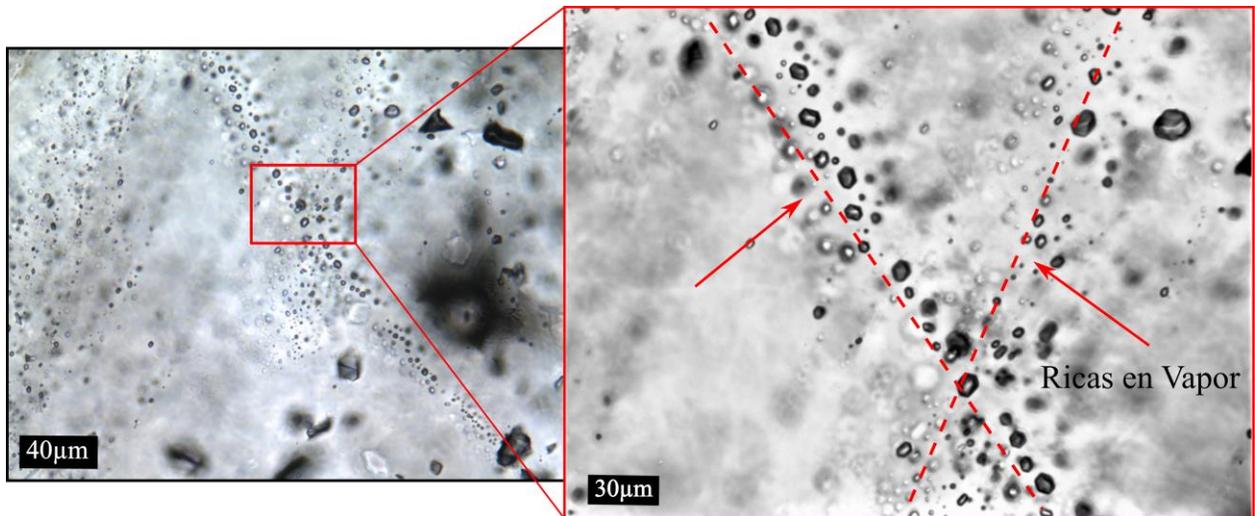


Figura 34: Microfotografía que muestra una FIA rica en vapor secundaria (Tipo I, derecha), cortando una FIA rica en líquido secundaria (Tipo II; izquierda), en un cristal de cuarzo euhedral (DM-37).

Las FIAs ricas en líquido (Tipo II), representan uno de los grupos más escasos en la veta las Pataguas. Se observan en pocos cortes y en bajas proporciones, pero existen muestras que presentan una gran cantidad de inclusiones ricas en líquido. Se observaron principalmente arreglos de inclusiones de carácter secundario y pocas de tipo primaria. Las FIAs ricas en líquido de carácter secundaria (Figura 35), se encuentran principalmente en cristales euhedrales a subhedrales y en cuarzo rompecabezas. Su tamaño varía entre 3 y 30 μm , pero con un tamaño promedio de 8 a 10 μm principalmente. Se presentan de forma ovalada, irregular y con algunos bordes rectos, estas familias se encuentran bien definidas en fracturas cortando cristales y en ocasiones siendo cortadas por inclusiones secundarias ricas en vapor (Figura 33).

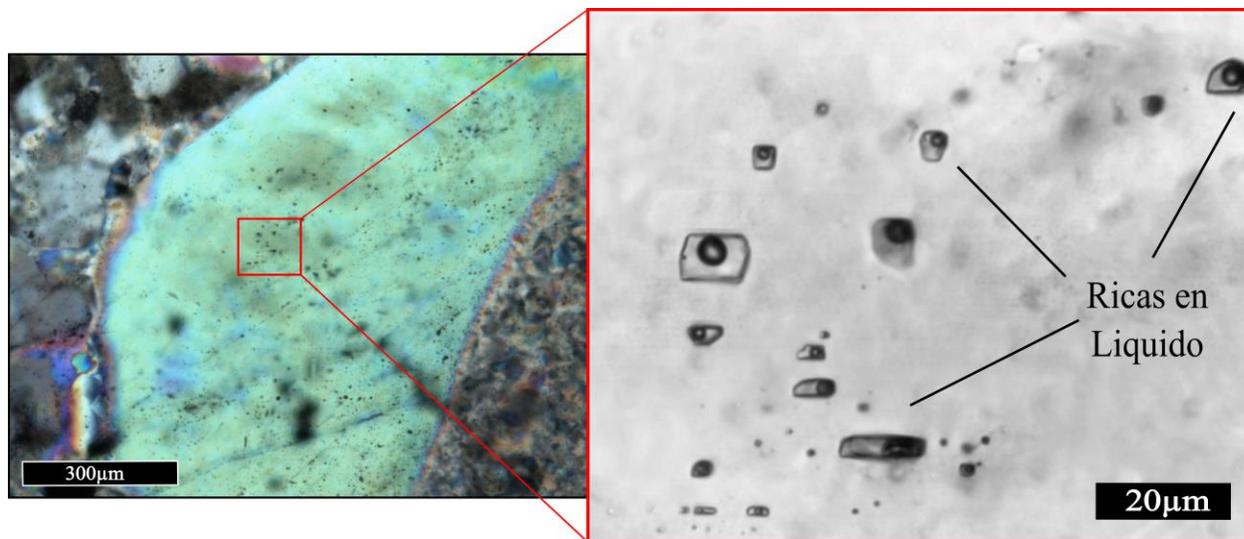


Figura 35: Microfotografía que muestra Una FIA rica en líquido secundaria, en un cuarzo subhedral de gran tamaño inmerso en cuarzo rompecabeza microcristalino

En calcita rómbica, se observó solo una FIA rica en líquido en una de las muestras (Figura 36), siendo muy escasa y de difícil identificación, sus tamaños varían de 1 y 20 μm , pero la mayor parte de ellas presentan tamaños menores a 5 μm , en cuanto a su forma estas se presentan ovaladas alargadas y rectangulares, principalmente con bordes rectos.

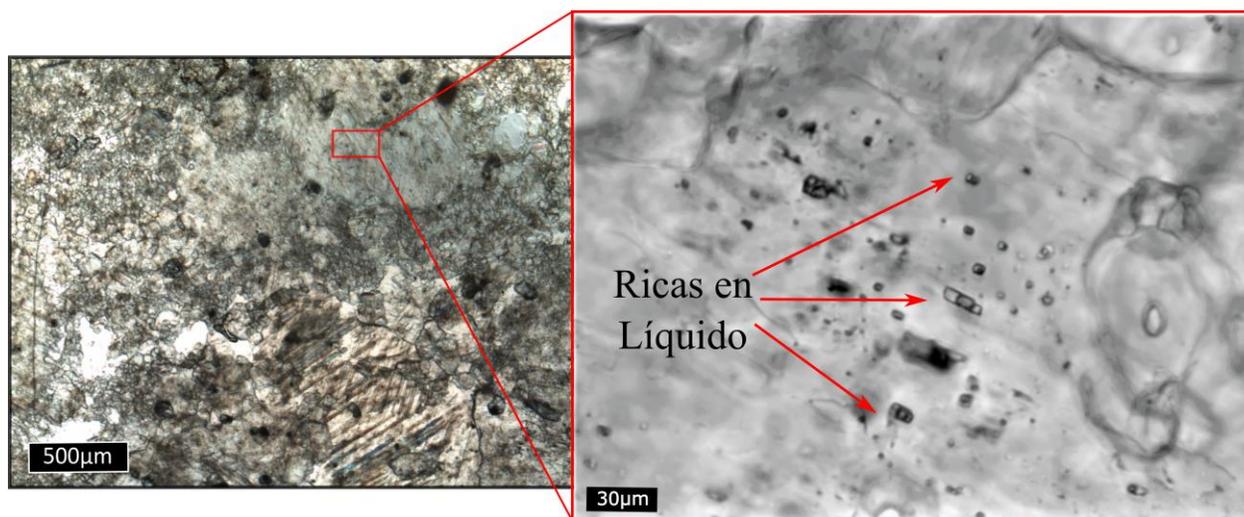


Figura 36: Microfotografía que muestra una FIA rica en líquido, de carácter secundaria en calcita

Las FIAs primarias ricas en líquido (Figura 37), se observaron solo en un par de cortes. Su tamaño varía entre 1 y 15 micrones, siendo común encontrar inclusiones de $\sim 7 \mu\text{m}$, sus formas son típicamente ovaladas alargadas o redondeadas, irregulares y con bordes rectos. Al igual que las inclusiones primarias ricas en vapor, estas se observaron en planos de crecimiento de cristales euhedrales asociado a texturas crustiforme, zonal y cuarzo prismático que se presentan inmersos en cuarzo rompecabeza.

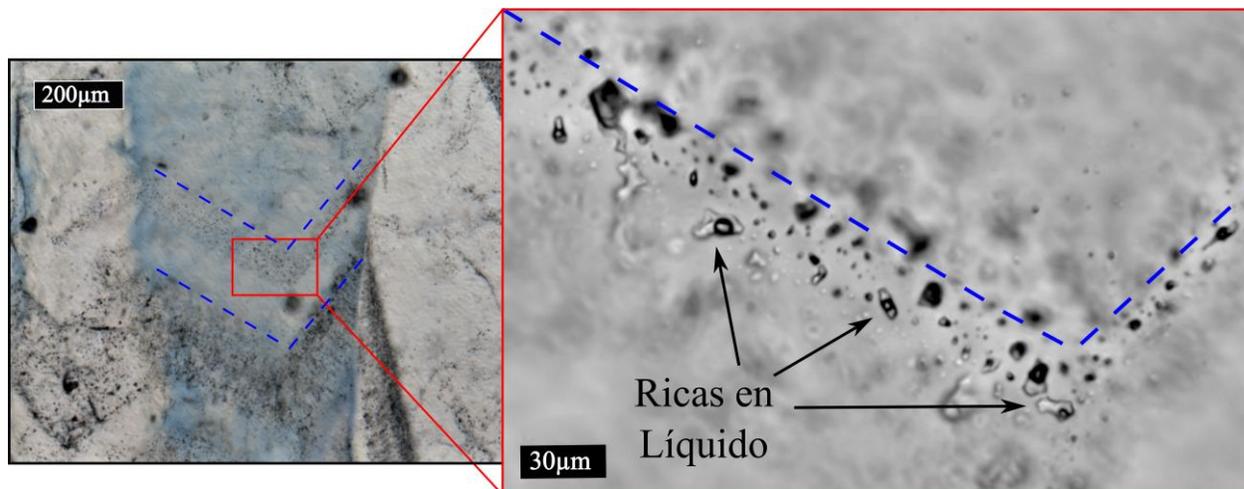


Figura 37: Microfotografía que muestra una FIA rica en líquido primaria, creciendo en un plano de crecimiento en un cristal prismático en cuarzo crustiforme (DM-37).

Las FIAs ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido (Tipo III), son parte del grupo de arreglos de inclusiones fluidas menos abundantes del sistema, pero de gran importancia por su directa relación con el proceso de ebullición.

Se presentan en cristales de cuarzo euhedral y subhedral. Su distribución se restringe sobre la cota 670 y se concentra principalmente cerca de la superficie. Se caracteriza por la coexistencia de inclusiones ricas en vapor y ricas en líquido en una misma familia que se distribuyen aleatoriamente, cortando uno o varios cristales (Figura 38). El tamaño y forma de las inclusiones varía respecto a su clase, en el caso de las inclusiones ricas en vapor, estas son comúnmente ovaladas y su tamaño varía entre 10 y 20 μm , en cuanto a las inclusiones ricas en líquido, su tamaño entre 2 y 10 μm aproximadamente y sus formas varían de alargadas, hexagonal y ovalada. La variación en el tamaño de las inclusiones es una característica particular que se observó en varios de las FIAs de este tipo. Lo que puede señalar fluidos más ricos en fase vapor que en fase líquida, afectando así el tamaño de cada tipo de inclusión fluida en el mismo arreglo.

Se observaron tres tipos de FIAs de ebullición que se distinguen por la razón líquido-vapor de las inclusiones ricas en líquido y el tamaño entre ambos tipos de inclusiones. En la figura 38 y 40 se muestran el tipo de FIAs más común en el sistema, las que se caracterizan por una evidente diferencia en el tamaño de cada clase de inclusión y por una fase vapor en las inclusiones ricas en líquido baja. En la Figura 39 se observa una FIA donde las inclusiones ricas en líquido poseen una fase vapor mayor que las encontradas en la Figura 38 y 40, donde además ambas clases de inclusiones presentan tamaños similares. Por último, en la Figura 41 se observa un tipo de FIA de ebullición caracterizada por la formación de inclusiones ricas en líquido con una fase sólida (halita), además de la fase vapor.

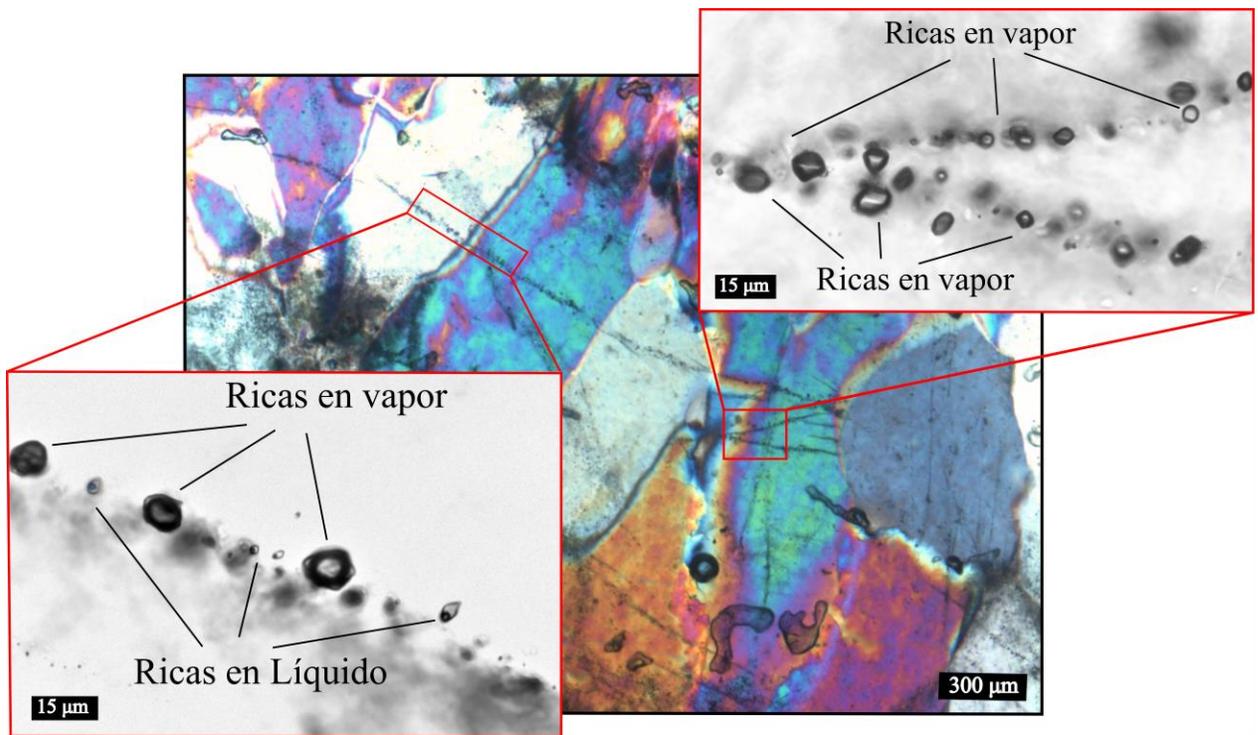


Figura 38: Microfotografía que muestra la presencia de FIAs de ebullición secundaria (Tipo III) y FIAs ricas en vapor (Tipo I) secundarias en un mismo cristal de cuarzo prismático crustiforme (DM-34).

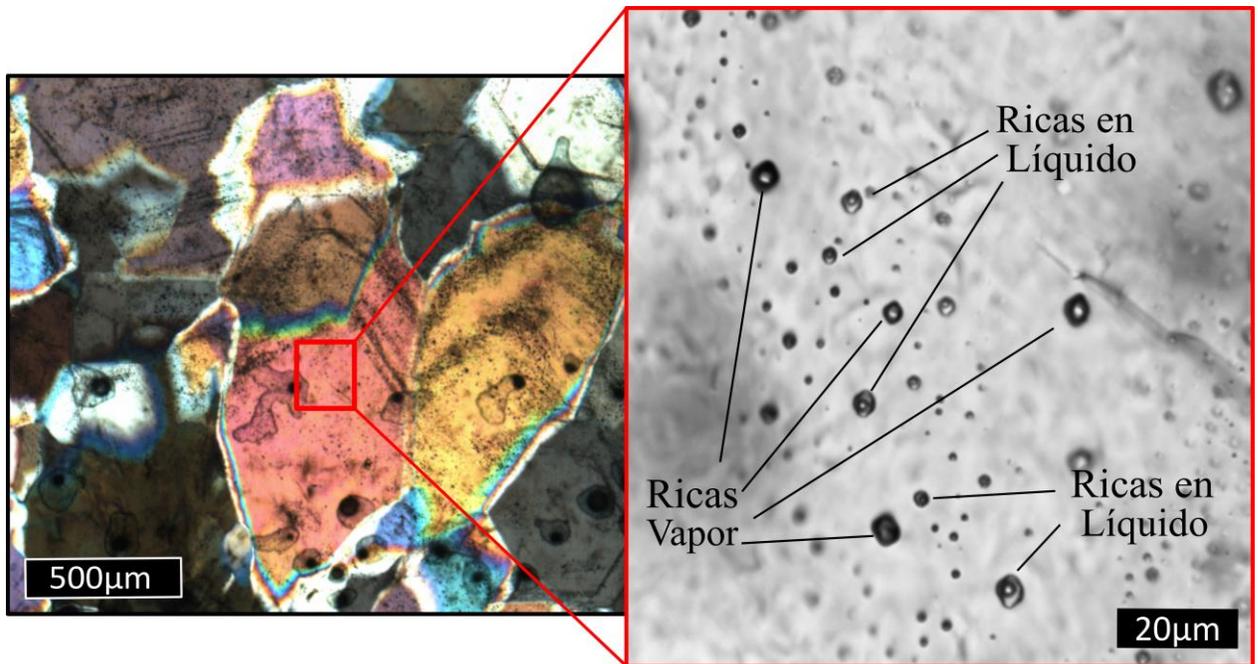


Figura 39: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición de tipo primaria en un cristal de cuarzo subhedral (DM-53).

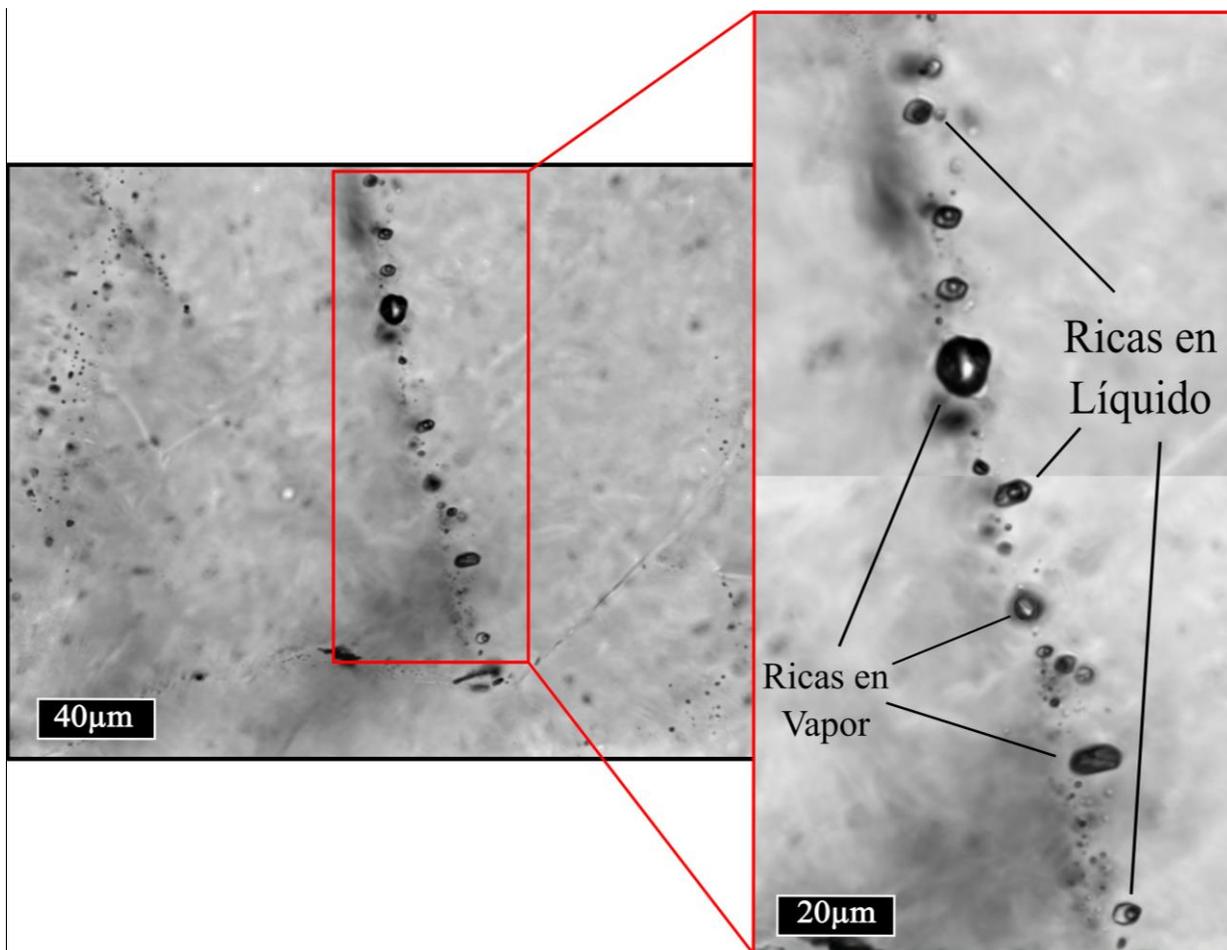


Figura 40: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición de tipo secundaria en un cristal de cuarzo euhedral (DM-44).

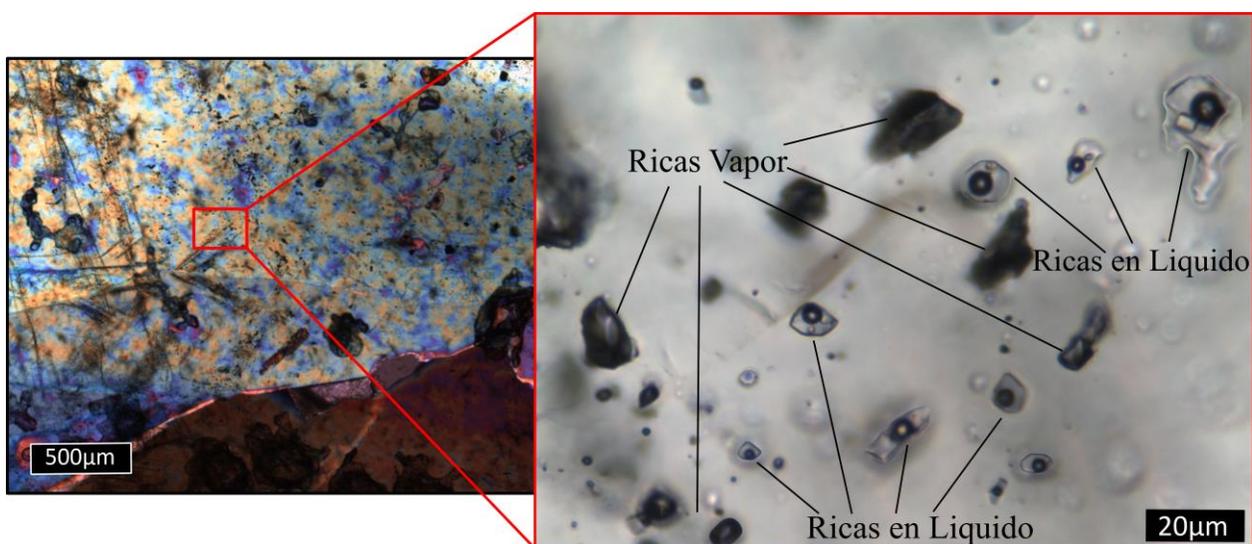


Figura 41: Microfotografía que muestra una FIA de ebullición secundaria, con inclusiones ricas en líquido con cristales de halita atrapadas en un cristal de cuarzo subhedral crustiforme de gran tamaño (DM-128).

Las FIAs ricas en líquido con fases solidas presentes (tipo IV), son uno de los tipos menos abundantes en el sistema, no muestran una distribución característica en el sistema, se observan principalmente alrededor de la cota 720 y entre las cotas 820 y 920, la clasificación de este tipo de arreglos fue difícil debido al tamaño de estas, que varía entre 3 y 15 μm , pero siendo la gran mayoría menores a 5 μm . Se observaron algunos cortes con este tipo de inclusiones que se presentaban de forma aislada y en baja proporción, sin indicar una clara distribución, dificultando su clasificación como primarias o secundarias. Su forma varía entre ovalada, redonda e irregular. Dentro de estas FIAs se encuentran varios subtipos, los que se caracterizan por el número de sólidos que se encontraban dentro de las inclusiones, en particular se identificó un grupo de FIAs consistentes, las que corresponden a inclusiones secundarias ricas en líquidos con cristales de halita en su interior (Figura 42).

Este tipo de inclusiones son de carácter secundarios y corresponden a las de mayor tamaño dentro de este grupo, la fase vapor es un poco mayor que la fase sólida, pero la fase líquida es dominante. Por lo tanto, este tipo de inclusiones se clasifican como ricas en líquido con una fase sólida.

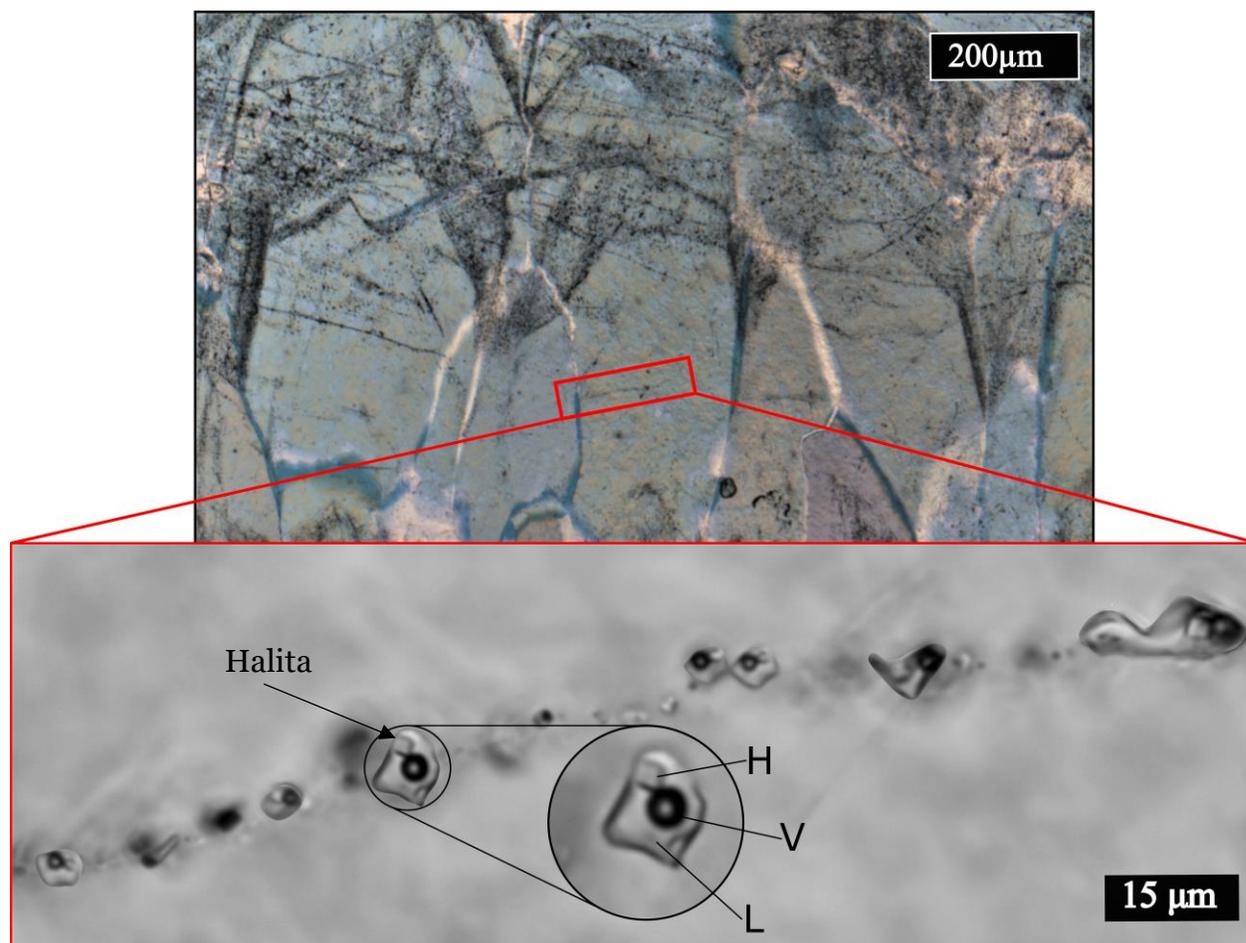


Figura 42: Microfotografía que muestra una FIA de tipo secundaria rica en líquido (L), con cristales de Halita (H) en ellas. En cristales de cuarzo crustiforme euhedral de gran tamaño (DM-37).

5.3 Microscopia Electrónica de Barrido SEM-BSE

El análisis de microscopia electrónica de barrido permitió identificar la presencia de Au y Ag como electrum (Figura 43), en cuarzo rompecabeza y colofome. Los análisis puntuales semi-cuantitativos para estos elementos, arrojaron concentraciones de 80.92% en peso para el Au y de 19.08% en peso para la Ag, como se puede observar en el gráfico de la Figura 42 para la especie en el punto a, además se detectó la presencia de galena cercana al electrum como se puede observar en la especie “d” de la Figura 42. En la Tabla 6, se presentan los valores de % en peso y % mol para las tres especies identificadas como electrum y aquella identificada como galena.

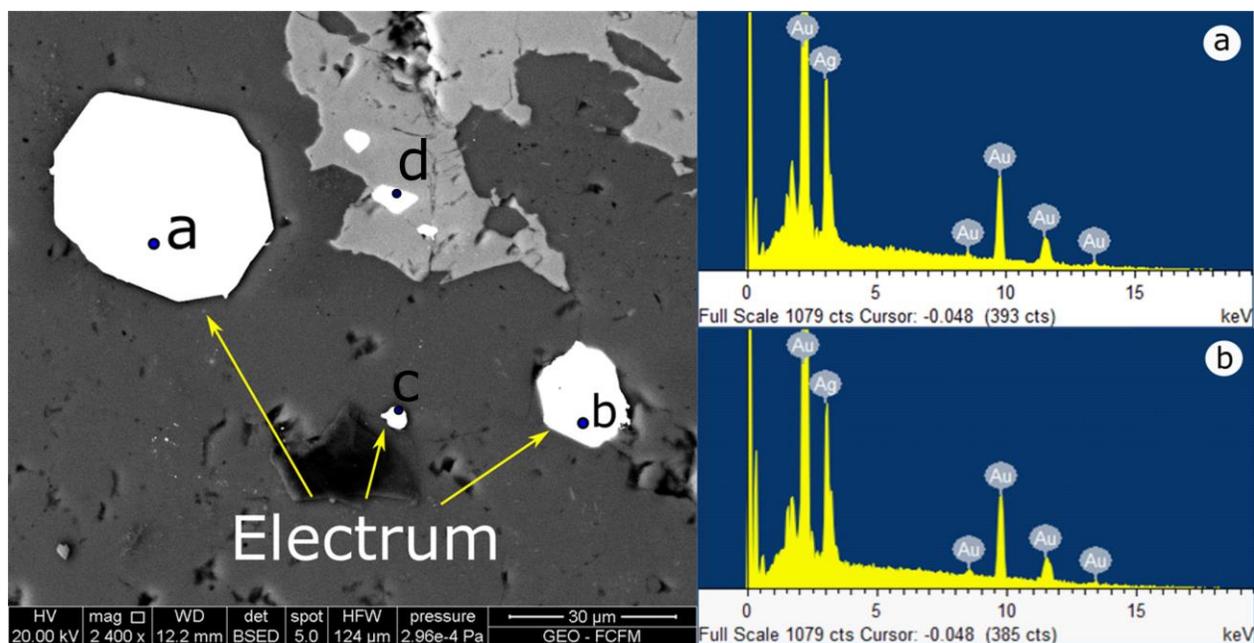


Figura 43: SEM-BSE realizado muestras de electrum y galena. a) área detectada en electrum con señales de Au y Ag. d) área detectada en galena con señales de S y Pb (DM-151).

Unidad	% en peso				% mol			
	Au	Ag	Pb	S	Au	Ag	Pb	S
a	80.92	19.08	0	0	69.91	30.09	0	0
b	71.25	28.75	0	0	57.57	42.43	0	0
c	80.70	19.30	0	0	69.61	30.39	0	0
d	0	0	84.72	46.18	0	0	46.18	53.82

Tabla 6: Porcentaje en peso (% en peso) y molar (% mol) semi-cuantitativo para los elementos detectados.

5.4 Geoquímica de Sondajes

A partir de los datos químicos entregados por el equipo de geología de exploraciones de minera Florida (Anexo F), ubicado en el distrito y comuna de Alhué, se presentan a continuación los resultados cuantitativos por medio de tablas y gráficos para un mejor entendimiento de estos. Los datos corresponden a concentraciones de elementos de importancia económica y elementos menores igualmente importantes para la exploración y estudio de la veta.

De los datos químicos realizados a las muestras obtenidas de sondajes se puede observar que, las leyes sobre 1 ppm, para el oro varían de 1 a 7.5 ppm principalmente, pero se encuentran valores hasta los 41.5 ppm, por su parte para la plata varían entre 1 y 15 ppm principalmente, pero se encuentran valores de hasta 43 ppm. Por último, el zinc posee valores entre 1 y 7.96%.

En la Figura 44, se pueden observar unas graficas de la distribución de las leyes de los elementos de interés para el estudio y otros elementos que muestran un comportamiento característico versus la elevación, entre estos se encuentran el Au, Ag, Zn, Pb, Cd, As. Es posible observar que elemento asociados con metales base tales como Zn, Pb y Cd, presentan un enriquecimiento en profundidad entre las cotas 670 y 770, mientras que el Au posee una zona enriquecida entre las cotas 770 y 870 aproximadamente con algunos pulsos en la cota 700 y 970. La plata tiene un comportamiento similar, pero posee un enriquecimiento tanto junto con los metales base como con el oro, y un peak en superficie junto con el Au.

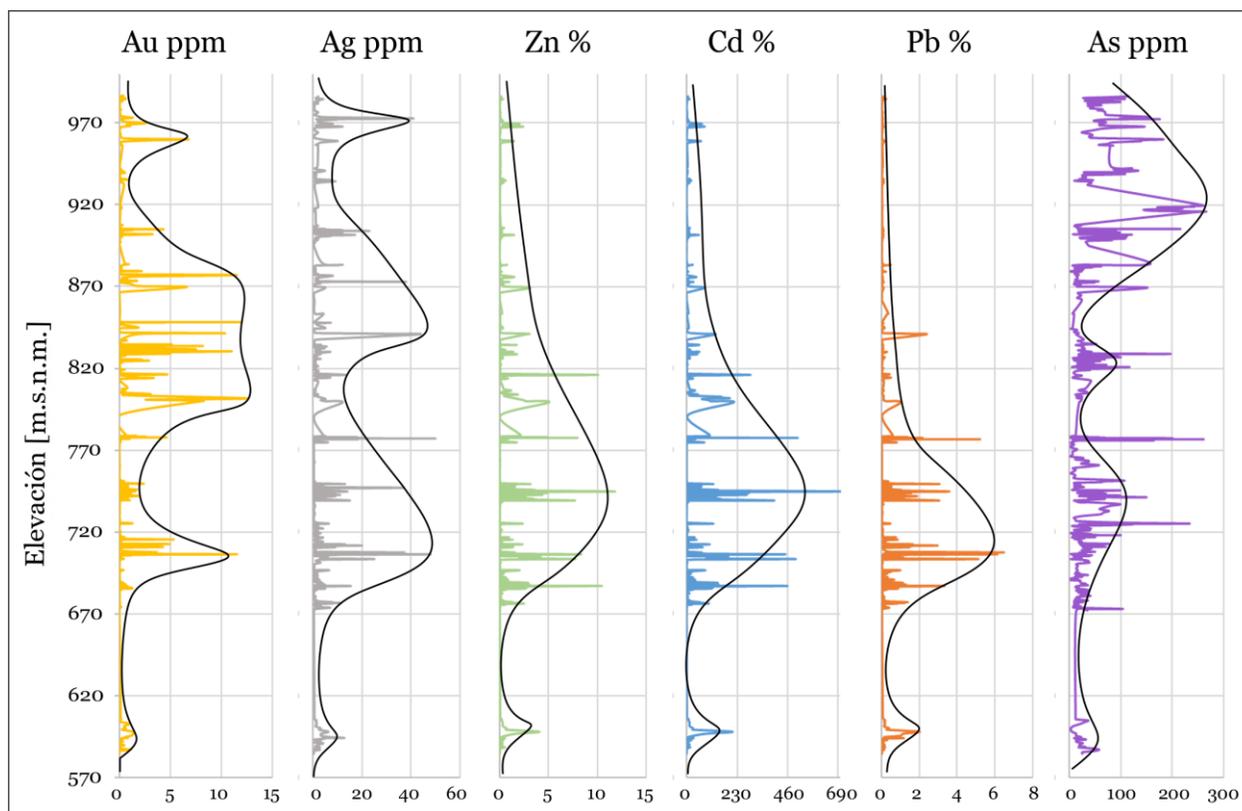


Figura 44: Graficas que muestran las leyes de los elementos Au, Ag, Zn, Cd, Pb y As versus la elevación.

En cuanto a los elementos menores, solo se pudo observar un comportamiento característico en el As, el cual aumenta hacia la superficie. Es importante señalar que entre la cota 600 y 670 no existen datos, por lo tanto, existe una incertidumbre acerca del comportamiento de las concentraciones en estos puntos, pero es posible realizar una interpolación a partir de los datos ubicados bajo y sobre esta zona.

En la Tabla 7, se presenta una selección de los datos de coeficiente de correlación para las leyes de los elementos de mayor interés. A partir de los datos mostrados se puede observar que existe una fuerte correlación entre las leyes de Zn y Cd, con un valor aproximado de 0.97, también existe una correlación entre los elementos Zn-Pb, Ag-Zn y Ag-Pb con valores de 0.67, 0.59 y 0.57 respectivamente. En cuanto al Au este se encuentra mayormente correlacionado con Ag, le siguen Pb, Zn y Fe. El cobre por su parte, solo se encuentra correlacionado con Zn y Pb, el Fe solo se puede correlacionar con el Au. En cuanto a los elementos menores, el Sb es el único que presenta valores sobre 0.25 con los elementos asociados a minerales de mena.

	Au ppm	Ag ppm	Zn per	Pb per	Cu per	Cd per	Fe per	Sb per
Au ppm	1							
Ag ppm	0.4297691	1						
Zn per	0.3245123	0.5933371	1					
Pb per	0.3784941	0.5673288	0.6687557	1				
Cu per	0.0660173	0.3703618	0.4756422	0.1993855	1			
Cd per	0.2788287	0.5621243	0.9761935	0.6519083	0.4252078	1		
Fe per	0.3350156	-0.0036524	-0.0973070	-0.1878803	0.0583933	-0.1299933	1	
Sb per	0.2587130	0.4071022	0.3955809	0.2603776	0.2713023	0.3584868	-0.0398287	1

Tabla 7: Correlación entre las leyes de Au, Ag, Zn, Pb, Cu, Cd, Fe y Sb

5.5 Factor de Confianza de Ebullición (BCF)

Para el cálculo del Boling Confidence Factor (BCF), o factor de confianza de ebullición, se consideraron aquellas muestras que cuentan con cortes transparentes rápidos o doble pulido, esto con el propósito de poder contar con las mismas condiciones para la identificación tanto de texturas macroscópicas como texturas microscópicas y arreglos de inclusiones fluidas, las que son necesarias para el cálculo del BCF. Los puntajes otorgados para cada característica, según lo señalado por Moncada et al. (2017), se señalan a continuación. Con un puntaje máximo de 5, encontramos las FIAs con inclusiones ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido, estas últimas con razones líquido/vapor consistente. Con un puntaje de 3 se encuentran FIAs ricas en vapor, presencia de adularia, textura colofome, calcita hojosa y calcita hojosa reemplazada por cuarzo. Por último, con un puntaje de 1, se consideran la presencia de cuarzo rompecabeza y cuarzo plumoso. Los datos totales para cada muestra se encuentran en la tabla del Anexo G.

A partir de los datos obtenidos se prosiguió a realizar un filtro para un mejor análisis de los datos, considerando aquellos más relevantes para su estudio. Los filtros aplicados consideran aquellas muestras con leyes de Au ≥ 1 ppm, leyes de Ag ≥ 10 ppm y los datos de BCF ≥ 4 , estos datos se muestran en la Tabla 8, donde se muestran los datos espaciales de cada muestra, así como los datos químicos de las leyes tanto de Au como de Ag y las características que se consideran para el cálculo del BCF. La presencia de la característica se muestra con un “1” y la ausencia de esta con un “0”. Por último, se presenta el BCF para cada muestra, determinado a partir de la suma de puntajes según la presencia de cada característica.

De acuerdo a los datos, de un total de 117 especímenes estudiados, 21 de ellas poseen leyes de Au > 1 ppm, y los BCF para estas muestras se encuentran entre 4 y 16, con un promedio de 7,33. Diecisiete muestras contienen leyes de Ag > 10 ppm, y Los BCF se encuentran entre 1 y 16, con un promedio de 7,43. Dentro de las muestras de oro, los valores de BCF se muestran variables sin una relación evidente entre las leyes y el factor de confianza de ebullición, encontrándose muestras con altos niveles de Au de hasta 39,4 ppm y con un bajo BCF (4), de igual forma existen muestras con altos BCF (12), con leyes de oro casi indetectable. La muestra con el BCF más alto, se caracteriza por poseer leyes de oro de 4,65 ppm y leyes de Ag de 20 ppm; en cuanto a sus características destacan la presencia de FIAs de ebullición con inclusiones ricas en líquido y vapor coexistiendo, la presencia de textura colofome, cuarzo reemplazando calcita hojosa, cuarzo plumoso y rompecabeza. De igual forma se puede observar que para la Ag, existen muestras cuyos BCF son relativamente altos, pero con bajas leyes. De acuerdo a las características texturales e inclusiones fluidas de ebullición se puede observar que muestras que presentan indicios claros de ebullición como los son DM-37, DM-44, DM-53 y DM-167, con altos BCF, no presentan valores altos de Au y Ag. Dentro de las características que poseen las muestras con altas leyes de Au y Ag y altos valores de BCF se encuentra, la presencia de FIAs ricas en vapor, textura colofome, texturas de reemplazo de carbonatos y textura rompecabeza.

ID	WGS-84_X	WGS-84_Y	Elevación	Veta	Au (ppm)	Ag (ppm)	LV	V	CT	BC	RQ	Ad	PT	JT	BCF
DM-150	316456.43	6235829.44	802.5	PAT	41.5	25	0	1	1	0	0	1	0	1	10
DM-151	316456.43	6235829.44	802.5	PAT	41.5	25	0	1	0	1	0	0	0	1	7
DM-4	316402.03	6235849.73	871.0	PAT	39.4	13	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-149	316456.31	6235828.90	803.0	PAT	18.65	10	0	1	1	1	0	1	0	1	13
DM-174	316538.69	6235781.42	877.0	PAT	11.55	8	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-23	316457.13	6235832.54	799.5	PAT	7.5	12	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DM-22	316457.13	6235832.54	799.5	PAT	7.5	12	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DM-5	316402.02	6235850.80	869.6	PAT	6.63	5	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-69	315986.11	6236121.46	715.6	PAT	5.27	2	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DM-26	316302.01	6235892.54	777.9	PAT	4.65	20	1	1	1	0	1	0	1	1	16
DM-17	316549.47	6235786.87	814.1	PAT	3.38	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-34	316422.37	6235795.34	969.7	DL/PAT	2.61	8	1	1	0	0	0	0	1	1	10
DM-94	316296.65	6235800.19	749.6	PAT	2.4	13	0	1	0	0	0	1	0	1	7
DM-108	316314.01	6235887.88	844.9	PAT	1.89	5	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DM-1	316402.09	6235845.77	876.1	PAT	1.745	4	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DM-98	316295.92	6235796.71	746.0	PAT	1.715	6	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DM-74	316000.09	6236125.79	706.8	PAT	1.295	22	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DM-99	316295.54	6235794.92	744.1	PAT	1.135	9	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-35	316422.39	6235796.60	968.1	DL/PAT	1.095	12	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DM-36	316422.39	6235796.60	968.1	DL/PAT	1.095	12	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DM-101	316294.62	6235790.53	739.5	PAT	1.02	15	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-97	316296.19	6235798.01	747.3	PAT	0.845	37	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DM-32	316422.34	6235793.22	972.5	DL/PAT	0.447	10	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-27	316301.47	6235890.69	775.1	PAT	0.109	6	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DM-47	316397.88	6235865.08	676.6	PAT	0.069	7.9	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DM-12	316544.50	6235778.42	822.6	PAT	0.061	1	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DM-20	316455.78	6235826.54	805.2	PAT	0.059	0.5	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DM-44	316397.32	6235861.27	681.6	PAT	0.041	0.25	1	0	1	0	0	0	1	1	10
DM-46	316397.79	6235864.48	677.4	PAT	0.037	8	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DM-53	316396.23	6235853.62	691.6	PAT	0.035	1.1	1	1	0	0	0	0	0	1	9
DM-37	316422.43	6235799.37	964.5	DL/PAT	0.034	2	1	0	0	0	0	0	1	1	7
DM-167	316422.15	6235809.67	584.8	DL/PAT	0.012	0.25	1	1	1	0	0	0	0	1	12
DM-125	316543.37	6235770.29	721.5	PAT	0.009	1	0	1	1	1	0	0	1	1	11

Tabla 8: Tabla resumen de muestras y datos necesarios para el cálculo del BCF. ID: Número de muestra, coordenada X, Coordenada Y, Elevación (m.s.n.m), identificación de la veta Pat: Pataguas y DL: Don Leopoldo, concentración de Au, concentración de Ag, LV: FIAs ricas en líquido y ricas en vapor en coexistencia, V: FIAs ricas en vapor, CT: textura coliforme, BC, calcita hojosa, RQ: Calcita hojosa reemplazada por cuarzo, Ad: adularia, PT: textura plumosa, JT: textura rompecabeza y BCF: factor de confianza de ebullición.

En la Figura 45, se presenta un esquema vista en planta y de perfil de la veta las Pataguas, que muestra la distribución de los datos de BCF, las concentraciones de Au y las concentraciones de Ag de las muestras más representativas en el sistema. En él se puede observar que los mayores datos de BCF, asociados con las más altas concentraciones de Au y Ag, se encuentran alrededor de las coordenadas 316470 - 316360 E y 6235820 - 6235860 N, además dichas muestras se ubican entre las cotas 770 y 870 aproximadamente. Por lo tanto, a partir de estos datos, se establece una zona de mayor probabilidad de ocurrencia de un horizonte de ebullición, el cual se encuentra asociado a un aumento de la precipitación de metales preciosos.

De acuerdo a estos datos, se establece una zona de máxima probabilidad de ebullición, que considera aquellos puntos con mayores BCF y que a la vez poseen altas concentraciones de Au y Ag. Esta zona se muestra como un área de color rojo en la Figura 45.

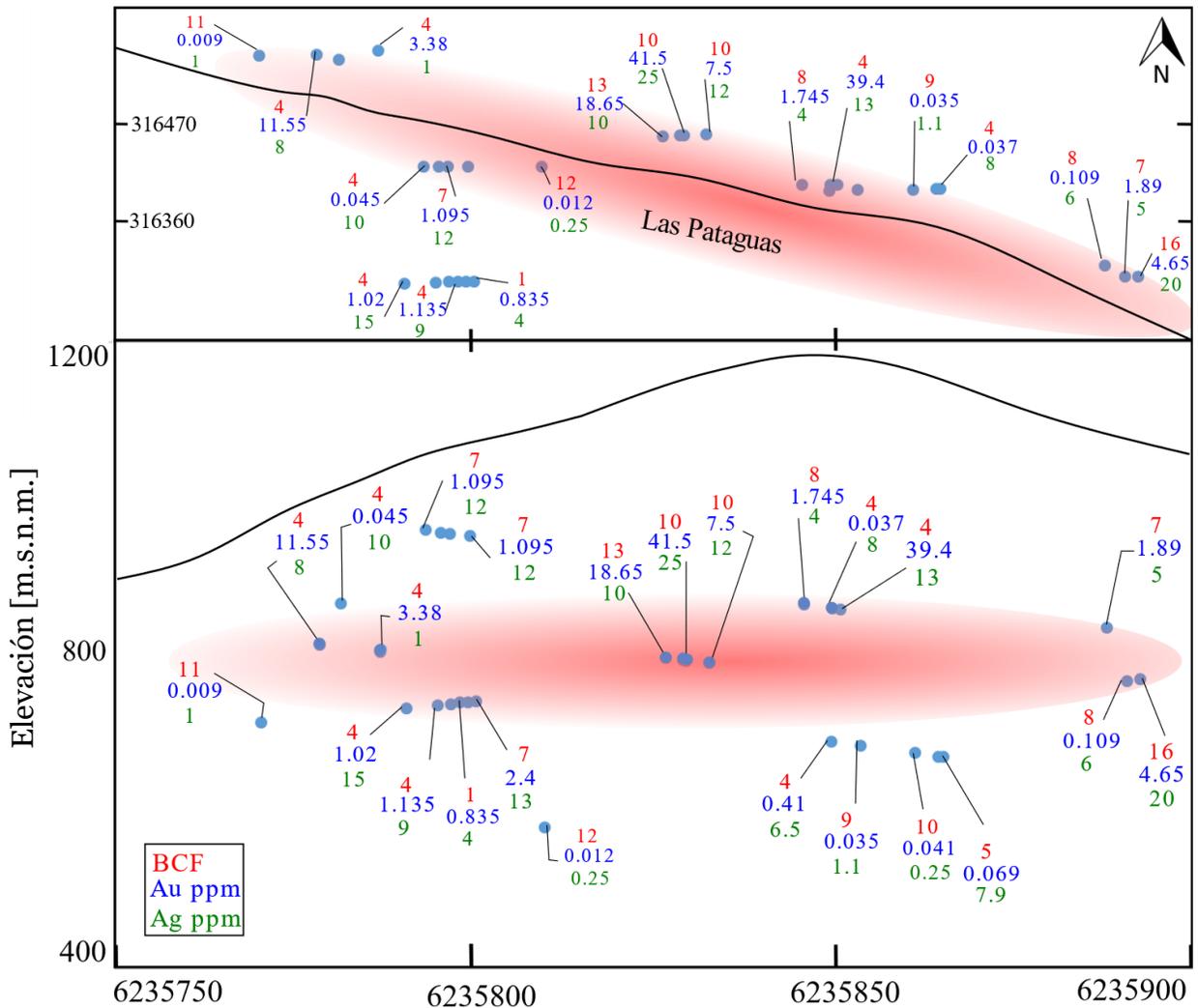


Figura 45: Distribución de las muestras más representativas, seleccionadas para el cálculo del factor de confianza de ebullición. Se presentan los datos de BCF (rojo), concentración de Au (azul) y concentración de Ag (Verde). Arriba, vista en planta; Abajo, vista de perfil. El área de color rojizo representa la zona de mayor correlación de BCF, Au y Ag.

6 DISCUSIONES

6.1 Análisis Geoquímica de sondajes

En primer lugar, respecto a la geoquímica general de sondaje que muestra la veta las Pataguas, se puede observar que existe un enriquecimiento de metales preciosos (Au y Ag) y metales base (Zn y Pb), tanto estos elementos como otros se pueden relacionar a minerales presentes y observados en las muestras de la veta, que caracterizan tanto la mineralización de mena como de alteración y litología. Dentro de estos se encuentran: electrum (Au y Ag); esfalerita (Zn y Cd); galena (Pb); Calcopirita (Cu y Fe); pirita, hematita y magnetita (Fe), los cuales caracterizan la mineralización observada en las muestras de mano y cortes pulidos.

Los datos presentados en la tabla 7, muestran que existen ciertas correlaciones entre algunos elementos. El Zn y Cd son los elementos mayormente correlacionados con un valor de 0.97, estos elementos se encuentran asociados fuertemente con esfalerita, lo que indica la existencia de una sustitución iónica entre estos elementos en la esfalerita, donde ocurriría una sustitución parcial de Zn por Cd. También existen correlaciones entre Zn, Pb y menor Cu, que se puede relacionar a la asociación mineral esfalerita, galena, y calcopirita, que se observa en gran parte de las muestras mineralizadas.

La Ag se encuentra levemente correlacionada con Zn, Pb y Au lo que podría indicar que este elemento precipita en el mismo proceso y/o tiempo que la precipitación de esfalerita, galena y Au, se puede observar en las gráficas de la Figura 44, que la curva de la concentración de Ag se correlaciona con las curvas de los metales base (Zn y Pb), a profundidad.

Respecto al Au este se encuentra correlacionado mayormente con Ag, lo que se corresponde con la presencia de electrum (Figura 43), que se observó en los cortes doble pulido, con porcentajes mol de 70/30 para Au/Ag aproximadamente, identificados en el análisis SEM. Pero las concentraciones de Ag son mayores que el Au en la mayoría de las muestras lo que indica que este elemento precipita como nativo o asociado a otros minerales, tales como argentita (Ag_2S), proustita (Ag_3AsS_3) o pirargirita (Ag_3SbS_3), que, si bien no se observaron en los 3 cortes doble pulido analizados, no se descarta su presencia, ya que son reportados en otras vetas del distrito por algunos autores. El Au es el único elemento dentro de los minerales de mena que se encuentra mayormente correlacionado con Fe, lo que podría indicar una posible relación con pirita (FeS), como se menciona anteriormente, minerales que contienen Fe en la roca caja para formar pirita, representan un mecanismo eficiente para la concentración del HS reducido. En efecto, esta es una explicación frecuente propuesta para la formación de depósitos mesotermales de Au, donde la alteración hidrotermal implica la piritización y donde comúnmente hay una asociación espacial cercana entre el oro y la pirita como sugiere William-Jones et al. (1992).

Por último, a modo general, existe un aumento de metales base a profundidad y aumento de metales preciosos hacia la superficie, que caracteriza el sistema, como se puede observar en la distribución de las concentraciones de Au, Ag y Zn. Esta distribución podría estar fuertemente condicionada por el mecanismo de precipitación de esta mineralogía metálica, que sugiere la formación de zonas enriquecidas en metales preciosos y zonas enriquecidas en metales base.

6.2 Petrografía y Paragénesis

A partir de la descripción petrográfica macroscópica y microscópica, así como el análisis de los datos geoquímicos, se definió una secuencia paragenética asociada a eventos mineralógicos importantes en la formación de la veta las Pataguas.

El análisis de las muestras de mano permitió identificar la formación de al menos 3 procesos de emplazamiento de los fluidos mineralizadores. En primer lugar, se presenta la formación de vetillo leve en rocas volcánicas andesitas y stockwork débil a fuerte en tobas litocristalinas a cristalinas y con baja mineralización, hacia el centro encontramos la formación de brechas hidrotermales con una proporción de sílice y mineralización relativa según la ubicación, y en la parte central encontramos la formación de vetas masivas de cuarzo con variadas texturas minerales y abundante precipitación mineral también relativa a la ubicación y a las texturas minerales asociadas (Figura 46).

Respecto a la mineralización del sistema, se reconocen tres etapas principales. A modo general, se produjo un primer pulso (pre-mineralización), rico en carbonatos (calcita hojosa y rómbica), y en sílice formando texturas tipo peine y zonal sin precipitación mineral. Una segunda etapa, caracterizado por un pulso que habría sido el mayor aporte de la mineralización de mena presente (rico en sulfuros y metales preciosos). Por último, una etapa post-mineralización que incluye el fracturamiento, apertura, relleno, alteración y oxidación parcial del sistema. A continuación, se presenta en detalle cada una de las etapas señalados.

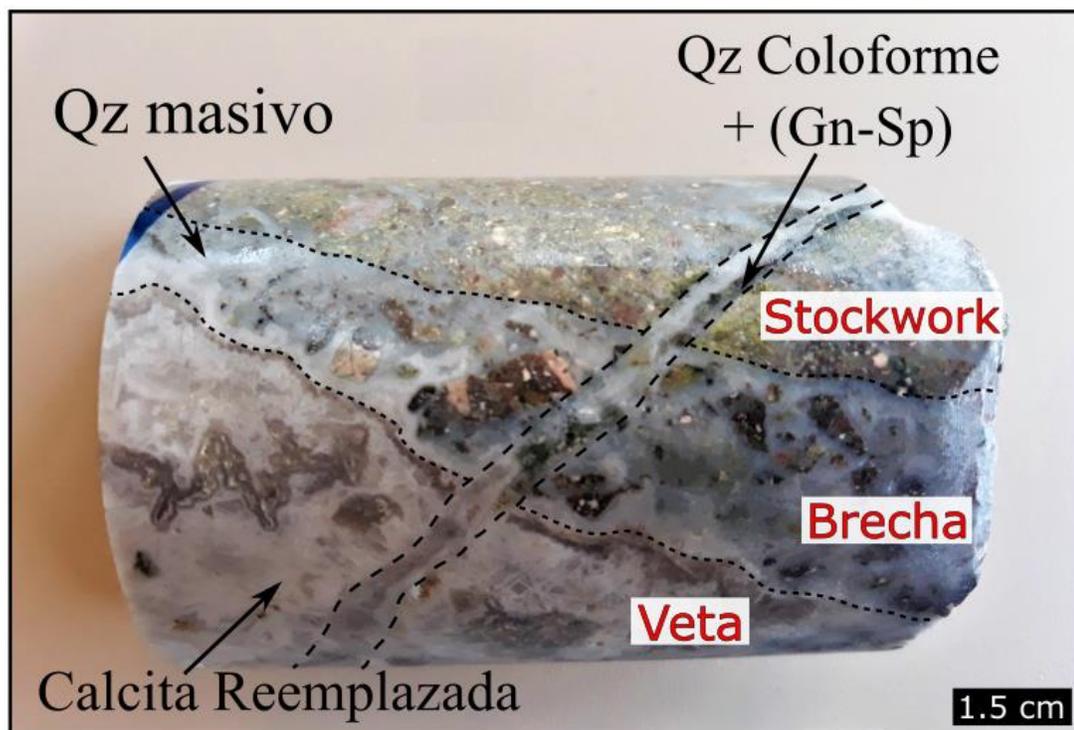


Figura 46: Muestra de mano mostrando al menos 3 eventos de emplazamiento de fluidos silíceos: stockwork, brecha y veta, donde se observan tanto texturas de cristalización como de reemplazo y recristalización, siendo cortada por una vetilla de cuarzo con textura coloforme y mineralización (DM-171).

Etapas de mineralización

I. Emplazamiento de la roca caja

Una etapa previa a los eventos principales de mineralización, corresponde al emplazamiento de la roca caja, que comprende una intercalación de rocas volcánicas andesíticas, tobas cristalinas, litocristalinas y fluidales principalmente, las que se caracterizan por un alteración propilítica asociada a eventos hidrotermales y posible metamorfismo de bajo grado, las tobas presentan una alteración cálcica sobreimpuesta a la alteración propilítica, presentando minerales máficos reemplazados por epidota y clorita, tanto las andesitas como las tobas cristalinas presentan albitización de las plagioclasas. La mineralización se caracteriza principalmente por la presencia de pirita diseminada variando en intensidad de débil a moderada y menor magnetita también diseminada, pero con una baja intensidad.

II. Etapa pre-mineralización

A partir de las evidencias petrográficas identificadas, se reconocen dos subetapas que caracterizan este evento pre-mineralizador.

La primera subetapa se caracteriza por el emplazamiento de fluidos pobres en mineralización o que posteriormente hayan sido removilizados y la depositación de carbonatos, como calcita rómbica y hojosa, esta última habría sido reemplazada quedando solo relictos de su formación, lo que queda evidenciado por la presencia, en distintos niveles de la veta, de cuarzo reemplazando esta calcita y mostrando variadas texturas, tales como red hojosa, hojosa fantasma y hojosa paralela (Figura 28), los relictos de calcita hojosa y calcita rómbica presentan escasos indicios de preservación y formación de arreglos de inclusiones fluidas, identificándose solo una FIA rica en líquido, en una brecha cementada por calcita. La textura de calcita reemplazada no se observa asociada a la mineralización, siendo escasa y casi en la totalidad de las muestras que presentan esta textura, nula. Las relaciones de corte, que incluyen texturas coliformes, rompecabeza y euhedral que atraviesan esta textura, indica que habría ocurrido una removilización de la calcita y la mineralización en una etapa temprana, la que posteriormente habría sido recrystalizada formando la variedad de texturas.

Se observaron solo 3 muestras con calcita tanto rómbica y hojosa en la cota 880, en dicha zona se ubica la intersección de la veta Las Pataguas y Don Leopoldo, esta última se caracteriza por la presencia de variadas muestras con brechas y vetas de calcita, por lo que se cree que estas muestras pertenecen a este sistema. En cuanto a la alteración, esta se caracteriza por la presencia de minerales como epidota, clorita, albita y menor actinolita que se encuentra inmersa en varias zonas de vetas y brechas de cuarzo sin presencia o escasa de mineralización.

En la segunda subetapa de este evento corresponde a un fluido silíceo que habría cristalizado cuarzo con textura peineta en los bordes de la calcita hojosa e iniciado un proceso de reemplazo por cuarzo, también se reconoce la formación de una textura coliforme sin mineralización que se forma alrededor de fragmentos líticos en brechas y vetas con textura de calcita hojosa reemplazada, se identificó la presencia de escasos cristales de adularia rómbica creciendo en los bordes de fragmentos líticos con cuarzo rompecabeza bordeando a ésta, la que correspondería a una etapa previa a la mineralización, además no se reconoce la formación de inclusiones fluidas en la adularia.

III. Etapa de mineralización

La segunda etapa de mineralización corresponde a la formación de la zona de mena caracterizada por la precipitación masiva de mineralización metálica de importancia económica en el sistema. En esta etapa se reconocen tres subetapas diferenciadas por la asociación mineral y textural presentes en las muestras.

La primera subetapa se caracteriza por la formación de texturas de colofome y rompecabeza asociada a una precipitación de magnetita, pirita, calcopirita (traza) y hematita, que se identifica como el producto de una martitización de la magnetita, esté evento ocurre en profundidad alrededor de la cota 580 y se encuentra asociada con clorita y menor actinolita.

La segunda subetapa se caracteriza por un aumento de texturas rompecabeza y mosaico euhedral y subhedral, que presenta gran cantidad de inclusiones ricas en vapor de carácter primaria y secundaria, se encuentra en asociación con importante mineralización de specularita, menor magnetita, pirita, esfalerita, galena y trazas de calcopirita. Dentro del evento mineralizador se produce un enriquecimiento de mineralización de esfalerita + galena + calcopirita + pirita + electrum asociada fuertemente a la formación de cuarzo masivo de color gris, con texturas rompecabeza, cuarzo euhedral a subhedral de gran tamaño (en los se encuentran inclusiones asociada a ebullición), colofome, plumoso y calcita hojosa reemplazada por cuarzo en menor cantidad (como relictos de su recristalización), se identificó la presencia de electrum inmerso en cuarzo rompecabeza (Figura 47), lo que indica que la ebullición es un mecanismo eficiente en la precipitación de Au y Ag en la veta las Pataguas.

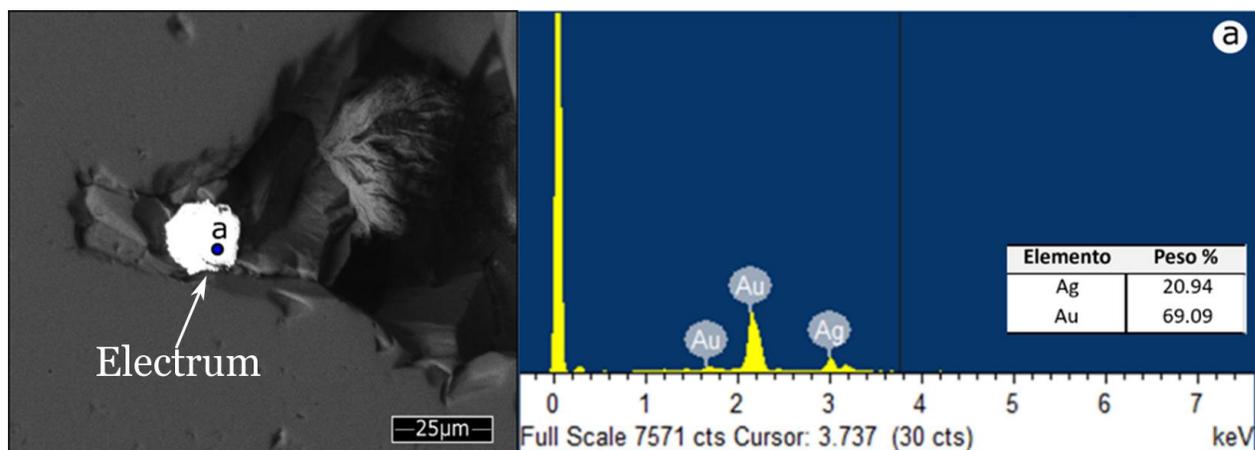


Figura 47: Microfotografía obtenida a partir del SEM, donde se muestra un grano de electrum identificado en una imperfección en cuarzo rompecabezas (DM-150).

La mineralización se encuentra, en algunas zonas, estrechamente asociada a calcita, epidota y clorita como agregados cristalinos y bandas en vetillas. También se identificaron trazas de granate de color amarillo con textura granular y como masas irregulares en vetillas de cuarzo, la presencia de este mineral es indicativa de temperaturas de formación entre los 400 y 800 °C, se observó solo en un par de muestras en asociación con esfalerita y actinolita en microvetillas que cortan tanto la roca caja como vetillas de cuarzo. En un proceso posterior de esta subetapa mineralizadora se reconoce un aumento de la mineralización de esfalerita y galena formando el cemento en brechas junto con cuarzo colofome y en vetas-brecha de cuarzo masivo gris. Como un evento tardío, se observa

cuarzo crustiforme parcialmente asociado a mineralización (Figura 48), en conjunto con texturas coliforme y rompecabeza. Se puede observar que la mineralización de sulfuros se encuentra asociada a bandas de cuarzo rompecabeza que precipitan en los bordes de las fracturas, posteriormente un fluido síliceo habría precipitado cristales de cuarzo euhedral-subhedral que crecen hacia el centro de la vetilla, en la cual no se observa mineralización. La formación de estos procesos se pueden explicar producto de una variación en la composición del fluido y en las condiciones termodinámicas del sistema, es decir, que podría significar nuevos pulsos síliceos pobres en mineralización o la reapertura de vetillas, su posterior llenado y cierre. Esto evidencia los eventos de corte, paragénesis y mineralización en el sistema que forma la veta las Pataguas.

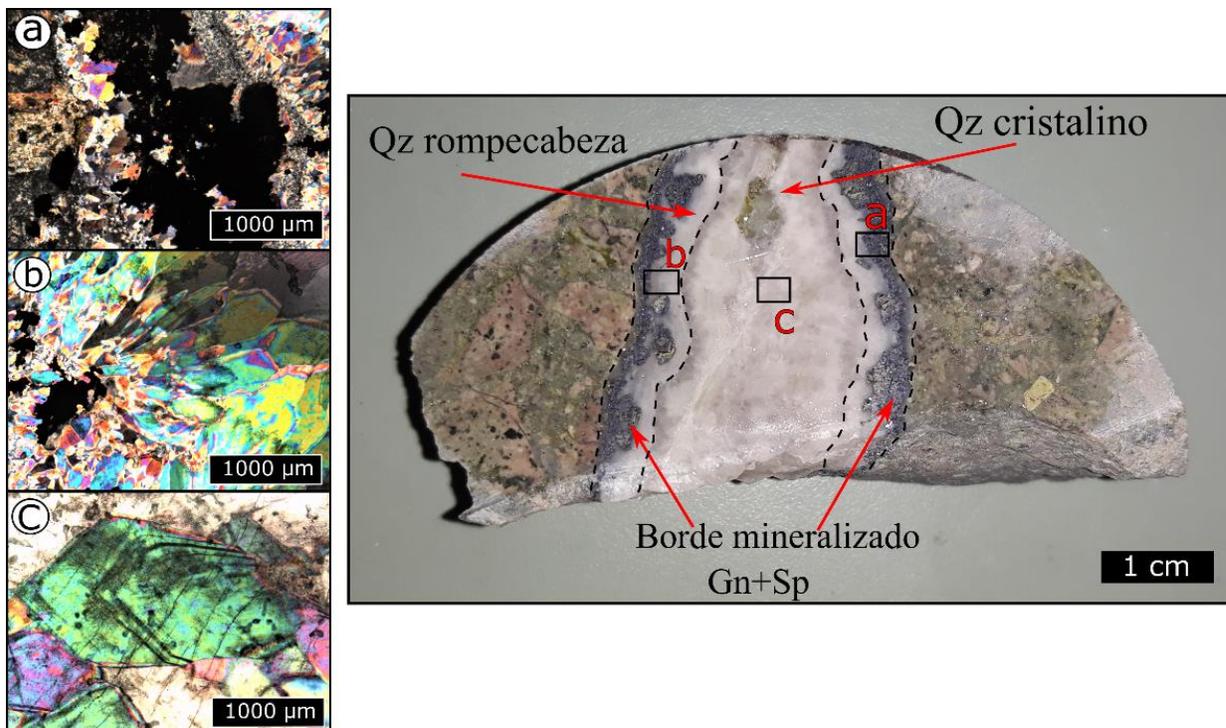


Figura 48: Muestra de mano de una toba cristalolítica, que muestra una vetilla de cuarzo crustiforme con borde mineralizada. (a) zona mineralizada con presencia de esfalerita (Sp) y galena (Gn). (b) zona con cuarzo rompecabeza. (c) zona con cuarzo cristalino (DM-34).

La tercera subetapa, comprende una disminución evidente en la formación de texturas de recrystalización (rompecabezas) y precipitación de mena metálica de importancia económica, se identifica la presencia de vetillas de cuarzo crustiforme y masivo de color blanco cortando la mineralización de mena de la subetapa anterior (Figura 21.a y 21.b), donde además se reconocen FIAs ricas en líquido. La mineralización comprende la precipitación de pirita diseminada y en vetilla junto con una menor precipitación de magnetita. Por último, en un evento tardío se produce la precipitación de cuarzo peine en espacios abiertos y en terminaciones de cuarzo crustiforme, donde se identificó la presencia de cristales de hasta 5 mm de galena y pirita, pero muy escasos, lo que podría indicar fluidos posteriores o remanentes con baja mineralización que tuvieron el tiempo y el espacio para precipitación y formación.

III. Etapa post-mineralización

La última etapa comprende eventos post mineralización, caracterizada por la finalización de la precipitación de la mineralogía de mena y texturas de recristalización y reemplazo. Se reconocen dos subetapas.

La primera subetapa, comprende el fracturamiento y apertura del sistema, probablemente producto de la actividad tectónica. El fluido silíceo sin mineralización habría formado cuarzo con textura tipo peine en espacios abiertos como cavidades o en las aperturas de vetillas. A la vez se forman minerales característicos de alteración tanto en las rocas, vetas y nuevas vetillas, donde se reconoce además la presencia de clorita, actinolita y granate en vetillas, formado posiblemente por fluidos hidrotermales tardíos, y epidota junto a clorita y calcita en la roca caja asociado a un metamorfismo de bajo grado. Un fluido rico en carbonatos caracteriza esta subetapa, el que habría rellenado las nuevas fracturas, las cavidades y espacios abiertos anteriores, donde se evidencia por la presencia de vetillas de calcita cortando todo el sistema previo formado, tanto la mineralización como la roca caja.

La segunda subetapa se caracteriza por la finalización de la fase hidrotermal, para dar paso a un evento de oxidación leve del sistema, caracterizada por la mineralización de hematita y limonita, afectando tanto parte de la roca total como vetillas. Se presentan patinas de óxidos de hierro junto óxidos de manganeso, también se reconoce la presencia de sulfuros parcial y totalmente oxidados, y boxwork de pirita.

La paragénesis textural y mineralógica que define al sistema y cada una de las etapas y subetapas descritas anteriormente se presenta en el esquema de la Figura 49, a continuación, donde además se muestra la presencia de FIAs características identificadas en algunas texturas minerales.

La veta las Pataguas se caracteriza por presentar una asociación mineral de mena en paragénesis con texturas clave para la exploración en el distrito. Texturas de cuarzo masivo de color gris y verde en muestras de mano reflejan texturas microscópicas de tipo rompecabeza y bandeamiento rítmico, en conjunto con texturas coloformes que evidencian la ebullición como mecanismo de precipitación dominante en el sistema, formando vetas y brechas mineralizadas. Por otra parte, texturas como calcita reemplazada por cuarzo y crustiforme no reflejan una guía directa de exploración, denotando etapas tempranas y tardías, respectivamente.

La presencia de abundantes arreglos de inclusiones fluidas ricas en vapor y menos arreglos con inclusiones ricas en líquido coexistiendo con ricas en vapor, dan cuenta de un fracturamiento hidráulico del sistema que implicó la separación, ya sea de forma rápida o lenta, de la fase vapor de los fluidos hidrotermales permitiendo la precipitación mineral de mena y ganga en las Pataguas, quedando registrado en el atrapamiento de inclusiones a lo largo de toda la veta.

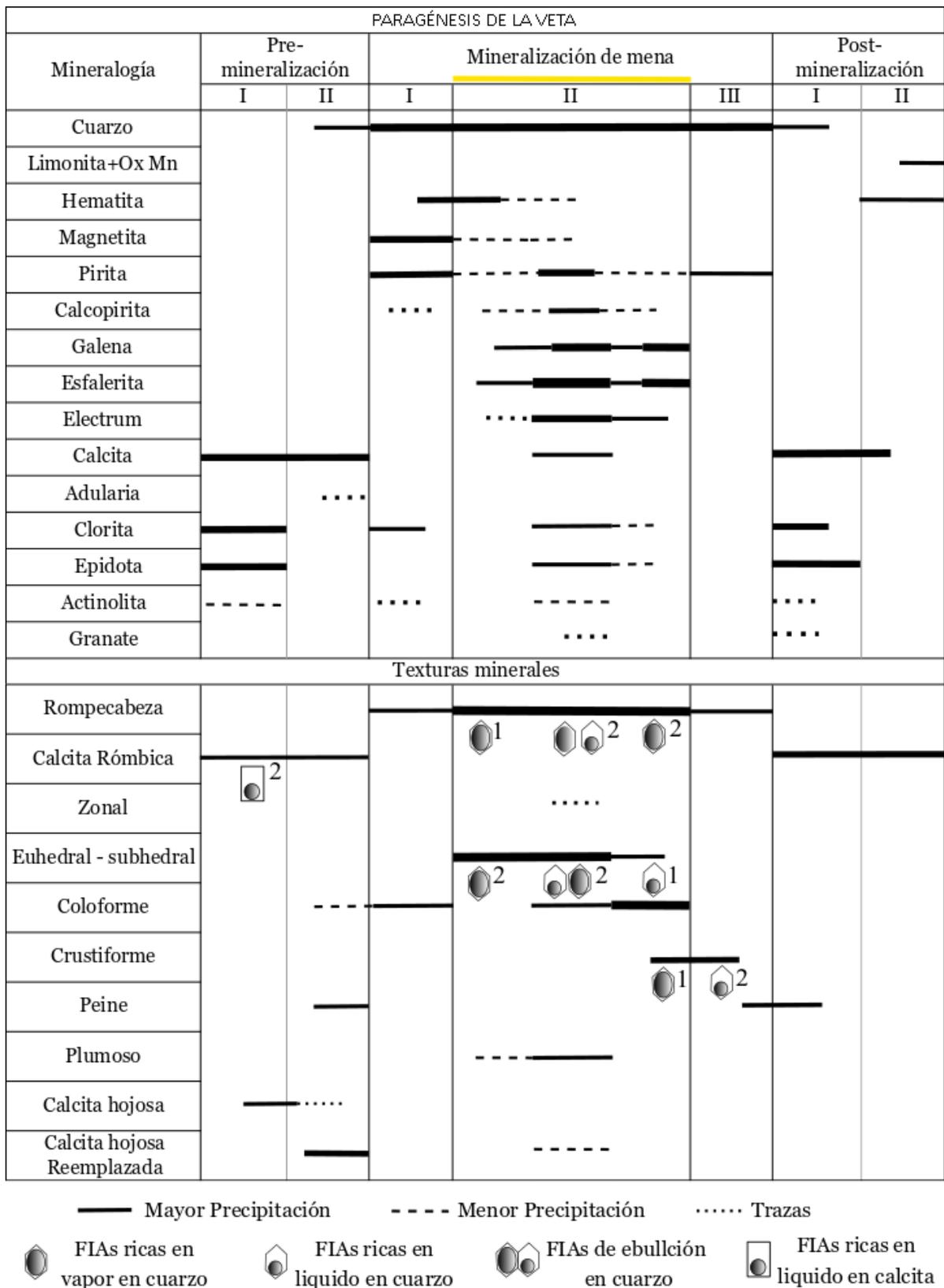


Figura 49: Paragénesis mineralógica y textural de veta las Pataguas. Se representan los principales eventos de mineralización identificados, así como sus texturas de ganga asociadas; y los tipos de arreglos de inclusiones fluidas (FIAs) hallados en ellas, la línea amarilla representa la etapa de formación de la mineralogía de mena más importante en el sistema.

6.3 Mecanismo de precipitación y transporte

Varios autores han evidenciado a partir de observaciones experimentales y teóricas en sistemas geotermales, que la ebullición y/o vaporización rápida son los mecanismos de precipitación de oro y plata más importante y eficiente en sistemas epitermales que el enfriamiento (Drummond, 1985; Brown, 1986; Moncada et al., 2012). Así mismo Camprubí & Albinson (2007), señalan que la ebullición es el mecanismo más importante en los depósitos epitermales en México, basado en la asociación temporal y espacial de las evidencias mineralógicas e inclusiones fluidas encontradas para la ebullición y mineralización.

La veta las Pataguas es un sistema que presenta una variedad de texturas minerales e inclusiones fluidas que se encuentran directamente relacionadas con la ebullición, representando evidencias concretas de su existencia y que además es el mecanismo de precipitación metálica dominante en el sistema

La presencia de sílice amorfa o de calcedonia en la veta indica que se ha producido un enfriamiento brusco del fluido, a temperaturas de deposición entre 100 y 190°C (White & Hedenquist, 1990), y una sobresaturación de sílice en el fluido que también puede indicar ebullición, dando paso a la formación de texturas de cuarzo heredadas de sílice que son buenas indicadoras de ebullición en el ambiente hidrotermal (Dong et al., 1995). Esto se puede observar en la Figura 50, donde se observa la presencia de calcedonia como remanente de un fluido temprano en cuarzo rompecabeza microcristalino siendo recrystalizado a cuarzo coloforme.

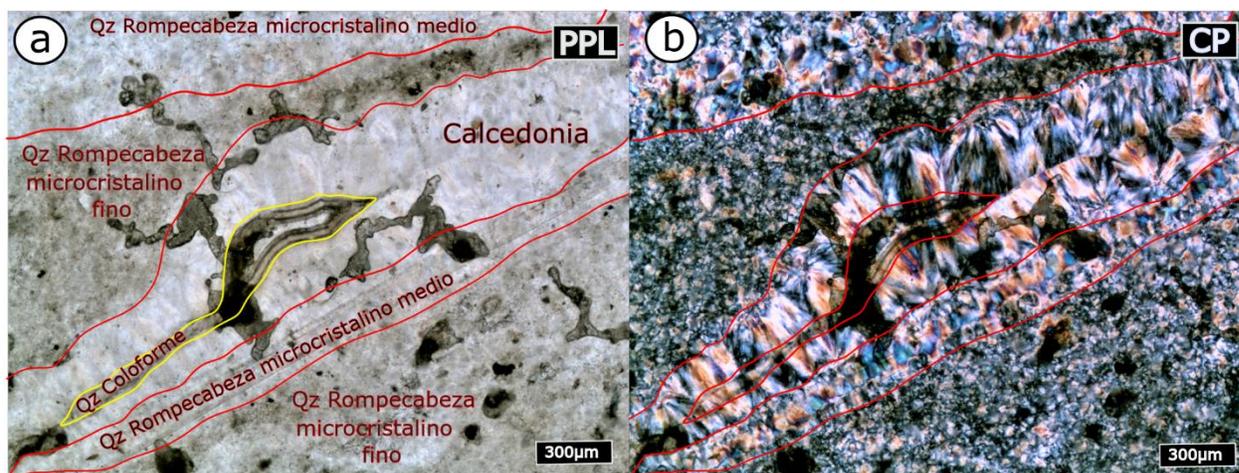


Figura 50: Microfotografías que muestra la presencia de un dominio de calcedonia y texturas de recrystalización como coloforme y rompecabeza microcristalina.

Junto a estas fases se identificaron variadas texturas minerales en la veta las Pataguas que son producto de la recrystalización de sílice amorfa que se encuentran fuertemente asociadas con la mineralización de metales preciosos y metales base. Dentro de estas se encuentra el cuarzo rompecabeza, cuarzo coloforme, cuarzo crustiforme, cuarzo plumoso, calcita hojosa, calcita hojosa reemplazada por cuarzo, cuarzo pseudoacicular y cristales de cuarzo euhedral a subhedral, la abundancia de estas texturas se puede observar en el gráfico de la Figura 51.

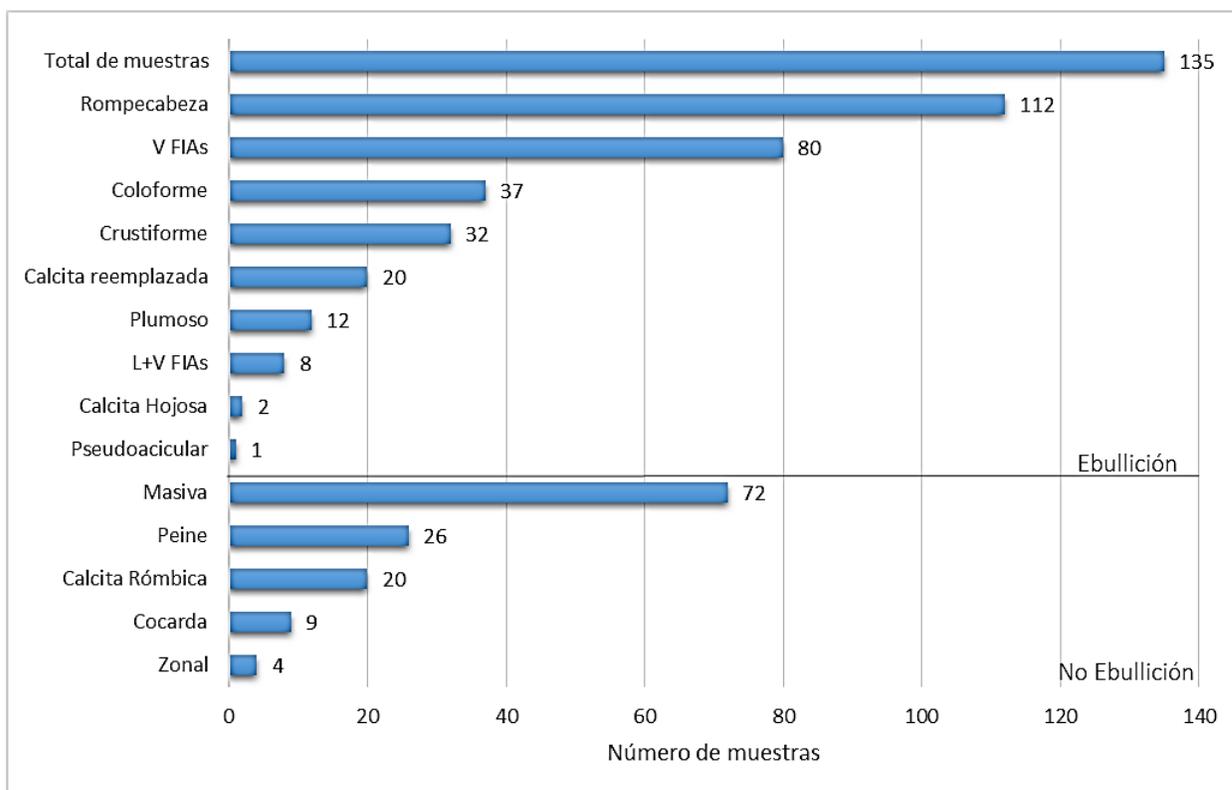


Figura 51: Abundancia relativa de texturas minerales y FIAs asociadas a procesos de ebullición y no ebullición en la veta las Pataguas.

El cuarzo rompecabeza es la textura más abundante y ubicua en el sistema, se encuentra en el 99% de las muestras. Se caracteriza por la formación de agregados microcristalinos a cristalinos de cristales de cuarzo con bordes de grano inter-penetrados reconocibles solo a nicoles cruzados (Dong et al., 1995; Moncada et al., 2012). Esta textura es interpretada como el resultado de la (re)-cristalización de calcedonia masiva o sílice amorfa (Dong et al., 1995). Esta textura se presenta en varias muestras de mano, en las cuales posee una apariencia masiva con tonalidades grises, blancas y traslúcidas. Debido a su naturaleza, no se encontraron arreglos de inclusiones fluidas (FIA) primarios en este tipo de textura, aunque si fue posible reconocer abundantes FIAs secundarios que dan cuenta de un proceso de vaporización rápida en el sistema.

La segunda textura más abundante en el sistema corresponde a la coloforme, se encuentra fuertemente ligada a la mineralización en brechas y vetas masivas. Henley & Hughes (2000), sugieren que esta textura es generada durante una apertura rápida de una fractura que produce una caída de la presión y rápido enfriamiento asociado con ebullición o evaporación rápida. La textura crustiforme se encuentra parcialmente ligada a la mineralización en la veta las pataguas, se forma como una etapa tardía de la textura coloforme, formando un bandeamiento simétrico desde las paredes de fracturas o brechas de cristales de cuarzo cristalinos y prismáticos, también se encuentra cortando brechas y vetas de cuarzo mineralizadas como un evento tardío y posterior a la mineralización. Esta textura se forma como un resultado rápido, donde ocurren fluctuaciones episódicas de las condiciones termodinámicas (temperatura y presión), del fluido durante la ebullición.

La calcita hojosa, generalmente reemplazada por cuarzo, indica que ha ocurrido ebullición, que resulta en la pérdida de CO₂ y la subsiguiente saturación de calcita

(Simmons & Christenson, 1994), la que posteriormente es reemplazada por cuarzo. Se encuentra asociada a una etapa previa a la textura coliforme, si bien no se presenta directamente asociada a la mineralización en el sistema, la recristalización de esta muestra evidencias de precipitación mineral, asociada a la formación de cuarzo rompecabeza que exhibe la formación de calcita hojosa en etapas previas.

Por otra parte el estudio petrográfico de inclusiones fluidas arroja evidencias concretas de la ocurrencia de ebullición en el sistema, caracterizada por el atrapamiento de abundantes inclusiones fluidas ricas en vapor y principalmente de la presencia de arreglos de inclusiones fluidas ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor, como se observa en el gráfico de la Figura 52, donde el 72% de las FIAs observadas corresponde a FIAs ricas en vapor, asociadas a una evaporación rápida y un 7% corresponden a FIAs ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido.

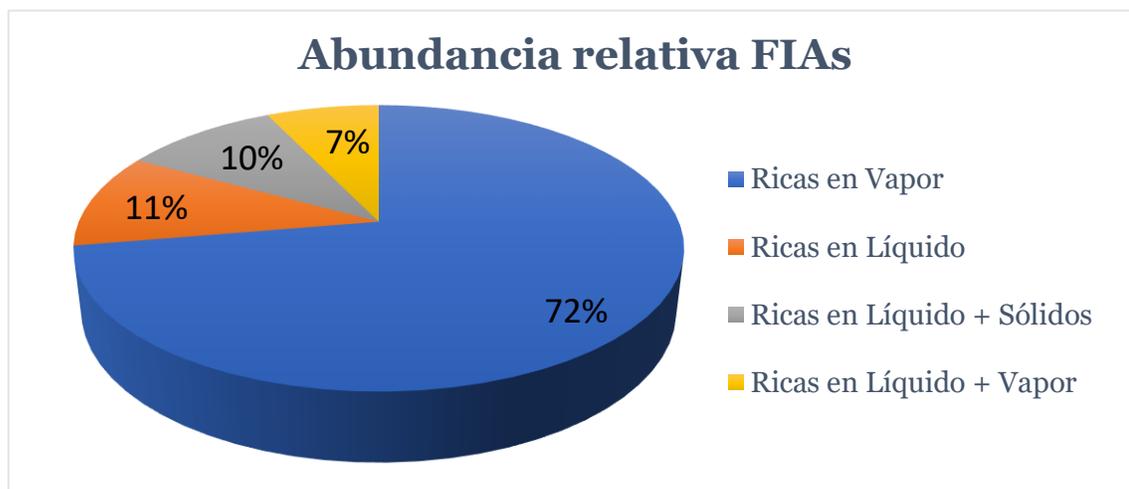


Figura 52: Gráfico de torta, que muestra la abundancia relativa de los diferentes tipos de arreglos de inclusiones fluidas identificadas en el sistema.

La formación de arreglos de inclusiones ricas en vapor se encuentra asociada a un proceso de ebullición conocido como evaporación rápida o *“flashing”*. Se produce por un fracturamiento hidráulico de las rocas hospedantes, ya sea por la actividad sísmica o el incremento de la presión de fluidos, esto produce una caída brusca de la presión, provocando la conversión de casi toda la fase líquida en vapor (Moncada et al., 2012), resultando en la formación y atrapamiento de este tipo de inclusiones.

Las FIAs con inclusiones ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor, representa la evidencia más concreta de la ocurrencia de ebullición o *“boiling”*, su formación comprende un proceso menos intenso, donde solo una fracción de la masa del fluido ascendente es convertida a fase vapor (Bodnar et al., 1985; Moncada et al., 2012). Su presencia se presenta principalmente en cristales de cuarzos euhedral a subhedral, asociada a texturas crustiforme, agregados aislados e inmersos en cuarzo rompecabeza.

Tanto las FIAs de ebullición como aquellas asociadas a *flashing* se presentan asociadas a zonas de enriquecimiento metálico en conjunto con un aumento de texturas de tipo rompecabeza, coliforme, crustiforme y de reemplazo de carbonatos, lo que sugiere una estrecha relación en la formación de este tipo de texturas, el atrapamiento de inclusiones fluidas y la mineralización de metales.

El reconocimiento de electrum en cuarzo rompecabezas microcristalino y coloforme indica que la precipitación de metales preciosos se encuentra fuertemente ligada a fases texturales que se forman por el proceso de ebullición sugiriendo que este mecanismo es eficiente en la precipitación de Au y Ag en el sistema.

En base a todas las evidencias encontradas tanto texturales, mineralogías e inclusiones fluidas se puede concluir que la ebullición ocurrió en el sistema, el cual se encuentra fuertemente relacionado con la precipitación mineral y por lo tanto representa el mecanismo de precipitación mineral más importante en la veta las Pataguas. Es importante mencionar que no se descarta la influencia de y participación de otros mecanismos como mezcla de fluidos o enfriamiento, ya que los fluidos hidrotermales pueden ser en sí mismos el resultado de la mezcla en profundidad de aguas meteóricas y magmáticas (Hedenquist & Lowenstern, 1994; Simmons, 1995; Gammons & Williams-Jones, 1997).

Según Williams-Jones (2009) y Andre-Mayer (2002), la ebullición correspondería al mecanismo de preferencia para la depositación de oro, plata y sulfuros de metales base, en sistemas hidrotermales de baja sulfidación a temperaturas menores a 300°C, a su vez la influencia de la ebullición en el mecanismo de transporte es de gran importancia, debido a que esta provocaría una disminución en la acidez, al producirse la remoción de agentes como el CO₂ hacia la fase vapor, lo que promueve la precipitación de especies como oro, esfalerita, galena, calcopirita, piritita y argentita; una disminución de la temperatura, que disminuye la solubilidad o bien podría aumentarla en el caso de S total constante; y una disminución de la fugacidad de oxígeno, que promueve la disolución de oro (Williams-Jones et al., 2009; Pokrovski et al., 2014). Por su parte Gammons & Barnes (1989), señalan que, bajo condiciones de temperaturas entre 25°C y 300°C, pH entre 5.7 y 7.3, el complejo sulfurado Ag(HS)₂⁻ es la especie dominante por sobre los complejos clorurados. Estos hechos sugieren que, bajo temperaturas de 350°C, complejos sulfurados poseen una predominancia en el transporte de metales preciosos y metales base.

Estimación de la temperatura mediante inclusiones fluidas

Bodnar (1982), señala que existe una relación directa entre las salinidades, temperaturas y la razón entre las fases líquido-vapor de inclusiones fluidas asociadas a ebullición donde coexisten en un mismo arreglo, inclusiones ricas en líquido con inclusiones ricas en vapor (Figura 53.a).

Según las características y relaciones de fases de las FIAs de ebullición observadas en las muestras de la veta las Pataguas, se pueden establecer al menos dos temperaturas promedias asociadas al origen de los fluidos mineralizantes.

Por una parte, se encuentran temperaturas aproximadas de 250° C, con una salinidad promedio de 10 %wt NaCl, donde la mayor parte de las FIAs (Figura 38 y 40), se asocian a esta temperatura. Por su parte, la FIA observada en la muestra DM-53 posee inclusiones ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido con cristales de halita (Figura 41), lo que implica que el fluido asociado a su formación pudo haber presentado salinidades mayores (Ej: 30 %wt NaCl), que permitiera la precipitación de esta fase sólida, su relación de fases sugiere temperaturas de formación entre 200 y 300°C aproximadamente (Figura 53.b).

Por otra parte, una FIA posee inclusiones ricas en líquido, donde la fase vapor es mayor que la gran mayoría (Figura 39), indicando temperaturas de formación mayor, entre 300 y 350°C aproximadamente (Figura 53.c).

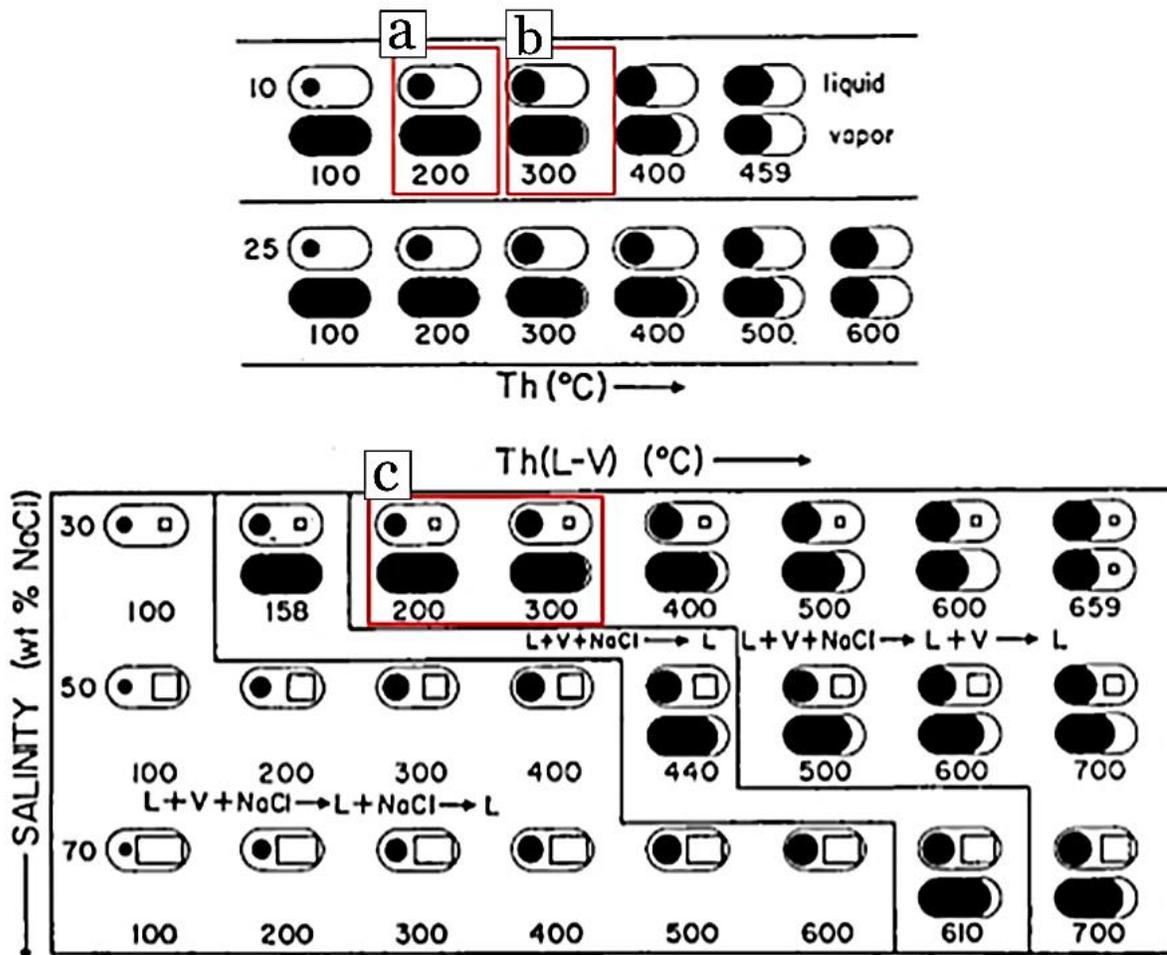


Figura 53: Relación de fases a temperatura ambiente de inclusiones fluidas. **Arriba**, teniendo salinidades de 10 y 25 wt% NaCl y Th desde 100°C a la temperatura crítica para cada composición. También muestra la relación de fases de inclusiones atrapadas con fase vapor y fase líquida en equilibrio. **Abajo**, teniendo salinidades de 30, 50 y 70 wt% NaCl y Th de 100 a 700°C, también muestra las relaciones de fases de inclusiones con fases sólidas atrapadas en las inclusiones. (Extraído de Roedder, 1984; desde Bodnar, 1982). En rojo, inclusiones fluidas asociadas a la veta las Pataguas.

Considerando las relaciones de fases entre las FIAs de ebullición, que señalan temperaturas menores o cercanas a 350°C y las evidencias del ebullición como mecanismo de precipitación principal, es posible señalar que el oro y la plata hayan sido transportados como complejos sulfurados principalmente tales como AuHS_2^- , AuHS^0 y $\text{Ag}(\text{HS})_2^-$, pero la existencia de inclusiones con cristales de halita sugiere fluidos con salinidades mayores, donde especies cloruradas pudieron haber tenido un papel importante en la precipitación de metales base y preciosos. La presencia de FIAs con temperaturas cercanas a los 250°C y otras cercanas a los 350°C sugiere que es posible que dos pulsos distintos, con la ebullición como mecanismo de precipitación, se produjeran en la veta las Pataguas, el grupo de FIAs que sugieren temperaturas de 350°C se encuentran bajo la cota 700, mientras que las FIAs asociadas a temperaturas de 250°C se ubican sobre la cota 800 hacia la superficie, lo que podría indicar dos eventos de mineralización diferentes.

Estimación de la temperatura mediante electrum

White, Orr & Hultgren (1957), establecen una ecuación para el cálculo del potencial químico de la plata en el electrum que considera el potencial químico, la fracción atómica y la temperatura según la ecuación (I):

$$(I) \mu_{Ag}^{el} = \mu_{Ag}^o + RT \ln N_{Ag} - \{5650 - 1600(1 - N_{Ag}) - 1.375 T\}(1 - N_{Ag})^2$$

Donde el μ_{Ag}^{el} es el potencial químico de la Ag en el electrum, μ_{Ag}^o es el potencial químico de la Ag en la plata pura, R es el constante de los gases, T es la temperatura absoluta, y N_{Ag} es la fracción atómica de la plata en el electrum.

$$(II) T = \frac{\mu_{Ag}^{el} - \mu_{Ag}^o + 5650(1 - N_{Ag})^2 - 1600(1 - N_{Ag})^3}{R \ln N_{Ag} + 1375(1 - N_{Ag})^2}$$

Usando la ecuación de White, Orr & Hultgren (1957), para el potencial químico de la plata en el electrum, se establece una ecuación que permite estimar la temperatura del electrum, despejando T de (I), resultando la ecuación (II):

A partir de los datos geoquímicos de sondajes y la razón atómica de Au-Ag obtenidas a partir del análisis de microscopia electrónica de barrido en las muestras DM-150 y DM-151, se calculan las temperaturas estimadas asociadas a la formación de electrum presente en cuarzo rompecabeza. En la Tabla 9, se muestran los datos de potencial químico, composición atómica de Ag en el electrum y las temperaturas obtenidas.

Código		μ_{Ag}^{el} %	μ_{Ag}^o %	N_{Ag}	R	T(K)	T(°C)
DM-150	1	665000	250000	0.3563	8.31	743	470
DM-151	1	665000	250000	0.3009	8.31	630	357
	2	665000	250000	0.3039	8.31	536	363

Tabla 9: datos para el cálculo de la temperatura a partir de la ecuación (II)

Las temperaturas estimadas a partir de los datos geoquímicos obtenidos de la concentración y proporción de Ag en el electrum y la roca total se encuentran entre 357,20 y 469,96 °C. Estas temperaturas corresponden a aquellas muestras con mayores concentraciones de Au en la veta las Pataguas, caracterizándose por la formación de electrum en cuarzo rompecabeza.

Al comparar las temperaturas estimadas a partir de las inclusiones fluidas y la razón de Au-Ag en el electrum, se puede observar que estas últimas son mayores a las obtenidas de las inclusiones, pero muy cercanas a las mayores temperaturas que arrojan las relaciones de fases de las FIAs. Así, es posible establecer una temperatura estimada, asociada a los fluidos mineralizantes de la veta las Pataguas, de entre 250-470°C.

6.4 Exploración

Las evidencias texturales, mineralógicas e inclusiones fluidas permiten establecer criterios de exploración para la búsqueda de una zona de bonanza, bajo los modelos de sistemas hidrotermales donde la ebullición desempeña un papel importante en la precipitación de metales mena.

La relación espacial que existe entre la ebullición, las características texturales, los tipos de inclusiones fluidas observadas y la distribución de la mineralización de metales de mena, proporciona una herramienta potencialmente útil para la exploración de depósitos hidrotermales de metales preciosos. Las evidencias presentadas en el capítulo anterior señalan que la ebullición es el mecanismo de precipitación principal en el sistema que forma la veta las Pataguas, es por esto por lo que la determinación del horizonte de ebullición es de gran importancia para establecer los criterios para la exploración a partir de las evidencias encontradas.

Varios autores señalan que el horizonte de ebullición no solo representa un cambio en el tipo de inclusiones fluidas que se observan, sino también representa un cambio en la distribución de la mineralogía de mena con la profundidad. Estos sugieren que, debajo del horizonte de ebullición, varios sistemas se caracterizan por un alto grado de precipitación de metales base y un bajo grado de metales preciosos, mientras que, sobre el horizonte de ebullición, se presenta un alto grado de precipitación de metales preciosos, los que se encontrarían inmediatamente encima del horizonte de ebullición (Buchanan, 1981; Cline et al., 1992; Hedenquist et al., 2000).

Una vez que la ebullición comienza en profundidad, los fluidos usualmente continúan este proceso hacia la superficie, asumiendo que el sistema este compuesto de fracturas abiertas interconectadas y esté a presión hidrostática (Fournier, 1985; Henley & Brown, 1986), esto sugiere que es probable la formación de FIAs de ebullición hacia zonas superficiales, tal como se observa en la veta las Pataguas. Por lo tanto, la identificación de arreglos de inclusiones fluidas ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor podría indicar que el horizonte de ebullición se encuentra en profundidad y con ella una zona de bonanza. Existe, por lo tanto, un telescopio de la mineralización hacia la superficie, a partir de cuerpos más profundos canalizados a través de la veta-falla que forma las Pataguas.

El Factor de Confianza de Ebullición (BCF), presentado por Moncada et al (2017), permite estudiar las muestras analizadas a partir de las características texturales e inclusiones fluidas asociadas a ebullición estableciendo un factor que relaciona numéricamente aquellas muestras con una mayor probabilidad de ocurrencia de ebullición.

En la Figura 54 se puede observar la distribución del BCF, donde los datos más altos se encuentran entre las cotas 770 y 870 correlacionado con el aumento de las concentraciones de metales preciosos, por lo tanto, a partir de estas evidencias se establece que el horizonte de ebullición se ubicaría posiblemente en la base de esta zona, es decir, alrededor de la cota 770, como se puede observar en la Figura 54 con una línea segmentada. La relevancia del BCF como método para la búsqueda de horizontes de ebullición, radica en que este factor considera tanto texturas minerales como inclusiones

fluidas que evidencian la ocurrencia de la ebullición, por lo tanto, representa una herramienta útil dentro de esta metodología.

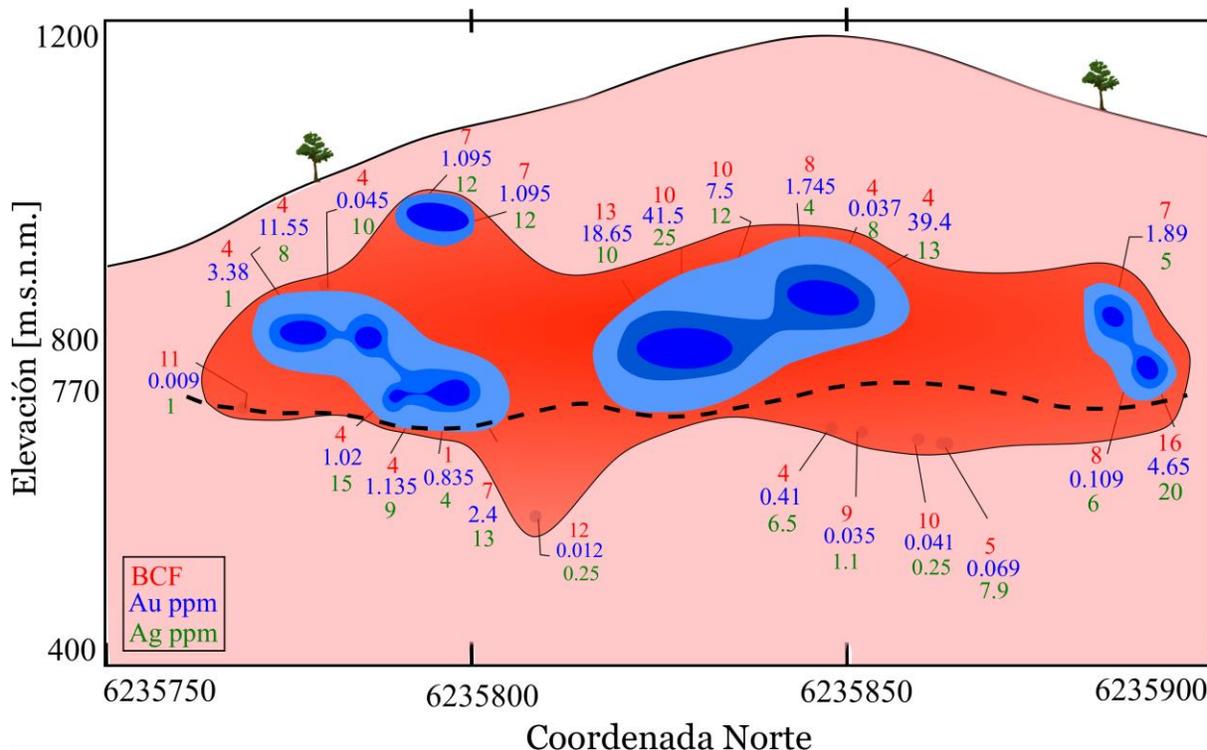


Figura 54: Esquema que muestra la distribución del BCF, Au y Ag respecto a la elevación y la coordenada N. El área de color rojo representa la zona de mayor probabilidad de ocurrencia de la ebullición, mientras que la franja de color azul representa la zona de mayor concentración de Au. La línea segmentada de color negro corresponde a una estimación de la ubicación del horizonte de ebullición que varía alrededor de la cota 770.

Teniendo en cuenta las características texturales, inclusiones fluidas y el BCF se realizó un esquema que muestra la distribución de cada una de ellas respecto a la profundidad. Además, se integraron los datos geoquímicos de Au y Zn para establecer la relación que existe entre la variación de cada una de las evidencias señaladas anteriormente y el comportamiento que muestran tanto los metales preciosos como los metales base, esto con el propósito de establecer los indicadores para la exploración de zonas enriquecidas en la veta las Pataguas (Figura 55).

En conjunto con todos los datos presentados en la Figura 55, fue posible establecer un horizonte de ebullición (línea segmentada de color rojo), en la cota 770 aproximadamente, que coincide con la establecida por el BCF, permitiendo identificar dos zonas de enriquecimiento metálico características.

Bajo el horizonte, se ubica una zona caracterizada por el enriquecimiento de metales base y Ag, entre las cotas 620 y 770 m.s.n.m., esta se caracteriza por un alto grado en las leyes de Ag, Zn, Pb y Cd, y un leve grado en las leyes de Au, en cuanto a las inclusiones fluidas, en esta zona se observó la mayor presencia de FIAs tipo II (ricas en líquido), menos FIAs tipo I (ricas en vapor) y solo una presencia de tipo III (de ebullición); en cuanto a las texturas minerales esta se caracteriza por la presencia de texturas coliforme, crustiforme, zonal, y menor presencia de cuarzo plumoso y de reemplazo de carbonatos.

Sobre el horizonte, se encuentra la zona de metales preciosos, entre las cotas 770 y 870 m.s.n.m. aproximadamente, esta se caracteriza por un enriquecimiento de Au - Ag y una disminución evidente en las concentraciones de metales base; en cuanto a las inclusiones fluidas, hay una abundancia de inclusiones tipo I (ricas en vapor) que se mantiene hacia la superficie, menor abundancia de tipo II (ricas en líquido) y una mayor presencia de FIAs tipo III (ebullición), que la zona inferior; en cuanto a las texturas minerales, esta zona se caracteriza por el aumento de texturas asociadas a ebullición como coloforne, crustiforme, plumoso, calcita hojosa reemplazada por cuarzo, menor presencia de cuarzo peine, zonal y pseudoacicular.

La presencia de estas zonas de enriquecimiento metálico, en conjunto con las texturas minerales y la ubicación del horizonte de ebullición se condice con el modelo de yacimiento hidrotermal presentado por Buchanan (1981), de la Figura 6. Donde la zona de enriquecimiento de metales preciosos coincide con la zona crustiforme-coloforne, caracterizada por el aumento de cuarzo y texturas de ebullición. Esto podría indicar una relación entre el origen y tipología de la veta las Pataguas y el tipo de yacimiento propuesto por Buchanan (1981), donde la parte superior asociada a la zona de calcedonia, con la presencia de carbonatos y arcillas, habría sido erosionada.

En resumen, el BCF permite identificar y ubicar un horizonte de ebullición, a partir de las evidencias texturales e inclusiones fluidales. Por lo tanto, estas evidencias pueden ser usadas como indicadores para la exploración. La zona de enriquecimiento en metales preciosos que se ubica sobre la línea de ebullición se caracteriza por el aumento masivo de inclusiones ricas en vapor y la presencia de FIAs con inclusiones ricas en líquido coexistiendo con inclusiones ricas en vapor, que aumentan hacia la superficie. Además, se produce el aumento de texturas de recristalización de sílice amorfa y reemplazo, dominada por la presencia de cuarzo coloforne, crustiforme, rompecabeza, plumoso y cuarzo reemplazando calcita hojosa. Estas características representan los criterios que permiten encontrar posibles zonas de bonanza de alta ley en vetas del distrito minero de Alhué, como el caso de la veta las Pataguas.

Es importante señalar que existen inclusiones ricas en vapor en la zona de enriquecimiento de metales base (bajo el horizonte de ebullición), las cuales, a partir de las observaciones de las fases y las razones líquido-vapor, se asocian a temperaturas bajo los 350°C, mientras que las FIAs de ebullición que se ubican sobre el horizonte indican temperaturas alrededor de 250°C. La diferencia de temperaturas asociada a una variación en las razones de fases presentes en las inclusiones podría indicar la existencia de al menos dos eventos de mineralización, lo que explica la presencia de pulsos o máximos locales de metales preciosos bajo el horizonte de ebullición, como se observa en la Figura 55, donde el oro presenta peaks en la zona de metales base, indicando posiblemente la existencia de más de un horizonte de ebullición que podría encontrarse entre las cotas 610 y 670 aproximadamente, zona en la cual no se cuenta con muestras para su análisis, por lo tanto, pero que podría explicar este hecho.

Por último, se observan FIAs ricas en vapor en las muestras más profundas analizadas, este tipo de inclusiones indican un proceso de evaporación rápida, producido por un fracturamiento hidráulico, posiblemente debido a esfuerzos tectónicos que fracturan la roca, lo que sugiere que un horizonte asociado a este tipo de FIAs puede encontrarse a mayor profundidad y por lo tanto una zona de bonanza económicamente importante.

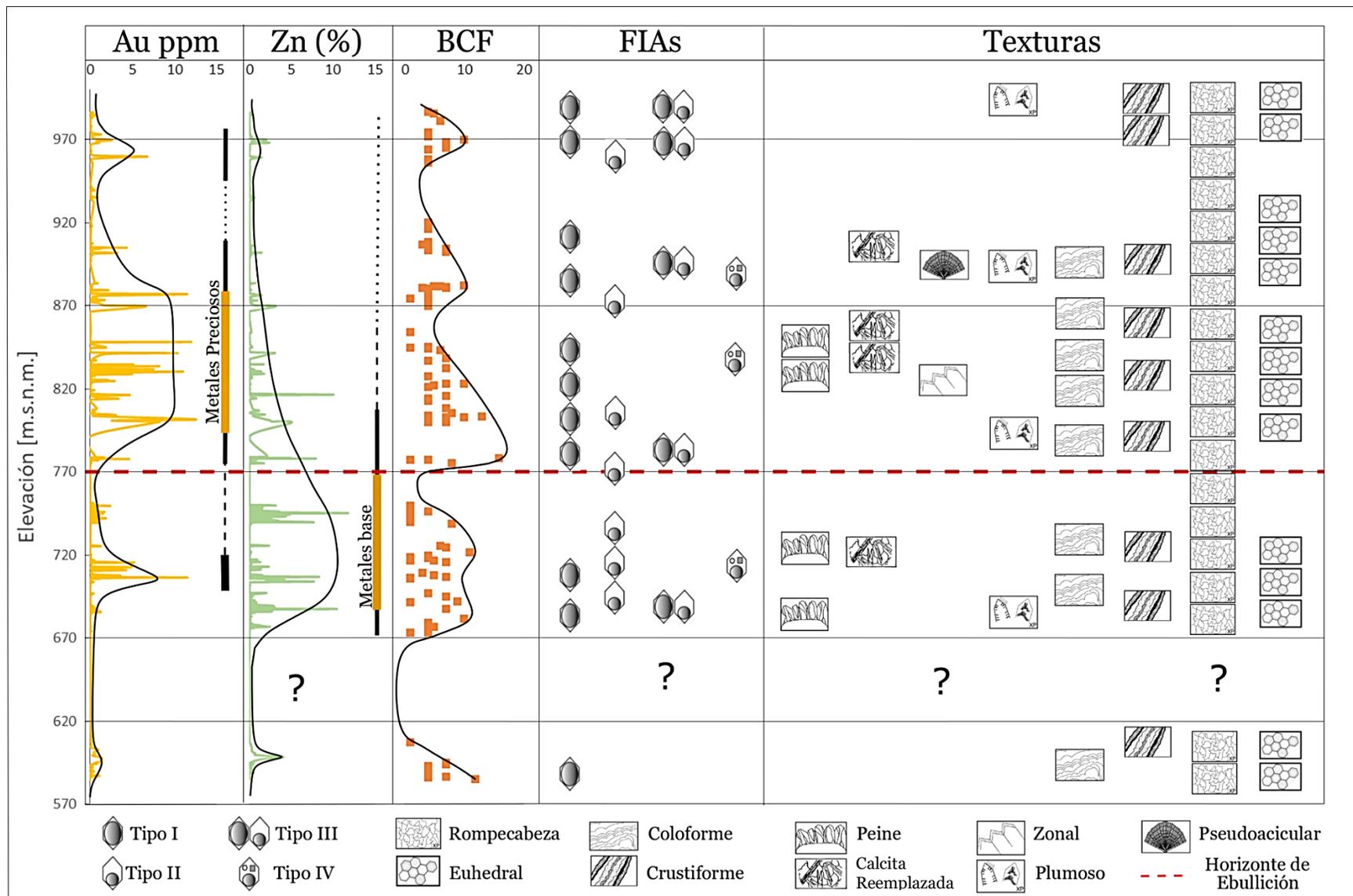


Figura 55: Diagrama resumen en profundidad mostrando las concentraciones de Au y Zn, los datos de BCF, Los tipos de FIA y texturas más representativas y su abundancia relativa, el horizonte de ebullición para la veta las Pataguas.

7 CONCLUSIONES

El objetivo de este estudio fue establecer criterios para la exploración a partir de la caracterización y clasificación de texturas minerales e inclusiones fluidas de las muestras de la veta las Pataguas en el distrito minero de Alhué. Para ello fue fundamental encontrar evidencias de la ebullición como mecanismo de precipitación dominante en la veta y la identificación del horizonte de ebullición.

En primer lugar, la descripción macroscópica tanto mineralógica como textural reveló la existencia de variadas texturas en cuarzo, asociaciones minerales de mena, alteración y relaciones de corte que dan cuenta de diferentes etapas hacia la formación de la veta las Pataguas. Esta se encuentra emplazada en rocas volcánicas andesíticas y tobas que varían de litocristalinas a fluidales, lo que se condice con las rocas establecidas por Thomas (1958), para la Formación lo Valle. Las evidencias de sondajes transversales realizados a la veta sugieren que hubo un desplazamiento normal en la estructura mostrando bruscos cambios en la química de algunos elementos a ambos lados de la veta, indicando la existencia tanto de posibles esfuerzos tectónicos que deforman y fracturan la roca, como cambios litológicos en profundidad y lateralmente. La ganga se caracteriza principalmente por la presencia de cuarzo cristalino traslúcido, blanco y gris, y calcita que se presenta en vetillas, rellenando espacios abiertos y cavidades; las texturas que caracterizan la ganga comprenden cuarzo coliforme, crustiforme, cuarzo reemplazando calcita hojosa, peineta, zonal, calcita rómbica y trazas de calcita hojosa. La mineralogía de mena y fases sulfuradas incluye electrum, pirita, esfalerita, galena y calcopirita; entre los óxidos e hidróxidos se encuentra magnetita, hematita especular y limonita. Dentro de las asociaciones minerales más comunes se encuentra esfalerita + galena \pm pirita \pm calcopirita \pm (magnetita, especularita) y en profundidad se encuentra magnetita \pm hematita \pm pirita. El estilo de mineralización comprende fases diseminadas, en cúmulos y bandas, como matriz junto con cuarzo en brechas y en vetillas. Además, se identificó la presencia de clorita, epidota, actinolita, granate y calcita en asociación con la mineralogía metálica.

En cuanto a la petrografía microscópica, se identificó la presencia de texturas minerales que comprenden evidencia de ebullición tales como la rompecabeza en el 98 % de las muestras, le siguen texturas coliformes y calcita hojosa reemplazada por cuarzo y plumoso, en menor cantidad se encuentra la presencia de cuarzo pseudoacicular y calcedonia. Se identificó la presencia de cristales de cuarzo euhedral a subhedral aislados o en mosaico asociado a la mineralización. En cuanto a las texturas de no ebullición se reconoce la presencia de cuarzo peineta, zonal y calcita rómbica. En cuanto a las inclusiones fluidas se reconocen 4 tipos principales, FIAs ricas en vapor (Tipo I) las que representan el tipo más abundante y casi ubicuo en el sistema, asociada a un proceso de evaporación rápida (*flashing*); FIAs ricas en líquido (Tipo II) de baja proporción; FIAs con inclusiones rica en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido (Tipo III), las que se asociación a un proceso de ebullición o "*boiling*"; y por último FIAs ricas en líquido con cristales sólidos de halita (Tipo IV). La mayor proporción de arreglos de inclusiones fluidas se identificaron en cristales de cuarzo euhedral a subhedral, cuarzo rompecabeza y cristales de cuarzo prismático en texturas crustiforme. En cuanto a la mineralogía de mena, se caracteriza por la presencia de galena y esfalerita como asociación principal junto con pirita y calcopirita en menor proporción, se identificó la presencia de calcopirita como emulsión en esfalerita y granos de electrum inmerso en cuarzo rompecabeza y coliforme,

lo que señala que la ebullición es un mecanismo eficiente en la precipitación de Au y Ag en la veta las Pataguas.

El estudio petrográfico en conjunto con el análisis de los datos químicos de la veta las Pataguas permite establecer una paragénesis parcial de los eventos mineralizadores en la formación de la zonas de mena importante, esta incluye 3 etapas principales: (1) Etapa de pre-mineralización, caracterizada por el fracturamiento del sistema, la consiguiente alteración de la roca caja producto de fluidos hidrotermales Na-Ca, provocando la precipitación de carbonatos y el posterior reemplazo por cuarzo con texturas rompecabezas, euhedral y cuarzo peine; (2) Etapa de mineralización, caracterizada por la precipitación de sulfuros masivos y metales preciosos ; (3) Etapa de post-mineralización, caracterizada por la apertura del sistema, el relleno por carbonatos y una posterior oxidación leve del sistema.

La presencia de FIAs con inclusiones ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido y FIAs con inclusiones solo ricas en vapor; la presencia de texturas clave como rompecabeza, euhedral mosaico, coloforme y calcita hojosa reemplazada por cuarzo; la precipitación de galena, esfalerita, pirita, calcopirita y electrum, inmersas y asociadas a estas texturas de recristalización y reemplazo, sugiere que la ebullición es el mecanismo de precipitación de la mineralogía de mena (Au-Ag-Zn) más importante en la veta las Pataguas.

En cuanto a los fluidos mineralizantes, solo se logró estimar un rango de temperatura a partir de las razones de fases de las inclusiones asociadas a ebullición y Ag en el electrum, las que señalan temperaturas entre 250 y 362°C. En este rango de temperaturas los complejos sulfurados son dominantes en el transporte de metales preciosos y metales base y por lo tanto controlan el transporte de la mineralogía de mena en la veta las Pataguas. También, a partir de la proporción de Ag en el electrum, se obtuvo una temperatura de 470°C aproximadamente, la cual es consistente con la presencia de granate en algunas de las muestras observadas.

La presencia de FIAs ricas en vapor y FIAs ricas en vapor en coexistencia con ricas en líquido en superficie, así como la presencia de texturas masivas de cuarzo gris y verde, texturas coloformes y rompecabezas, representan indicadores claves para la exploración dentro de la veta las Pataguas, las que pueden ser usadas y expandir el estudio a otras áreas en el distrito minero de Alhué.

La disposición de las texturas minerales, los arreglos de inclusiones fluidas, las evidencias mineralógicas y el BCF, permiten establecer criterios de exploración basados en la distribución de las evidencias observadas, permitiendo identificar la ubicación de un horizonte de ebullición alrededor de la cota 770, esto se sustenta con la distribución que muestran los datos geoquímico, los cuales señalan que dicho horizonte de ebullición delimita una zona rica en metales base y Ag en profundidad y una zona rica en metales preciosos hacia la superficie. La zona ubicada sobre el horizonte se caracteriza por el aumento de texturas minerales asociadas a ebullición como lo son las texturas coloformes, rompecabeza, plumoso y un aumento en la formación de inclusiones ricas en vapor e inclusiones ricas en vapor coexistiendo con inclusiones ricas en líquido. Esto demuestra la eficiencia del estudio realizado como aplicación para la exploración de zonas de interés económico en la veta las Pataguas.

Existe un telescopio de la mineralización en zonas superficiales de la veta, añadiendo la existencia importante de texturas minerales e inclusiones fluidas ricas en líquido y rica en vapor, que dan cuenta de cuerpos más profundos canalizado a través de la veta-falla y brechas hidrotermales que caracteriza la veta las pataguas y gran parte de las vetas en el distrito. Por lo tanto, estas evidencias permiten guiar la exploración hacia las posibles zonas de enriquecimiento metálico en la veta las Pataguas.

La presencia de inclusiones fluidas ricas en vapor en las muestras más profundas estudiadas, indica que un proceso de evaporación rápida se formaría en zonas más profundas y posiblemente un horizonte de ebullición, al cual puede estar asociado una zona bonanza enriquecida en metales preciosos de alta ley. Por lo tanto, se propone expandir la exploración hacia zonas de mayor profundidad en la veta las Pataguas.

Por último, se concluye que el estudio petrográfico de inclusiones fluidas y texturas minerales permite establecer criterios para la exploración de zonas de enriquecimiento metálico en sistemas hidrotermales como la veta las Pataguas, estableciendo una metodología rápida, de bajo costo y expandible a otras áreas del distrito.

8 BIBLIOGRAFÍA

- Adams, S. (1920). A microscopic study of vein quartz. *Economic Geology*, 15 (8), 623–664.
- Albinson, T., Norman, D. I., Cole, D., & Chomiak, B. (2001). Controls on formation of low-sulfidation epithermal deposits in Mexico: Constraints from fluid inclusion and stable isotope data. *Society of Economic Geologists Special Publication*, 8, 1-32.
- André-Mayer, A.-S., Leroy, J., Bailly, L., Chauvet, A., Marcoux, E., Grancea, L., & Rosas, J. (2002). Boiling and vertical mineralization zoning: a case study from the Apacheta low-sulfidation epithermal gold-silver deposit, southern Peru. *Mineralium Deposita*, 37(5), 452–464.
- Araya, M. (2001). Informe Geológico e evaluación de recursos del Distrito Minero Alhué. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 39.
- Bodnar, R. J. (1982). Fluid inclusions in porphyry-type deposits. Course Notes, Mineral Deposits Research Review for Industry. Penn. State University, April 6-9 2012.
- Bodnar, R., Burnham, C., & Sterner, S. (1985). Synthetic fluid inclusions in natural quartz. III. Determination of phase equilibrium properties in the system H₂O-NaCl to 1000°C and 1500 bars. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 49 (9), 1861-1873.
- Bodnar, R. J. Reynolds, T.J., Kuehn, C.A. (1985). Fluid-inclusion systematics in epithermal systems. *Reviews in Economic Geology* 2, 73–97.
- Brown, K. L. (1986). Gold deposition from geothermal discharges in New Zealand. *Economic Geology* 81 (4), 979–983.
- Browne, P.R.L. (1978). Hydrothermal alteration in active geothermal fields: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 6, 229-250.
- Browne, P.R.L., Ellis, A.J. (1970). The Ohaaki-Broadlands hydrothermal area, New Zealand: mineralogy and related geochemistry: *American Journal of Science*, 269, 97-131.
- Buchanan, L. J. (1979). The Las Torres Mines, Guanajuato, Mexico: Ore controls of a fossil geothermal system. Unpublished Ph. D. dissertation, Colorado School of Mines, Golden, Colorado, 138.
- Buchanan, L. J. (1981). Precious metal deposits associated with volcanic environments in the Southwest. *Arizona Geological Survey Digest*, 14: 237-262.
- Camprubí, A., & Albinson, T. (2006). Depósitos epitermales en México: actualización de su conocimiento y reclasificación empírica. *Bol. Soc. Geol. Mex* [online]. 2006, vol.58, n.1, 27-81.
- Camprubí, A., & Albinson, T. (2007). Epithermal deposits in México - update of current knowledge, and an empirical reclassification. *Geological Society of America Special Paper*, 422, 377–415.
- Camprubí, A., González-Partida, E., Levresse, G., Tritlla, J., & Carrillo-Chávez, A. (2003). Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 56, 10-18.

- Castro, D. (2017). Evaluación de Tecnologías Hiperespectrales en la Caracterización Mineral de Yacimientos para Aplicaciones Geometalúrgicas: Caso Aplicado a Mina Florida, Distrito Minero Alhué, Región Metropolitana, Chile. Memoria para optar al título de Geóloga. Tesis para optar al grado de magister en ciencias, mención geología, Universidad de Chile, Santiago. 234.
- Chinchón, J. (2018). Documentos sobre inclusiones fluidas V: Caracterización petrográfica y textural del distrito epitermal de Cerro Bayo, XI Región, Chile. Memoria para optar al título de geólogo, Santiago, Departamento de geología, Universidad de Chile. 222.
- Cline, J.S., Bodnar, R.J., Rimstidt, J.D. (1992). Numerical simulation of fluid flow and silica transport and deposition in boiling hydrothermal solutions: Application to epithermal gold deposits. *Journal of Geophysical Research* 97 (B6), 9085–9103.
- Corbett, G.J., Leach, T.M. (1998), Southwest Pacific rim gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization: Society of Economic Geologists, Special Publication, 6, 238.
- Diamond, L. W. (2003). Introduction to gas-bearing aqueous fluid inclusions. In Samson, I., Anderson, A., Marshall, D. (Eds.). *Fluid Inclusions: Analysis and Interpretation*. 32, 101-158.
- Dong, G., Morrison, G., & Jaireth, S. (1995). Quartz textures in epithermal veins, Queensland classification, origin and implication. *Economic Geology*, 90 (6), 1841–1856.
- Dong, G., & Morrison, G. W. (1995). Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. *Mineralium Deposita*, 30(1), 11-19.
- Drummond, S E and Ohmoto, H. (1985). Chemical evolution and mineral deposition in boiling hydrothermal system, *Econ. Geol.* 80, pp.126-147
- Etoh, J., Izawa, E., Watanabe, K., Taguchi, S., Sekine, R. (2002). Bladed quartz and its relationship to gold mineralization in the Hishikari low-sulfidation epithermal gold deposit, Japan. *Economic Geology* 97 (8), 1841–1851.
- Fournier, R. O. (1985). The behavior of silica in hydrothermal solutions. *Reviews in Economic Geology* 2, 45–61.
- Fournier, R. O. (1987). Conceptual models of brine evolution in magmatic hydrothermal systems: U.S. Geological Survey Professional Paper 1350, p. 1487-1506.
- Fuentealba, C. (2002). Geología y Mineralización de Oro en el Distrito Minero de Alhué, Cordillera de la Costa de Chile Central. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile. 96 p.
- Gammons, C. H., & Barnes, H. L. (1989). The solubility of Ag₂S in near-neutral aqueous sulfide solutions at 25 to 300°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 279-290.
- Gammons, C. H., Yu, Y., & Williams-Jones, A. (1997). The disproportionation of gold (I) chloride complexes at 25 to 200°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61(10), 1971-1983.

- Gammons, C.H., Williams-Jones, A.E. (1997). Chemical mobility of gold in the porphyry–epithermal environment. *Economic Geology*, 92, 45-59.
- Goldfarb, R. J., Hofstra, A. H. & Simmons, S. F. (2016). Critical Elements in Carlin, Epithermal, and Orogenic Gold Deposits. Society of Economic Geologist. Inc. 217-244p.
- Goldstein, R. (2003). Petrographic analysis of fluid inclusions. Mineralogical Association of Canada, Short Course 32: 9-53p.
- Goldstein, R. & Reynolds, T. (1994). Systematics of Fluid Inclusions in Diagenetic Minerals. Society for Sedimentary Geology. Short Course 31: 199.
- Gomez, A. (2019). Fluidos mineralizantes del distrito minero de Alhué, Chile. Memoria de título para optar al grado de magister en ciencias mención geología, Universidad de Chile, Santiago.
- Gropper, J. (2011) Franjas Metalogénicas de Edad Jurásica y Cretácica en la Cordillera de la Costa de Chile Central, entre los 32° y los 35° 20' de Latitud Sur. Santiago. Memoria de título para optar al grado de Geólogo, Universidad de Chile, Departamento de Geología. 132.
- Hedenquist, J. W. (1986). Geothermal systems in the Taupo volcanic zone: their characteristics and relation to volcanism and mineralization, in Smith, I.E.M., ed., Late Cenozoic volcanism in New Zealand: Royal Society of New Zealand Bulletin, v. 23, p. 134–168.
- Hedenquist, J. W. (1987). Mineralization associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin, in Horn, M.K., ed., Circum Pacific Energy and Mineral Resources Conference, 4th, Singapore, 1986, Transactions: American Association of Petroleum Geologists, p. 513-524.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A. and Eliseo, G.-U. (2000). Exploration for epithermal gold deposits. *Society of Economic Geologists Reviews*, 13: 245-277.
- Hedenquist, J. W., Henley, R.W. (1985). The importance of CO₂ on freezing point measurements of fluid inclusions: evidence from active geothermal systems and implications for epithermal ore deposition: *Economic Geology*, 80, 1379-1406.
- Hedenquist, J. W., Lowenstern, J.B. (1994). The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits: *Nature*, 370, 519-527.
- Henley, R. W. (1990). Ore transport and deposition in epithermal environments. *Stable Isotopes and Fluid Processes in Mineralization*, 23, 51-69.
- Henley, R. W. (1991). Epithermal gold deposits in volcanic terranes, in Foster, R.P. (ed.), *Gold metallogeny and exploration*: London, Reino Unido, Blackie, 133-164.
- Henley, R. W., Brown, K.L. (1985). A practical guide to the thermodynamics of geothermal fluids and hydrothermal ore deposits. *Reviews in Economic Geology* 2, 25–44.
- Henley, R. W., & Hughes, G. (2000). Underground fumaroles: “Excess heat” effects in vein formation. *Economic Geology*, 95 (3), 453–466.

- Herreros, D. (2009). Caracterización Geológica Y Antecedentes Microtermométricos De La Veta Peumo Distrito Valencia, Región Metropolitana, Chile. Memoria para optar al título de Geóloga, Universidad de Concepción, Chile. 106.
- Johnson JW, Oelkers E. H., Helgeson H. C. (1992). SUPCRT92: A software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bar and 0 to 1000°C. *Computers & Geosciences* 18: 899-947.
- Lindgren, W. (1933). *Mineral deposits*, 4th edition: New York and London, McGraw- Hill Book Company, 930.
- Melentyev, B. N., Ivanenko, V. V., & Pamfilova, L. A. (1970). Solubility of some ore-forming sulfides under hydrothermal conditions. *Geochem. Internat.*, 7, 416-460.
- Moncada, D., & Bodnar, R. J. (2012). Gangue mineral textures and fluid inclusion characteristics of the Santa Margarita Vein in the Guanajuato Mining District, Mexico. *Central European Journal of Geosciences*, 4(2), 300-309.
- Moncada, D., Baker, D., & Bodnar, R. J. (2017). Mineralogical, petrographic and fluid inclusion evidence for the link between boiling and epithermal Ag-Au mineralization in the La Luz area, Guanajuato Mining District, México. 89, 143-170.
- Moncada, D., Mutchler, S., Nieto, A., Reynolds, T., Rimstidt, J., & Bodnar, R. (2012). Mineral Textures and fluid inclusion petrography of the epithermal Ag-Au deposits at Guanajato, Mexico: Application to exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, 114, 20-35.
- MOP, (2016). Carta Caminera, Región de Valparaiso- Región Metropolitana, Ministerio de Obras Públicas. <http://www.mapas.mop.cl/cc2016/v-xiii.jpg>.
- Morrison, G. W., Jaireth, S., & Dong, G. (1990). Textural zoning in epithermal quartz veins. *Queensland: Klondike Exploration Services*, 21.
- Nasi, C; Thiele, R. (1982). Estratigrafía del Jurásico y Cretácico de la Cordillera de la Costa al sur del río Maipo, entre Melipilla y Laguna de Aculeo (Chile Central). *Revista Geológica de Chile*. N° 16, pp. 81-99.
- Nesbitt, B.E., Murowchick, J.B., Muehlenbachs, K., 1986. Dualorigin of lode-gold deposits in the Canadian Cordillera. *Geology* 14, 506–509.
- Pearson R. G. (1963) Hard and soft acids and bases. *Journal of the American Chemical Society* 85: 3533–3539.
- Piñana, S. (1993). Mineralización epitermal de oro distrito minero "El Membrillo de Alhué". Memoria para optar al título de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile, Depto. de Geología y Geofísica. 121.
- Poblete, J. (2008). Geología, alteración y mineralización en los prospectos Au - Ag Las Bellas y Don Bernardo, Comuna de Alhué, Región Metropolitana. Memoria para optar al Título de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile, Departamento de Geología. 102.
- Pokrovski, G. S., Akinfiyev, N. N., Borisova, A. Y., Zotov, A. V., & Kouzmanov, K. (2014). Gold speciation and transport in geological fluids: Insights from experiments and

- physiscal-chemical modelling. Geological Society London Special Publications, 402, 9-70.
- Pokrovski G. S., Tagirov B. R, Schott J, Hazemann J-L, and Proux O. (2009) A new view of gold speciation in sulfur-bearing hydrothermal fluids from in-situ X-ray absorption spectroscopy and quantum chemical modelling. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 73: 5406–5427.
- Roedder, E. (1984). Fluid inclusions. *Reviews in Mineralogy*, 12, 644.
- Romero, N; Mundaca, P. (1997). Geología del Distrito Minero Alhué. Informe Inédito. S.L.M. Las Cenizas. 55.
- Romero, N. (1997). Modelo Estructural preliminar del Distrito Minero Alhué. Informe Inédito S.L.M. LAS CENIZAS. 46.
- Ruaya, J.R., Seward, T.M. (1986). The stability of chloro–zinc (II) complexes in hydrothermal solutions up to 350 °C. *Geochim. Cosmochim. Acta* 50, 651–662.
- Sepúlveda, F. (2004). Caracterización geológica y antecedentes microtermométricos de la Veta Lorena, Distrito Minero Alhué, Región Metropolitana, Chile. Memoria para optar al título de Geólogo, Universidad de Concepción, Chile. 85.
- SERNAGEOMIN. (2003). Mapa Geológico de Chile: versión digital, publicación geológica digital, No 4, Santiago, Chile, Servicio Nacional de Geología y Minería, escala 1:1000 000.
- Seward, T. (1973). Thio complexes of gold and the transport of gold in hydrothermal ore solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37(3), 379-399.
- Seward, T. (1989). The hydrothermal chemistry of gold and its implications for ore formation: boiling and conductive cooling as examples. *Economic Geology Monograph*, 6, 398-404.
- Shenberger, D., & Barnes, H. (1989). Solubility of gold in aqueous sulfide solutions from 150 to 350°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53(2), 269-278.
- Silberman, M.L., Stewart, J.H., McKee, E.H. (1976). Igneous activity, tectonics and hydrothermal precious-metal mineralization in the Great Basin during Cenozoic time: *AIME Transactions*, 260, 253-263.
- Sillitoe, R.H. (1977). Metallic mineralization affiliated to subaerial volcanism, in *Volcanic processes in ore genesis*: London, Institution of Mining and Metallurgy, p. 99-116.
- Sillitoe, R. H. and Bonham H. E, (1984). Volcanic landforms and ore deposits. *Economic Geology* 79, 1286-1298.
- Simmons, S. F. (1995). Magmatic contributions to low-sulfidation epithermal deposits, in Thompson, J.F.H. (ed.), *Magma, Fluids and Ore Deposits*: Ontario, Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 23, 455-477.
- Simmons, S. F. and Christenson, B. W. (1994). Origins of calcite in a boiling geothermal system. *American Journal of Science* 294, 361-400.

- Stefansson, A., & Seward, T. M. (2003). Experimental determination of the stability and stoichiometry of sulphide complexes of silver (I) in hydrothermal solutions to 400°C. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67(7), 1395–1413.
- Stefansson, A., & Seward, T. M. (2004). Gold (I) complexing in aqueous sulphide solutions to 500°C at 500 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 4121-4143.
- Sugaki, A., D. Scott, S., Hayashi, K., & Kitakaze, A. (1989). Ag₂S solubility in sulfide solutions up to 250°C. *Geochemical Journal*, 21, 291-305.
- Tagirov, B. R., Seward, T. M. (2010). Hydrosulfide/sulfide complexes of zinc to 250 °C and the thermodynamic properties of sphalerite. *Chemical Geology*. Vol 269: 301-311.
- Tagirov B. R, Suleimenov O.M., and Seward T. M. (2007). Zinc complexation in aqueous sulfide solution: Determination of the stoichiometry and stability of complexes via ZnS(cr) solubility measurements at 100°C and 150 bar. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71: 4942–4953.
- Thomas, H. (1958). Geología de la Cordillera de la Costa, entre el valle de La Ligua y la cuesta Barriga. *Boletín N°2, Institución de Investigaciones Geológicas*. 86.
- Townley B. K., (2006). Metalogénesis: Hidrotermalismo y Modelos de yacimientos, Geología Económica, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Vlassopoulos, D., & Wood, S. A. (1990). Gold speciation in natural waters: I. Solubility and hydrolysis of gold in aqueous solutions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 3-12.
- Wall, R; Gana, P; Gutiérrez, A. (1996). Mapa Geológico del área de San Antonio- Melipilla. Regiones de Valparaíso, Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Mapa geológico N° 2, escala 1:100.000. 20.
- White J. L., Orr R.L. & Hultgren R (1957), The thermodynamic properties of silver-gold alloys. *Acta Met.* 5, 747-760
- White, N. C., Leake, M. J., McCaughey, S. N., and Parris, B. W. (1995). Epithermal deposits of the southwest Pacific: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 54, p. 87-136.
- White, N. C. & Hedenquist, J. W. (1995). Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. *Society of Economic Geologist newsletter*. Vol 23: 1-13.
- White, N.C. and Hedenquist, J.W. (1990). Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 36, p. 445-474.
- Wilkinson, J. j. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. *Lithos*, 55(1-4), 229–272.
- Williams-Jones, A. E., Howell, R. J., & Migdisov, A. A. (2009). Gold in Solution. *Elements*, 5, 281-287.
- Williams-Jones, A. E., & Migdisov, A. (2013). The Chemistry of Metal Transport and Deposition by Ore-Forming Hydrothermal Fluids. En: *Treatise on Geochemistry, Chapter: Volume 13: Geochemistry of Mineral Deposits*. Heinrich Holland and Karl Turekian (Eds.), 29-57

Anexo A:

Tabla 10: Descripción de sondajes CLDFH0028. Datos compartidos por el equipo de geología de exploraciones de Minera Florida.

DH_Hole	DH_From	DH_To	LENGTH	ROCK_TYPE	LONG_DESCRIPTION	DH_East	DH_North	DH_RL
CLDFDH0028	0	7	7	TCL	Toba Criatalolitica	315893	6236092	779
CLDFDH0028	7	8	1	F	Roca de Falla	315896	6236093	779
CLDFDH0028	8	9.1	1.1	TCL	Toba Criatalolitica	315897	6236093	779
CLDFDH0028	9.1	10.6	1.5	F	Roca de Falla	315899	6236094	779
CLDFDH0028	10.6	40.7	30.1	TCL	Toba Criatalolitica	315914	6236098	778
CLDFDH0028	40.7	41	0.3	F	Roca de Falla	315928	6236103	778
CLDFDH0028	41	47.3	6.3	TCL	Toba Criatalolitica	315932	6236103	778
CLDFDH0028	47.3	49.1	1.8	FAN	Filon Andesitico	315935	6236105	778
CLDFDH0028	49.1	64.35	15.25	TCL	Toba Criatalolitica	315944	6236107	778
CLDFDH0028	64.35	66.45	2.1	F	Roca de Falla	315952	6236110	778
CLDFDH0028	66.45	78.5	12.05	TCL	Toba Criatalolitica	315959	6236112	778
CLDFDH0028	78.5	80.3	1.8	F	Roca de Falla	315965	6236114	778
CLDFDH0028	80.3	92.1	11.8	TCL	Toba Criatalolitica	315972	6236116	778
CLDFDH0028	92.1	95.8	3.7	FAN	Filon Andesitico	315979	6236118	777
CLDFDH0028	95.8	116.3	20.5	TCL	Toba Criatalolitica	315991	6236121	777
CLDFDH0028	116.3	116.65	0.35	F	Roca de Falla	316001	6236124	777
CLDFDH0028	116.65	121.95	5.3	TCL	Toba Criatalolitica	316003	6236125	777
CLDFDH0028	121.95	122.25	0.3	HBX	Brecha Hidrotermal	316006	6236126	777
CLDFDH0028	122.25	122.7	0.45	TCL	Toba Criatalolitica	316007	6236126	777
CLDFDH0028	122.7	123.4	0.7	HBX	Brecha Hidrotermal	316007	6236126	777
CLDFDH0028	123.4	124.75	1.35	TCL	Toba Criatalolitica	316008	6236126	777
CLDFDH0028	124.75	126.6	1.85	F	Roca de Falla	316010	6236127	777
CLDFDH0028	126.6	131	4.4	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	316013	6236128	777
CLDFDH0028	131	133	2	HBX	Brecha Hidrotermal	316016	6236129	777
CLDFDH0028	133	134.2	1.2	TCL	Toba Criatalolitica	316017	6236129	777
CLDFDH0028	134.2	136.15	1.95	HBX	Brecha Hidrotermal	316019	6236130	777
CLDFDH0028	136.15	138.2	2.05	TCL	Toba Criatalolitica	316021	6236130	777
CLDFDH0028	138.2	138.75	0.55	HBX	Brecha Hidrotermal	316022	6236131	777
CLDFDH0028	138.75	140.1	1.35	TCL	Toba Criatalolitica	316023	6236131	777
CLDFDH0028	140.1	141.62	1.52	HBX	Brecha Hidrotermal	316024	6236131	777
CLDFDH0028	141.62	143.56	1.94	TCL	Toba Criatalolitica	316026	6236132	777
CLDFDH0028	143.56	143.8	0.24	F	Roca de Falla	316027	6236132	777
CLDFDH0028	143.8	144.52	0.72	TCL	Toba Criatalolitica	316027	6236132	777
CLDFDH0028	144.52	145.53	1.01	HBX	Brecha Hidrotermal	316028	6236132	777
CLDFDH0028	145.53	149.34	3.81	TCL	Toba Criatalolitica	316030	6236133	777
CLDFDH0028	149.34	151.54	2.2	TLC	Toba Litocristalina	316033	6236134	777
CLDFDH0028	151.54	152.9	1.36	TBX	Toba Brechosa	316035	6236134	777
CLDFDH0028	152.9	154.48	1.58	TLC	Toba Litocristalina	316036	6236135	777
CLDFDH0028	154.48	154.56	0.08	GGs	Falla	316037	6236135	777
CLDFDH0028	154.56	155.02	0.46	TLC	Toba Litocristalina	316037	6236135	777
CLDFDH0028	155.02	155.08	0.06	F	Roca de Falla	316038	6236135	777
CLDFDH0028	155.08	155.2	0.12	TLC	Toba Litocristalina	316038	6236135	777
CLDFDH0028	155.2	158.09	2.89	TBX	Toba Brechosa	316039	6236136	777
CLDFDH0028	158.09	160.66	2.57	TLC	Toba Litocristalina	316042	6236137	777
CLDFDH0028	160.66	162.27	1.61	TCL	Toba Criatalolitica	316044	6236137	777
CLDFDH0028	162.27	163.03	0.76	F	Roca de Falla	316045	6236137	777

DH_Hole	DH_From	DH_To	LENGTH	Code	Description	DH_East	DH_North	DH_RL
CLDFDH0028	163.03	165.62	2.59	TLC	Toba Litocristalina	316047	6236138	777
CLDFDH0028	165.62	174.52	8.9	TBX	Toba Brechosa	316052	6236140	776
CLDFDH0028	174.52	174.58	0.06	F	Roca de Falla	316056	6236141	776
CLDFDH0028	174.58	176.51	1.93	TBX	Toba Brechosa	316057	6236141	776
CLDFDH0028	176.51	178.67	2.16	F	Roca de Falla	316059	6236142	776
CLDFDH0028	178.67	179.69	1.02	TBX	Toba Brechosa	316061	6236142	776
CLDFDH0028	179.69	179.97	0.28	F	Roca de Falla	316061	6236142	776
CLDFDH0028	179.97	182	2.03	TBX	Toba Brechosa	316063	6236143	776
CLDFDH0028	182	182.2	0.2	HBX	Brecha Hidrotermal	316064	6236143	776
CLDFDH0028	182.2	185.9	3.7	TBX	Toba Brechosa	316066	6236144	776
CLDFDH0028	185.9	188	2.1	FAN	Filon Andesitico	316068	6236144	776
CLDFDH0028	188	189.3	1.3	F	Roca de Falla	316070	6236145	776
CLDFDH0028	189.3	195.8	6.5	TBX	Toba Brechosa	316074	6236146	776

Anexo B:

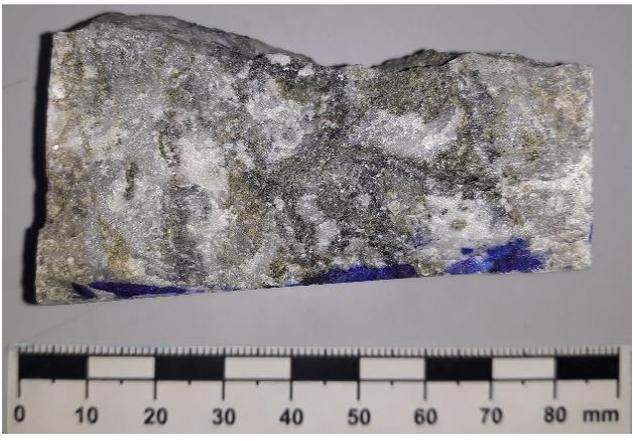
Tabla 11: Descripción de sondajes CLDFH0029. Datos compartidos por el equipo de geología de exploraciones de Minera Florida.

DH_Hole	DH_From	DH_To	LENGTH	Code	Description	DH_East	DH_North	DH_RL
CLDFDH0029	0	0.37	0.37	TCL	Toba Criatalolitica	320627	6329632	778
CLDFDH0029	0.37	1.36	0.99	F	Roca de Falla	320628	6329632	777
CLDFDH0029	1.36	7.62	6.26	TCL	Toba Criatalolitica	320631	6329633	775
CLDFDH0029	7.62	8.14	0.52	GGG	Falla	320634	6329634	774
CLDFDH0029	8.14	9.8	1.66	TCL	Toba Criatalolitica	320635	6329635	773
CLDFDH0029	9.8	9.9	0.1	GGG	Falla	320635	6329635	773
CLDFDH0029	9.9	10	0.1	TCL	Toba Criatalolitica	320636	6329635	773
CLDFDH0029	10	10.3	0.3	F	Roca de Falla	320636	6329635	772
CLDFDH0029	10.3	22.83	12.53	TCL	Toba Criatalolitica	320641	6329637	769
CLDFDH0029	22.83	22.93	0.1	F	Roca de Falla	320646	6329638	766
CLDFDH0029	22.93	24.24	1.31	TCL	Toba Criatalolitica	320647	6329638	765
CLDFDH0029	24.24	24.3	0.06	F	Roca de Falla	320647	6329639	765
CLDFDH0029	24.3	32.74	8.44	TCL	Toba Criatalolitica	320651	6329640	763
CLDFDH0029	32.74	37.55	4.81	TBX	Toba Brechosa	320656	6329641	759
CLDFDH0029	37.55	38.6	1.05	TCL	Toba Criatalolitica	320659	6329642	758
CLDFDH0029	38.6	45.95	7.35	TBX	Toba Brechosa	320662	6329643	756
CLDFDH0029	45.95	46.63	0.68	F	Roca de Falla	320665	6329644	753
CLDFDH0029	46.63	49.47	2.84	TBX	Toba Brechosa	320667	6329645	752
CLDFDH0029	49.47	50.88	1.41	FAN	Filon Andesitico	320669	6329645	751
CLDFDH0029	50.88	51.65	0.77	F	Roca de Falla	320669	6329646	751
CLDFDH0029	51.65	52.5	0.85	GGG	Falla	320670	6329646	750
CLDFDH0029	52.5	53.56	1.06	F	Roca de Falla	320671	6329646	750
CLDFDH0029	53.56	57.05	3.49	TLC	Toba Litocristalina	320673	6329647	749
CLDFDH0029	57.05	58.26	1.21	TBX	Toba Brechosa	320675	6329647	747
CLDFDH0029	58.26	71	12.74	TBX	Toba Brechosa	320681	6329649	744
CLDFDH0029	71	75.7	4.7	AND	Andesita	320688	6329651	739
CLDFDH0029	75.7	82.12	6.42	TCR	Toba Cristalina	320692	6329653	736
CLDFDH0029	82.12	82.45	0.33	GGG	Falla	320695	6329654	735
CLDFDH0029	82.45	100.05	17.6	TBX	Toba Brechosa	320703	6329656	730
CLDFDH0029	100.05	100.15	0.1	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320710	6329658	725
CLDFDH0029	100.15	103.4	3.25	TBX	Toba Brechosa	320711	6329659	725
CLDFDH0029	103.4	108.55	5.15	FAN	Filon Andesitico	320715	6329660	722
CLDFDH0029	108.55	110.18	1.63	TBX	Toba Brechosa	320718	6329661	721
CLDFDH0029	110.18	116	5.82	TCR	Toba Cristalina	320721	6329662	719
CLDFDH0029	116	119.1	3.1	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320724	6329663	716
CLDFDH0029	119.1	119.5	0.4	HBX	Brecha Hidrotermal	320726	6329663	716
CLDFDH0029	119.5	122.8	3.3	HBX	Brecha Hidrotermal	320727	6329664	715

DH_Hole	DH_From	DH_To	LENGTH	Code	Description	DH_East	DH_North	DH_RL
CLDFDH0029	122.8	124.5	1.7	TCR	Toba Cristalina	320730	6329664	713
CLDFDH0029	124.5	125.1	0.6	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320730	6329665	713
CLDFDH0029	125.1	125.9	0.8	TCR	Toba Cristalina	320731	6329665	712
CLDFDH0029	125.9	126.55	0.65	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320732	6329665	712
CLDFDH0029	126.55	127.4	0.85	TCR	Toba Cristalina	320732	6329665	712
CLDFDH0029	127.4	127.55	0.15	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320733	6329665	711
CLDFDH0029	127.55	127.92	0.37	TCR	Toba Cristalina	320733	6329665	711
CLDFDH0029	127.92	128.55	0.63	HBX	Brecha Hidrotermal	320733	6329666	711
CLDFDH0029	128.55	129.7	1.15	TCR	Toba Cristalina	320734	6329666	711
CLDFDH0029	129.7	130.35	0.65	HBX	Brecha Hidrotermal	320735	6329666	710
CLDFDH0029	130.35	131.2	0.85	HBX	Brecha Hidrotermal	320735	6329666	710
CLDFDH0029	131.2	132.1	0.9	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320736	6329666	709
CLDFDH0029	132.1	134.25	2.15	HBX	Brecha Hidrotermal	320737	6329667	708
CLDFDH0029	134.25	134.75	0.5	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320739	6329667	708
CLDFDH0029	134.75	135.4	0.65	TCR	Toba Cristalina	320739	6329667	707
CLDFDH0029	135.4	136.2	0.8	HBX	Brecha Hidrotermal	320740	6329668	707
CLDFDH0029	136.2	138.5	2.3	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320741	6329668	706
CLDFDH0029	138.5	139.15	0.65	TCR	Toba Cristalina	320742	6329668	706
CLDFDH0029	139.15	141.25	2.1	HBX	Brecha Hidrotermal	320743	6329669	705
CLDFDH0029	141.25	141.5	0.25	TCR	Toba Cristalina	320744	6329669	704
CLDFDH0029	141.5	142.5	1	MQV	Veta Masiva de Cuarzo	320745	6329669	704
CLDFDH0029	142.5	148.4	5.9	BCO	Brecha de Contacto	320748	6329670	702
CLDFDH0029	148.4	163.25	14.85	AND	Andesita	320756	6329673	697
CLDFDH0029	163.25	168.2	4.95	AR	Arenisca	320764	6329675	692
CLDFDH0029	168.2	191.1	22.9	ANDP	Andesita porfídica	320776	6329679	684
CLDFDH0029	191.1	200.8	9.7	BCO	Brecha de Contacto	320789	6329683	675
CLDFDH0029	200.8	203.5	2.7	ANDP	Andesita porfídica	320794	6329684	672

Anexo C:

Tabla 12: Descripción de muestras de mano de la veta las Pataguas.

Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-1	316XXX	6235XXX	876
<p>Veta masiva de cuarzo con fragmentos líticos que presentan alteración propilítica (clorita + epidota + actinolita), y cálcica (epidota). La mineralización consiste mayormente en galena y esfalerita, menor calcopirita y pirita.</p>			
			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-2	316XXX	6235XXX	873
<p>Veta masiva de cuarzo con calcita, fragmentos líticos de la roca caja presentan alteración propilítica con epidota y clorita principalmente, se observa pirita diseminada y vetillas de epidota. El cuarzo presenta mineralización de galena, pirita y calcopirita leve y abundante hematita cristalina. La mineralización se encuentra en dominios asociada con actinolita y epidota.</p>			
			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-3	316XXX	6235XXX	873
<p>Veta masiva de cuarzo gris y blanco, con fragmentos de roca caja con alteración cálcica fuerte (epidota y clorita)- La mineralización consiste de pirita, galena, esfalerita y hematita cristalina débil, se observa textura de calcita hojosa reemplazada por cuarzo y una vetilla de cuarzo plumoso con un borde mineralizado que pone en contacto la textura rompecabeza con el cuarzo plumoso de la vetilla.</p>			
			

Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-4	316XXX	6235XXX	871

Veta de cuarzo blanco masivo con abundante mineralización de especularita en forma e hojas alargadas y magnetita con forma irregular, esta mineralización se encuentra asociada en una zona junto con calcita rómbica y cuarzo euhedral.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-5	316XXX	6235XXX	870

Muestra que presenta una mineralización intensa de especularita, pirita y menor magnetita en cuarzo rompecabeza, se observa clorita asociada junto con la mineralización.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-6	316XXX	6235XXX	838

Veta masiva de cuarzo blanco con vetilla de epidota, actinolita, trazas de granate y mineralización débil de pirita, calcopirita, galena y hematita cristalina de color rojo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-7	316XXX	6235XXX	837

Muestra de parte de una toba litocristalina con alteración propilítica (clorita, epidota, albita), que presenta pirita y magnetita diseminada, y parte de una vetilla de cuarzo con textura hojosa, probablemente por reemplazo de calcita hojosa, cuarzo rompecabeza y cristales euhedrales.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-8	316XXX	6235XXX	835

Toba litocristalina con alteración propilítica (clorita, albita y epidota) y una alteración cálcica sobrepuesta (epidota), presenta una vetilla de cuarzo blanco con textura masiva y crustiforme.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-9	316XXX	6235XXX	827

Veta masiva de cuarzo blanco con trazas de epidota, clorita y mineralización de pirita, hematita y galena débil inmersa en el cuarzo, presenta textura masiva y parches de textura peñeta.



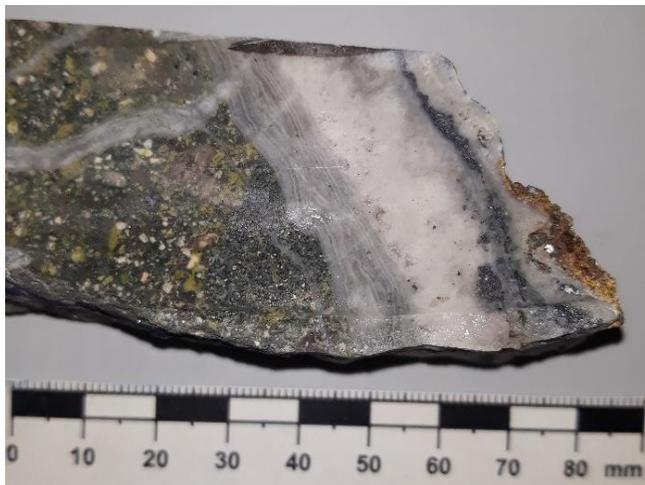
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-10	316XXX	6235XXX	832

Toba litocristalina con alteración propilítica (Clorita, epidota y albita), se observan amígdalas con relleno de epidota en los bordes y cuarzo en el centro. También se observa pirita parcialmente oxidada y diseminada, presenta vetillas de cuarzo blanco y cristalino con mineralización de hematita y magnetita, textura de cuarzo hojoso de reemplazo de carbonatos y rompecabeza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-12	316XXX	6235XXX	823

Toba litocristalina con alteración propilítica fuerte y una alteración cálcica leve sobreimpuesta, presenta una vetilla de cuarzo, de 4 cm de espesor, con textura coliforme translúcida, hacia el centro una textura de cuarzo blanco cristalino, y una banda mineralizada con presencia de galena y esfalerita moderada, y menor pirita, calcopirita y magnetita. Se observa una vetilla de cuarzo translucido masiva de 4 mm de espesor cortando la anterior.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-13	316XXX	6235XXX	823

Toba litocristalina con alteración propilítica, (clorita, epidota, albita). Presenta una vetilla de cuarzo blanco con textura coliforme-crustiforme mixta y una vetilla de menor espesor de cuarzo gris cortando la anterior, que presenta mineralización de calcopirita y galena débil.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-14	316XXX	6235XXX	822

Toba litocristalina con alteración propilítica moderada, presenta una vetilla de cuarzo cristalino y blanco con textura coliforme con la presencia de mineralización de galena, esfalerita, pirita y calcopirita traza, se observa una microvetilla de epidota de 2 mm de espesor cortando la vetilla de cuarzo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-15	316XXX	6235XXX	821

Veta cuarzo blanco con aspecto masivo, con textura hojosa de reemplazo de carbonatos, con cuarzo rompecabeza y euhedral, parches de textura peine en espacios abiertos, no se observa mineralización.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-16	316XXX	6235XXX	815,3

Veta masiva de cuarzo blanco con fragmento de toba litocristalina con alteración propilítica (clorita, epidota y albita), presenta cuarzo peine y mineralización de Gn+Py+Sp+Cpy.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-18	316XXX	6235XXX	812

Roca con una silicificación fuerte y abundante pirita diseminada, presenta una vetilla de cuarzo blanco con textura crustiforme-coloforme con espacios abiertos, se observa un halo mineralizado con clorita, galena, esfalerita, pirita, calcopirita y especularita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-19	316XXX	6235XXX	808

Brecha hidrotermal de cuarzo con fragmentos de toba cristalolítica con alteración propilitica (clorita, epidota y albita) y cálcica moderada a fuerte (epidota), el cuarzo presenta textura cocarda, cuarzo coloforme y hacia el centro cristales euhedrales, se observa mineralización de galena, esfalerita, magnetita, calcopirita y pirita traza asociado con el cuarzo coloforme.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-20	316XXX	62354XXX	805,2

Brecha-Veta hidrotermal con fragmentos líticos que presentan alteración propilitica y cálcica fuerte, con pirita diseminada traza, eventualmente se produjo un cemento con cuarzo verde masivo y posteriormente un pulso de cuarzo cristalino blanco y zonas marrones con textura crustiforme y terminaciones con cuarzo peineta dejando espacios abiertos. Se observa una leve mineralización de pirita, magnetita y calcopirita traza en el cuarzo masivo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-21	316XXX	6235XXX	804

Toba cristalolítica con alteración propilítica (clorita, epidota y albita) y epidotización de plagioclasa, con pirita y magnetita diseminada en la roca caja, presenta vetilleo fuerte de cuarzo blanco con textura coliforme, crustiforme y zonas con cuarzo peine en espacios abiertos, la mineralización consiste en galena y esfalerita débil y trazas de pirita y calcopirita.



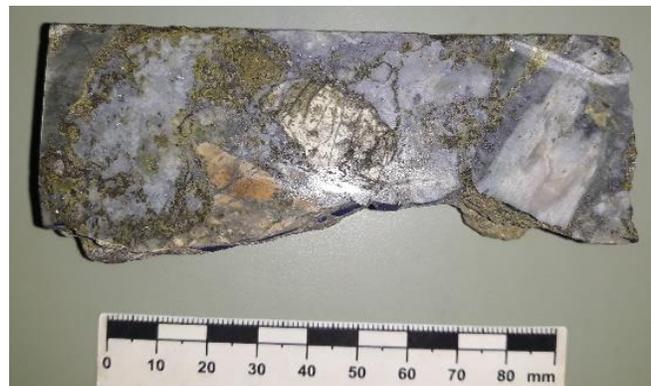
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-22	316XXX	6235XXX	799

Brecha hidrotermal de cuarzo blanco y gris masivo con fragmentos líticos de toba fluidal y cristalina, presenta epidota en vetillas discontinuas y sinuosas, con mineralización de pirita, galena, esfalerita, calcopirita y especularita, junto a esta se observa clorita y actinolita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-23	316XXX	6235XXX	800

Veta-Brecha hidrotermal de cuarzo gris masivo con fragmentos de toba, abundante presencia de clorita, epidota y actinolita, la mineralización consiste en galena mayormente con esfalerita, pirita y calcopirita débil.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-24	316XXX	6235XXX	687,5

Toba cristalina con alteración propilítica (clorita, epidota y albita), presenta vetilla de cuarzo blanco con textura coloforme-crustiforme, parches de cuarzo peineta y calcita hojosa, la mineralización consiste en esfalerita, galena, pirita y calcopirita la mineralización se observa en el contacto entre la roca caja y la vetilla.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-25	316XXX	6235XXX	779

Veta masiva de cuarzo blanco con mineralización de esfalerita, galena, calcopirita y pirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-26	316XXX	6235XXX	778

Espécimen que muestra una brechización con cuarzo masivo y leve mineralización de galena, esfalerita y calcopirita, se observa una vetilla con cuarzo blanco con textura hojosa reemplazando carbonatos tipo hojosa y una textura coloforme que rodea parte de la textura de reemplazo, siendo el evento más tardío en la muestra.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-27	316XXX	6235XXX	775

Toba cristalolítica con albitización y propilitización moderada. Se observa un vetilleo y una zona de brecha con cuarzo blanco cristalino con textura coloforme, crustiforme y peineta en cavidades, presenta mineralización de galena, esfalerita, pirita y calcopirita en bandas discontinuas asociada con el cuarzo coloforme, eventualmente precipito el cuarzo crustiforme y luego cuarzo peine como terminaciones en espacios aún abiertos.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-28	316XXX	6235XXX	853

Brecha con matriz de calcita y fragmentos de toba y andesita, presenta mineralización de magnetita traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-29	316XXX	6235XXX	986

Andesita o filón andesítico con textura afanítica con magnetismo moderado a fuerte, presenta una vetilla de cuarzo con abundante epidota y actinolita, menor calcita y mineralización traza de galena.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-30	316XXX	6235XXX	985

Andesita o filón andesítico con magnetismo alto, presenta una vetilla de cuarzo blanco cristalino con textura crustiforme cortada por una microvetilla de epidota y clorita, se observa mineralización traza de pirita, calcopirita y esfalerita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-31	316XXX	6235XXX	981

Arenisca cuarcífera roja con vetilleo de cuarzo blanco masivo, presencia de actinolita, mineralización de pirita y calcopirita traza



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-32	316XXX	6235XXX	972,5

Andesita peperítica que presenta vetilleo intenso de carácter brechosa con cuarzo masivo donde se observan pequeños cristales de granate, la roca presenta alteración propilítica moderada y la mineralización corresponde a galena, esfalerita y pirita débil a traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-33	316XXX	6235XXX	972

Andesita peperítica con stockwork de cuarzo blanco masivo, presenta vetilleo de actinolita más epidota cortada por vetillas de cuarzo blanco y estas cortadas por vetillas de actinolita más granate, la mineralización corresponde a galena, esfalerita y calcopirita traza en vetillas de cuarzo y también asociada con granate.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-34	316XXX	6235XXX	970

Toba litocristalina que presenta una vetilla de cuarzo con textura crustiforme, con un borde de cuarzo rompecabeza y mineralización de galena más esfalerita fuerte, y calcopirita más pirita traza, la roca caja presenta alteración propilitica (clorita, epidota) y potásica (feldespato potásico).



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-35	316XXX	6235XXX	968

Brecha hidrotermal con cuarzo blanco masivo y una mineralización fuerte de calcopirita, pirita, esfalerita y galena, los fragmentos de roca caja presentan alteración cálcica (epidota).



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-36	316XXX	6235XXX	968

Brecha hidrotermal con cuarzo blanco con textura coloforme-crustiforme y masiva, presenta una mineralización intensa de galena, pirita, esfalerita y galena, la roca caja presenta alteración cálcica moderada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-37	316XXX	6235XXX	964

Andesita afanítica o filón andesítico de color negro grisáceo, presenta una vetilla de cuarzo blanco con textura crustiforme, además se observa una vetilla de menor espesor con mineralización de pirita, galena y esfalerita.



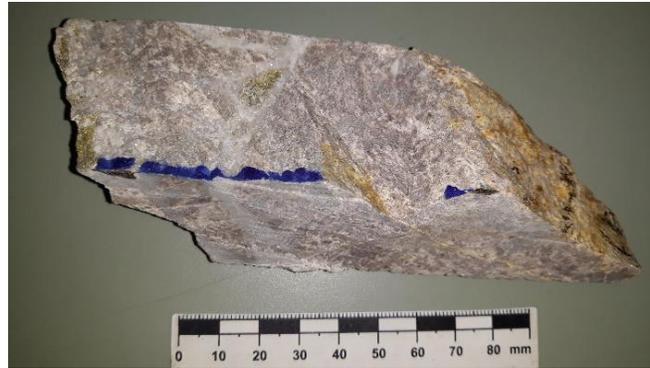
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-38	316XXX	6235XXX	974

Roca caja de color rosado (rodonita?), que presenta vetilleo de cuarzo masivo tipo stockwork débil de color verdoso (clorita y epidota), y presenta mineralización de pirita en vetilla y diseminada en la roca caja.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-39	316XXX	6235XXX	973

Toba fluidal (riolítica) con stockwork de cuarzo blanco masivo tipo brecha, presenta fracturas con patinas de óxidos de Fe y pirolusita, se observan zonas de cuarzo con textura peineta y epidota, la mineralización presente corresponde a pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-42	316XXX	6235XXX	958

Roca obliterada fuertemente propilitizada (clorita y epidota) y silicificada, presenta epidota, clorita, turmalina, cuarzo verde, cuarzo blanco y pirita diseminada y en vetillas de carácter discontinua.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-43	316XXX	6235XXX	956

Roca obliterada fuertemente propilitizada (clorita, actinolita y epidota), con silicificación fuerte, cuarzo masivo, granate traza, epidota y clorita, la mineralización corresponde a pirita diseminada en la roca caja y galena, esfalerita, pirita y calcopirita en el cuarzo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-44	316XXX	6235XXX	681

Toba cristalolítica con alteración propilítica (clorita, albita y epidota), silicificación moderada y con pirita diseminada leve. Presenta vetileo de cuarzo coloforme y masivo gris cortado por vetillas de cuarzo blanco y cristalino con texturas crustiforme, se observa apertura de vetillas con cuarzo peineta y mineralización traza de galena, pirita y esfalerita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-45	316XXX	6235XXX	679

Toba litocristalina con alteración propilítica moderada (clorita, albita y epidota), presenta vetileo de cuarzo cristalino con texturas crustiforme y peineta (espacios abiertos), presenta mineralización de esfalerita, galena y pirita con cristales de 4 mm en espacio abierto.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-46	316XXX	6235XXX	677

Brecha-veta de cuarzo mineralizada con fragmentos que presentan alteración propilítica y cálcica fuerte (clorita, epidota), el cuarzo es de color gris con textura masiva, la mineralización presente se caracteriza por abundante esfalerita y galena y en menor cantidad calcopirita y pirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-47	316XXX	6235XXX	676

Veta-brecha hidrotermal con pequeños fragmentos con alteración propilítica (clorita y epidota), con cuarzo verdgris con mineralización de esfalerita y galena, se observan vetillas de cuarzo crustiforme de color blanco cortando la veta mineralizada.



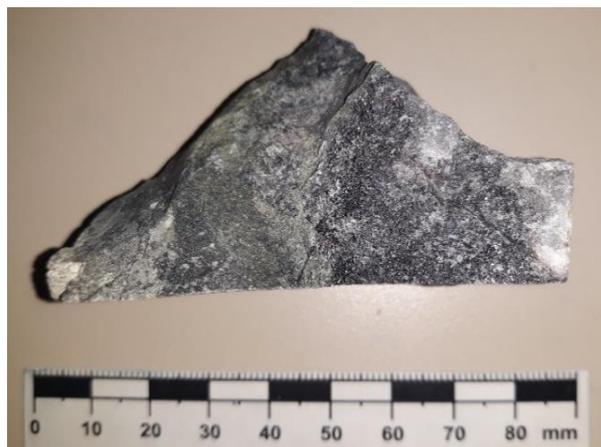
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-48	316XXX	6235XXX	673

Veta masiva de cuarzo con textura masiva y parches de cuarzo peineta, presenta fragmentos líticos con alteración propilítica y cálcica (clorita y epidota), se observa mineralización de calcopirita y pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-49	316XXX	6235XXX	673

Veta masiva de cuarzo gris con presencia de calcita masiva, se observan fragmentos líticos con alteración cálcica fuerte y presenta mineralización de especularita, galena y esfalerita intensa.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-50	316XXX	6235XXX	697

Toba lítica con alteración propilítica y mineralización de pirita diseminada fuerte, presenta vetillas de cuarzo gris de 2 mm de espesor, con halo clorita, se observa mineralización de magnetita en vetillas como halo junto con clorita y epidota.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-52	316XXX	6235XXX	695

Toba litocristalina con alteración propilítica, con vetilleo intenso y sinuoso e irregular de cuarzo crustiforme-coloforme y zonal, presenta mineralización de pirita diseminada en la toba y galena y calcopirita en vetilla de cuarzo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-53	316XXX	6235XXX	691

Toba litocristalina con alteración propilítica, presenta vetilla mineralizada de esfalerita, galena, calcopirita y cuarzo, cortada por vetilla de cuarzo con textura crustiforme.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-54	316XXX	6235XXX	691

Toba litocristalina con alteración propilítica, presenta vetilleo de cuarzo blanco y claro con textura crustiforme y masiva, se observa mineralización de esfalerita, galena, pirita y calcopirita.



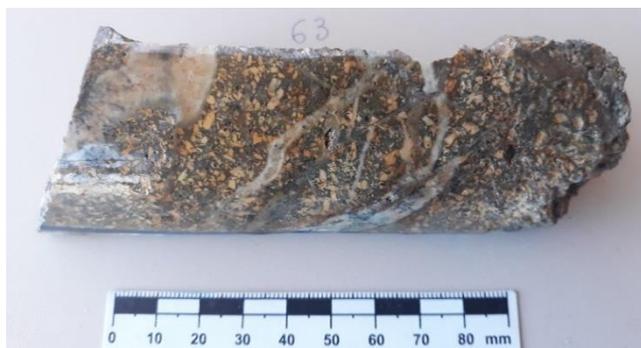
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-62	315XXX	6235XXX	777

Veta masiva de cuarzo con sulfuros oxidados, se observa una oxidación global de la roca y en patinas de óxidos de Fe y Mn.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-63	315XXX	6235XXX	776

Toba cristalina con alteración propilítica y óxidos de hierro sobreimpuesta, presenta vetilla de cuarzo blanco masivo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-64	315XXX	6235XXX	776

Toba cristalina con vetilla de cuarzo de 4 centímetros y stockwork moderado en la roca caja con alteración propilítica (clorita, albita y epidota), presenta pirita oxidada traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-65	315XXX	6235XXX	776

Veta de cuarzo blanco con textura masiva, coliforme y parches de textura peineta en espacios abiertos, presenta una oxidación y cambio en la coloración del cuarzo con tonos marrones.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-66	315XXX	6235XXX	716

Veta masiva de cuarzo blanco con mineralización de galena moderada, esfalerita y pirita traza, presenta clorita, actinolita y epidota en asociación junto con la mineralización.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-68	315XXX	6235XXX	716

Veta masiva de cuarzo blanco, no se observa mineralización, presenta una oxidación leve.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-69	315XXX	6235XXX	716

Toba cristalolítica con stockwork de cuarzo blanco cristalino intenso, presenta alteración cálcica y cuarzo con textura crustiforme y masiva.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-70	315XXX	6235XXX	715

Veta masiva de cuarzo blanco con alteración cálcica y mineralización de galena, calcopirita y pirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-71	315XXX	6235XXX	710

Veta de cuarzo blanco con textura masiva presenta una apertura donde precipitó cuarzo peineta y mineralización de galena, esfalerita y pirita. Se observa además la presencia de epidota y clorita junto a la mineralización.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-72	315XXX	6235XXX	709

Veta masiva de cuarzo blanco con textura hojosa de reemplazo de carbonatos y mineralización de galena, esfalerita y pirita, asociada con abundante epidota, clorita y actinolita en bandas.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-73	315XXX	6235XXX	707

Veta masiva de cuarzo blanco y cristalino, presenta vetilla con epidota, galena y esfalerita, y se observa pirita diseminada leve.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-74	315XXX	6235XXX	707

Veta masiva de cuarzo con textura hojosa de reemplazo de carbonatos, fragmentos de toba lítica y mineralización de pirita diseminada traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-75	316XXX	6235XXX	908

Toba cristalina con alteración propilitica y vetilleo de cuarzo blanco con textura crustiforme-coloforme y mineralización de magnetita masiva, pirita y calcopirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-76	316XXX	6235XXX	907

Veta de cuarzo blanco con textura masiva y peineta, con mineralización de especularita y pirita moderada, presenta óxidos de Fe y limonita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-77	316XXX	6235XXX	907

Toba cristalolítica con alteración cálcica y vetillas de cuarzo cristalino con textura coloforme y mineralización de pirita diseminada en la roca caja.



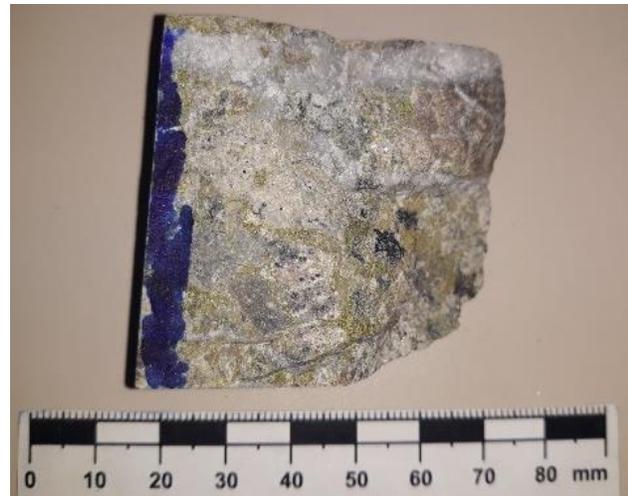
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-78	316X	6235XXX	904

Brecha hidrotermal con fragmento de toba litocrystalina con alteración cálcica fuerte y propilítica moderada (epidota, clorita y albita) cuarzo verde, presenta cuarzo con textura crustiforme-coloforme.



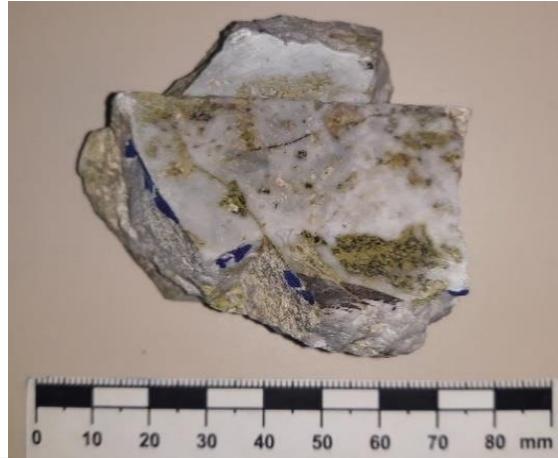
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-79	316XXX	6235XXX	904

Toba litocrystalina con brechización, presenta cuarzo blanco con textura masiva alteración cálcica y propilítica (clorita y epidota), mineralización de pirita y calcopirita diseminada y presencia de turmalina.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-80	316XXX	6235XXX	903

Veta masiva de cuarzo blanco con fragmentos de toba lítica, presencia de epidota y turmalina, y mineralización de pirita diseminada. Los fragmentos líticos de la roca caja presentan alteración cálcica intensa.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-81	316XXX	6235XXX	902

Veta masiva de cuarzo blanco con sulfuros oxidados, presencia de hematita, limonita y trazas de galena y calcopirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-82	316XXX	6235XXX	902

Veta de cuarzo con textura masiva y crustiforme, presenta mineralización de pirita y calcopirita diseminada, y fragmentos líticos con alteración propilítica.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-83	315XXX	6235XXX	719

Toba litocristalina con cuarzo masivo y textura hojosa de reemplazo de calcita hojosa, presenta mineralización de especularita y pirita oxidada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-84	315XXX	6235XXX	718

Roca con silicificación con cuarzo verde y mineralización de pirita diseminada, presenta abundante limonita en toda la roca y óxidos de manganeso.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-85	315XXX	6235XXX	718

Brecha hidrotermal de cuarzo masivo con fragmentos con alteración cálcica y sulfuros oxidados.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-88	315XXX	6235XXX	706

Toba litocristalina con alteración propilítica (clorita, epidota y albita), silicificación de cuarzo verde y vetilleo de cuarzo blanco con textura peineta y masiva, presenta pirita diseminada en la roca caja.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-89	315XXX	6235XXX	706

Toba litocristalina con alteración propilítica (clorita, albita y epidota) y silicificación, presenta cuarzo verde y vetillas de cuarzo blanco cristalino.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-90	315XXX	6235XXX	706

Toba fluidal con silicificación, presencia de cuarzo blanco y verde masivo con mineralización de pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-91	315XXX	6235XXX	705

Toba cristalofísica brechosa con silicificación y alteración propilítica, pirita diseminada, galena y esfalerita en vetilla leve.



	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-92	315XXX	6235XXX	705

Toba cristalina con alteración propilítica y microvetillas de cuarzo blanco, presenta mineralización de pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-93	316XXX	6235XXX	749

Veta de cuarzo gris masiva con mineralización de galena y esfalerita moderada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-94	3161XXX	6235XXX	749

Veta masiva de cuarzo con mineralización de galena fuerte, esfalerita, calcopirita y pirita moderada, se observa areniscas rojas.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-95	316XXX	6235XXX	750

Andesita peperítica con mineralización de galena, esfalerita, calcopirita y pirita, presenta cuarzo masivo en microvetillas.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-96	316XXX	6235XXX	748

Veta masiva de cuarzo con mineralización de galena, esfalerita y calcopirita.



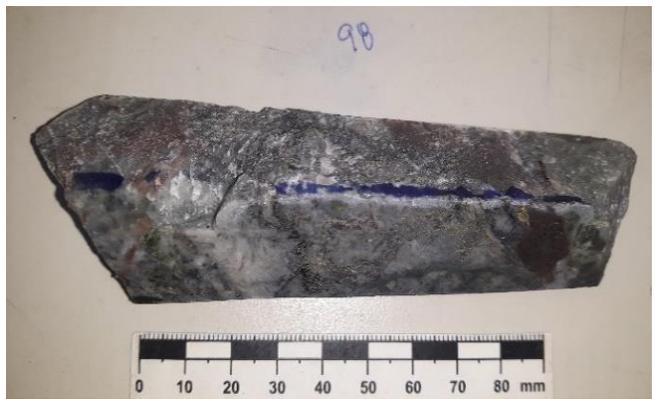
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-97	316XXX	6235XXX	747

Veta masiva de cuarzo blanco y gris con mineralización de galena, esfalerita, pirita y calcopirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-98	316XXX	6235XXX	746

Veta masiva de cuarzo tipo brecha con alteración propilítica, presenta cuarzo verde y gris con mineralización de esfalerita, galena, calcopirita y pirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-99	316XXX	6235XXX	744

Veta de cuarzo verde y gris masiva con fragmentos líticos con alteración propilítica y mineralización de galena, calcopirita y esfalerita en vetilla, y pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-100	316XXX	6235XXX	743

Veta masiva de cuarzo verde y gris con mineralización fuerte de esfalerita, galena, calcopirita y pirita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-101	316XXX	6235XXX	740

Veta masiva de cuarzo gris con mineralización de esfalerita y galena moderada, calcopirita débil y pirita traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-102	316XXX	6235XXX	791

Roca fuertemente alterada con pirita diseminada y cuarzo leve en vetillas.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-104	316XXX	6235XXX	845

Toba cristalización silicificación y vetillo de cuarzo sinuoso con textura crustiforme y alteración propilítica.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-105	316XXX	6235XXX	844

Toba litocristalina con brechización de cuarzo blanco y cristalino con textura coloforme y alteración propilítica leve (clorita y epidota).



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-106	316XXX	6235XXX	843

Toba litocristalina con vetilleo leve de cuarzo blanco con textura hojosa de reemplazo de carbonatos, pirita diseminada y alteración propilítica leve (clorita, albita y epidota).



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-107	316XXX	6235XXX	841

Roca fuertemente silicificada con óxidos de Fe y Mn, epidota y mineralización de pirita diseminada, galena débil y cuarzo masivo.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-108	316XXX	6235XXX	844

Toba litocristalina con alteración cálcica (epidota), presenta vetilla de cuarzo con textura crustiforme-coloforme y pirita oxidada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-109	316XXX	6235XXX	920

Toba fluidal con vetilleo de cuarzo blanco masivo y alteración propilítica, se observa mineralización de pirita diseminada en la roca caja.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-110	316XXX	6235XXX	918

Toba fluidal con silicificación y vetilleo sinuoso de cuarzo blanco y gris masivo, con alteración propilitica y presencia de epidota, actinolita, clorita y granate, presenta mineralización de pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-111	316XXX	6235XXX	916

Toba brechosa con silicificación y vetilleo sinuoso de cuarzo blanco y gris masivo, con alteración de epidota, clorita y mineralización de pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-119	316XXX	6235XXX	880

Muestra de brecha de calcita rómbica y hojosa, se observan bandas alrededor de los fragmentos que toman un aspecto coloforne.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-123	316XXX	6235XXX	881

Muestra de calcita rómbica cristalina y calcita hojosa en parches sobre la calcita rómbica, no se observa mineralización.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-124	316XXX	6235XXX	724

Brecha con abundante cuarzo masivo, con precipitación de cuarzo con textura peineta y calcita rómbica de gran tamaño.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-125	316XXX	6235XXX	722

Toba cristalina silicificada con vetilleo de cuarzo blanco con textura coliforme-crustiforme y calcita hojosa reemplazada, presenta pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-126	316XXX	6235XXX	719

Veta masiva de cuarzo gris con mineralización de pirita, presenta calcita cristalina y mineralización de galena, esfalerita, calcopirita, pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-127	316XXX	6235XXX	717

Toba litocristalina con alteración propilítica y mineralización de pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-128	316XXX	6235XXX	725

Toba cristalina silicificada con alteración cálcica y propilítica, presenta vetilleo de cuarzo crustiforme, peine y zonal de color blanco con mineralización de calcopirita magnetita traza en vetillas junto con epidota cortadas por vetillas de cuarzo crustiforme.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-129	316XXX	6235XXX	738

Toba lítica con alteración propilítica (clorita, albita y menor) y cálcica (epidota), presenta vetilla de cuarzo con textura coloforme y mineralización de galena, esfalerita y calcopirita, además presenta pirita diseminada en la toba.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-149	316XXX	6235XXX	803

Muestra de veta de cuarzo gris con textura coloforme y rompecabeza con abundante epidota, clorita, actinolita y calcita, presenta mineralización de esfalerita abundante, galena, pirita y calcopirita moderada a débil y presencia de electrum. Se observan cristales de calcita de hasta 5 mm.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-151	316XXX	6235XXX	802

Muestra de veta de cuarzo gris con fragmentos líticos con alteración propilítica y cálcica. Presenta textura coloforme y rompecabeza con abundante epidota, clorita, actinolita y calcita, presenta mineralización de esfalerita abundante, galena, pirita y calcopirita moderada a débil y presencia de electrum.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-151	316XXX	6235XXX	802

Muestra de veta de cuarzo gris con textura coloforme y rompecabeza con abundante epidota, clorita, actinolita y calcita, presenta mineralización de esfalerita abundante, galena, pirita y calcopirita moderada a débil y presencia de electrum.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-160	316XXX	6235XXX	595

Veta masiva de cuarzo blanco con mineralización de magnetita masiva abundante, pirita y calcopirita diseminada moderada a débil.



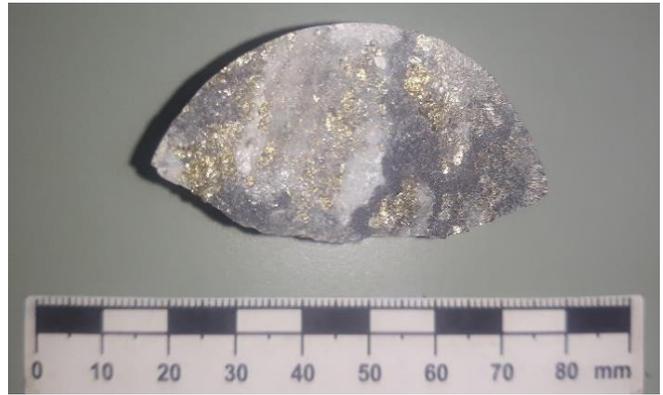
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-161	316XXX	6235XXX	594

Veta de cuarzo gris con abundante mineralización de pirita diseminada y galena moderada, cortada por vetilla de cuarzo coloforme-crustiforme de color blanco.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-163	316XXX	6235XXX	590

Veta masiva de cuarzo blanco con mineralización de magnetita masiva fuerte, pirita y calcopirita moderada y clorita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-164	316XXX	6235XXX	589

Veta masiva de cuarzo blanco tipo brecha con mineralización de magnetita moderada, pirita débil y calcopirita traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-165	316XXX	6235XXX	587

Toba cristalina con alteración propilítica (clorita, epidota y albita), presenta vetilla de cuarzo blanco con textura coloforme, y mineralización de magnetita masiva fuerte, pirita moderada a débil y calcopirita traza.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-166	316XXX	6235XXX	586

Toba cristalina tipo brecha con alteración propilítica (clorita, epidota y albita), presenta vetilleo de cuarzo blanco con textura masiva y coloforme-crustiforme, se observa mineralización de magnetita y pirita asociada a la vetilla.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-167	316XXX	6235XXX	585

Toba cristalina tipo brecha con alteración propilítica, presenta vetilleo de cuarzo blanco con textura masiva y coloforme-crustiforme, se observa mineralización de magnetita y pirita como banda asociada a la vetilla.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-168	316XXX	6235XXX	882

Toba litocristalina tipo brecha con alteración hidrotermal y alteración propilítica (clorita, albita y epidota), presenta vetilleo de cuarzo blanco con textura hojosa de reemplazo de calcita y coloforme, se observa mineralización de pirita en la roca caja.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-169	316XXX	6235XXX	882

Toba litocristalina con vetilleo de cuarzo blanco crustiforme y masivo, presenta alteración argílica y hematita.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-170	316XXX	6235XXX	881

Veta masiva tipo brecha hidrotermal con cuarzo masivo y crustiforme, presenta fragmentos de toba lítica con alteración propilítica (corita, epidota y albita), y pirita diseminada.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-171	316XXX	6235XXX	880

Veta-Brecha hidrotermal que presenta un vetilleo tipo stockwork en la roca caja, seguido de una zona de brecha y posteriormente una zona de veta masiva hacia el centro con textura de cuarzo hojoso de reemplazo de carbonatos, no se observa mineralización en estas estructuras, pero si una vetilla de 4 mm de espesor de cuarzo coliforme con trazas de galena y esfalerita. La roca caja presenta alteración propilítica.



Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-11	316XXX	6235XXX	827	DM-17	316XXX	6235XXX	814
Veta de cuarzo blanco con textura masiva, peineta y zonal, presenta mineralización de pirita, calcopirita y magnetita.				Veta masiva de cuarzo blanco, con mineralización de galena, pirita y esfalerita, se observan zonas con textura peineta.			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-40	316XXX	6235XXX	964	DM-41	316XXX	6235XXX	963
Toba fluidal (riolítica) con stockwork de cuarzo blanco masivo tipo brecha, presenta fracturas con patinas de óxidos de Fe y pirolusita, se observan zonas de cuarzo con textura peineta y epidota, la mineralización presente corresponde a pirita diseminada.				Toba fluidal (riolítica) con stockwork de cuarzo blanco masivo tipo brecha, presenta fracturas con patinas de óxidos de Fe y pirolusita, se observan zonas de cuarzo con textura peineta y epidota, la mineralización presente corresponde a pirita diseminada.			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-67	315XXX	6235XXX	716	DM-86	315XXX	6235XXX	718
Veta masiva de cuarzo blanco con mineralización de pirita y galena trazas.				Roca silicificada de carácter peperítico con cuarzo gris y mineralización de pirita diseminada.			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-87	315XXX	6235XXX	718	DM-103	316XXX	6235XXX	854
Toba litocristalina con solidificación leve y alteración cálcica, presenta mineralización de pirita diseminada.				Toba litocristalina con alteración cálcica y albita, presenta pirita diseminada y espectralita.			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-137	315XXX	6235XXX	607	DM-138	315XXX	6235XXX	596
Toba lítica y fluidal, con vetilleo fino de calcita, presenta pirita diseminada.				Veta de cuarzo masivo de color blanco y gris con mineralización de pirita y calcopirita diseminada.			

Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-139	315962	6235523	594	DM-140	315960	6235521	589
Veta de cuarzo masivo de color blanco y gris con mineralización de pirita diseminada				Veta de cuarzo masivo de color blanco y gris con mineralización de pirita diseminada			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z	Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z
DM-162	316239	6235433	593	DM-172	316354	6235405	880
Veta masiva de cuarzo blanco y gris con silicificación intensa, presenta textura masiva y peine				Brecha hidrotermal con fragmentos de toba lítica, presenta cuarzo con textura masiva y mineralización traza de galena, esfalerita, calcopirita y pirita.			
Código	X WGS84	Y WGS84	POINT_Z				
DM-174	316356	6235408	877				
Veta masiva de cuarzo con mineralización de pirita débil diseminada, galena y calcopirita							

Anexo D:

Tabla 14: Base de datos texturas minerales presentes en cada muestra de la veta las Pataguas.

ID	Acicular	Cal. Hojosa	Plumose	LBRBQ	Coloforme	Crustiforme	Jigsaw	Adularia	L+V rich	V rich	Zonal	Cal Rómbica	Cokade	Comb	Masiva
DM-1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-3	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-6	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-7	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
DM-8	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
DM-9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
DM-10	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-11	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-12	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
DM-13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-14	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
DM-15	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
DM-16	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-17	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
DM-18	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
DM-19	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0
DM-20	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
DM-21	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
DM-22	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-23	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-24	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0
DM-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-26	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0
DM-27	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0
DM-28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-29	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-30	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-31	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
DM-32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-33	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
DM-34	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
DM-35	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-36	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-37	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
DM-38	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-39	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-40	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-42	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-43	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-44	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
DM-45	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
DM-46	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
DM-47	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-48	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
DM-49	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-50	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-52	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0
DM-53	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
DM-54	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
DM-62	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-63	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
DM-64	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-65	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
DM-66	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1

ID	Acicular	Cal. Hojosa	Plumose	LBRBQ	Coloforme	Crustiforme	Jigsaw	Adularia	L+V rich	V rich	Zonal	Cal Rómbica	Cokade	Comb	Masiva
DM-67	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-69	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-70	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
DM-72	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-73	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-74	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-75	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-76	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
DM-77	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-78	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-79	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-80	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-81	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-82	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-83	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
DM-84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-85	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-86	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-87	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-88	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
DM-89	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-90	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-91	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-92	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-94	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
DM-95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-96	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-97	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-98	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-99	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-101	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-103	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-104	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-105	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
DM-106	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-108	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-109	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-110	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
DM-111	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-119	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-123	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-124	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
DM-125	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-126	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
DM-127	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DM-128	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
DM-129	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-137	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-139	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-149	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
DM-150	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
DM-151	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0

ID	Acicular	Cal. Hojosa	Plumose	LBRBQ	Coloforme	Crustiforme	Jigsaw	Adularia	L+V rich	V rich	Zonal	Cal Rómbica	Cokade	Comb	Masiva
DM-160	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-161	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-162	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
DM-163	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-164	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-165	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-166	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-167	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1
DM-168	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
DM-169	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-170	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
DM-171	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
DM-172	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1
DM-173	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1
DM-174	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1

Anexo E:

Tabla 15: Datos tipos de FIAs y presencia en las muestras estudiadas, de la veta las Pataguas.

ID	Mineral	FIA	Clase	Lrich	Vrich	L+V	L+H	L+S	Zonal	Euhedral	Cal	Rómbica	Jigsaw
DM-1	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-3	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-5	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-6	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-7	Qz	1	?	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-7	Qz	2	?	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-9	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-9	Qz	2	sec	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-10	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-11	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-12	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-13	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-15	Qz	1	sec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-17	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-18	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-19	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-20	Qz	2	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-20	Qz	1	sec	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-21	Qz	1	sec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-22	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-23	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-24	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-24	Qz	2	sec	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-26	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-26	Qz	2	sec	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
DM-27	Qz	1	sec	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-27	Qz	2	sec	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-28	Cal	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-28	Cal	2	sec	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-29	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-30	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-31	Qz	1	Sec	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
DM-32	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-33	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-34	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
DM-34	Qz	2	Sec	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0
DM-35	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-36	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

ID	Mineral	FIA	Clase	Lrich	Vrich	L+V	L+H	L+S	Zonal	Euhedral	Cal Rómbica	Jigsaw
DM-37	Qz	1	sec	0	0	1	0	0	0	1	0	0
DM-37	Qz	3	sec	0	0	0	1	1	0	1	0	0
DM-37	Qz	4	sec	0	0	0	1	1	0	1	0	0
DM-37	Qz	2	pri	1	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-38	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-39	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-40	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0
DM-42	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	1
DM-43	QZ	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-44	Qz	1	Sec	0	0	1	0	0	0	1	0	0
DM-44	Qz	2	Sec	0	0	1	0	0	0	1	0	0
DM-45	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-46	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0
DM-47	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-49	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-52	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-53	Qz	1	sec	0	1	1	0	0	0	1	0	0
DM-62	Qz	2	Pri	0	1	0	0	0	0	1	0	0
DM-62	Qz	1	Sec	1	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-63	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-66	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-69	Qz	1	sec	1	1	0	0	0	0	1	0	0
DM-70	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	1
DM-70	Qz	2	Sec	0	0	0	0	1	0	0	0	1
DM-70	Qz	3	Sec	0	0	0	0	1	0	1	0	0
DM-70	Qz	1	Sec	1	0	0	0	0	0	1	0	0
DM-73	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	1
DM-73	Qz	3	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0
DM-73	Qz	2	sec	1	0	0	0	0	0	1	0	1
DM-74	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-75	Qz	1	sec	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-76	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-78	Qz	1	Pri	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-78	Qz	2	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-79	Qz	1	pri	0	1	0	0	0	0	1	0	0
DM-79	Qz	2	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-80	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-81	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1
DM-81	Qz	2	sec	0	0	0	1	1	0	0	0	1
DM-82	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0

ID	Mineral	FIA	Clase	Lrich	Vrich	L+V	L+H	L+S	Zonal	Euhedral	Cal	Rómbica	Jigsaw
DM-85	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-87	Qz	2	Sec	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
DM-87	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-94	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-99	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-101	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-108	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-109	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-110	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-111	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-124	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-125	Cal	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
DM-126	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-128	Qz	1	sec	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0
DM-129	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-149	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-150	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-151	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-161	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-162	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-163	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-164	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-165	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-166	Qz	1	Pri	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
DM-166	Qz	2	pri	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
DM-167	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-167	Qz	2	sec	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
DM-168	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-169	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-170	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-171	Qz	1	Sec	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
DM-171	Qz	2	Pri	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-171	Qz	3	Pri	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-171	Qz	4	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-172	Qz	1	sec	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM-172	Qz	2	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-173	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
DM-173	Qz	2	sec	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
DM-174	Qz	1	Sec	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1

Anexo F:

Tabla 16: Datos geoquímicos de las muestras estudiadas de la veta las Pataguas (Base de datos geoquímicos, Equipo geología de exploración, Minera Florida).

ID	DDH	Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Elevación [msnm]	Au [ppm]	Ag [ppm]	Zn [%]	Pb [%]	Cu [%]	As [ppm]	Cd [ppm]	Fe [%]	Mg [%]	Mn [ppm]	Mo [ppm]	Sb [ppm]
DM-1	DDH38	321148	6329383	876	1.745	4	1.49	0.051	0.037	15	44.6	2.21	0.23	1935	8	12
DM-2	DDH38	321148	6329385	874	0.133	1	0.257	0.03	0.02	19	7.4	2.49	0.5	2510	4	10
DM-3	DDH38	321148	6329386	873	0.3	3	0.959	0.107	0.032	10	30.6	1.69	0.19	1465	6	18
DM-4	DDH38	321148	6329387	871	39.4	13	0.058	0.017	0.001	22	1.6	23.7	0.52	8420	2	17
DM-5	DDH38	321148	6329389	870	6.63	5	3.16	0.09	0.039	152	82.8	15.1	0.27	4010	3	17
DM-6	DDH21	321284	6329300	838	0.253	1	0.091	0.018	0.014	28	2.6	3.32	0.86	2610	1	2.5
DM-7	DDH21	321284	6329301	837	0.088	0.5	0.041	0.014	0.008	22	1	3.08	0.87	2370	2	2.5
DM-8	DDH21	321286	6329303	835	3.48	3	1.735	0.066	0.037	13	57.8	1.53	0.14	900	3	13
DM-9	DDH21	321290	6329310	827	0.06	1	0.018	0.01	0.009	17	0.25	3.88	0.96	2850	1	2.5
DM-10	DDH21	321287	6329305	832	0.539	1	0.059	0.021	0.008	30	1.2	3.69	0.92	3060	1	2.5
DM-11	DDH21	321290	6329310	827	0.06	1	0.018	0.01	0.009	17	0.25	3.88	0.96	2850	1	2.5
DM-12	DDH21	321293	6329315	823	0.061	1	0.157	0.018	0.015	16	4.9	3.82	0.96	2510	1	2.5
DM-13	DDH21	321293	6329315	823	0.061	1	0.157	0.018	0.015	16	4.9	3.82	0.96	2510	1	2.5
DM-14	DDH21	321293	6329316	822	0.047	2	0.026	0.008	0.01	17	0.25	3.55	0.99	2210	1	2.5
DM-15	DDH21	321294	6329317	821	0.055	1	0.025	0.021	0.012	6	0.9	1.15	0.22	611	2	20
DM-16	DDH21	321297	6329323	815	0.728	2	0.347	0.055	0.053	11	11.6	1.42	0.13	673	5	17
DM-17	DDH21	321298	6329324	814	3.38	1	0.838	0.117	0.029	14	29.6	1.73	0.12	527	9	12
DM-18	DDH21	321299	6329325	812	0.037	2	0.092	0.105	0.02	42	3.4	2.27	0.27	492	13	2.5
DM-19	DDH18	321202	6329361	808	0.799	1	0.37	0.058	0.034	32	12.3	2.94	0.62	2400	2	14
DM-20	DDH18	321203	6329364	805	0.059	0.5	0.041	0.013	0.022	35	1.1	4.47	1.14	3420	1	8
DM-21	DDH18	321203	6329366	804	0.538	0.5	0.415	0.088	0.021	15	15.3	2.37	0.34	1690	3	13
DM-22	DDH18	321204	6329370	800	7.5	12	5.03	0.995	0.079	19	215	2.16	0.15	2190	2	16
DM-23	DDH18	321204	6329370	800	7.5	12	5.03	0.995	0.079	19	215	2.16	0.15	2190	2	16
DM-24	DDH25	321027	6329367	687	0.006	0.25	0.011	0.004	0.006	21	0.25	3.91	2.39	2350	0.5	2.5
DM-25	DDH25	321047	6329432	780	0.597	4	2.13	0.567	0.036	12	105	2.39	0.28	1290	1	7
DM-26	DDH25	321047	6329431	778	4.65	20	7.96	2.16	0.105	2.5	507	1.24	0.03	337	2	24
DM-27	DDH25	321046	6329429	775	0.109	6	1.75	0.793	0.045	8	80.7	1.55	0.22	899	5	18
DM-28	DDH25	321060	6329482	854	0.066	0.6	0.24	0.341	0.009	6	8.3	3.03	0.7	7920	0.5	2.5
DM-29	DDH22	321169	6329319	987	0.373	2	0.172	0.057	0.013	115	7.2	7.27	1.41	14100	1	8
DM-30	DDH22	321169	6329320	985	0.033	1	0.041	0.036	0.024	27	1.2	5.14	1.53	4390	1	5
DM-31	DDH22	321169	6329324	981	0.041	0.5	0.028	0.008	0.007	36	0.5	5.85	1.56	4510	1	2.5
DM-32	DDH22	321169	6329330	972	0.447	10	0.082	0.046	0.011	75	2.7	5.12	1.25	3690	1	5
DM-33	DDH22	321169	6329331	972	0.196	2	0.304	0.03	0.028	47	9.6	5.43	1.64	4380	1	2.5
DM-34	DDH22	321169	6329332	970	2.61	8	2.03	0.06	0.087	58	69.6	4.36	1.16	3060	0.5	2.5
DM-35	DDH22	321169	6329334	968	1.095	12	2.41	0.108	0.584	146	82.2	5.64	0.72	3740	2	11
DM-36	DDH22	321169	6329334	968	1.095	12	2.41	0.108	0.584	146	82.2	5.64	0.72	3740	2	11
DM-37	DDH22	321169	6329336	964	0.034	2	0.064	0.025	0.014	24	1.8	5.46	2.06	6330	1	2.5
DM-38	DDH22	321169	6329329	974	0.248	4	0.063	0.036	0.004	157	2.1	5.24	1.16	3400	1	5
DM-39	DDH38	321152	6329312	973	0.216	2	0.045	0.027	0.002	176	2.3	4.53	1.43	2900	0.5	2.5
DM-40	DDH38	321151	6329318	964	0.084	1	0.028	0.007	0.011	41	1.2	1.44	0.09	936	3	2.5
DM-41	DDH38	321151	6329319	963	0.121	0.5	0.008	0.004	0.005	45	0.25	1	0.11	611	1	2.5
DM-42	DDH38	321151	6329322	958	0.143	2	0.071	0.043	0.011	75	2.5	3.83	1.08	4210	3	7
DM-43	DDH38	321151	6329324	956	0.302	2	0.049	0.027	0.01	79	1.9	3.44	0.32	2530	7	12
DM-44	DDH27	321143	6329399	682	0.041	0.25	0.068	0.054	0.007	21	2.5	2.24	0.37	1270	6	5
DM-45	DDH27	321144	6329401	679	0.031	0.6	0.085	0.075	0.008	21	3.1	2.71	0.56	1730	25	5
DM-46	DDH27	321144	6329402	677	0.037	8	1.36	1.37	0.119	25	60.5	2.99	0.59	1530	18	10
DM-47	DDH27	321144	6329403	677	0.069	7.9	2.49	0.833	0.223	18	101.5	2.9	0.57	1470	63	10
DM-48	DDH27	321144	6329406	673	0.027	0.25	0.027	0.005	2E-04	29	0.25	4.59	1.41	5010	0.5	11
DM-49	DDH27	321144	6329406	673	0.027	0.25	0.027	0.005	2E-04	29	0.25	4.59	1.41	5010	0.5	11
DM-50	DDH27	321142	6329387	697	0.41	6.5	2.04	0.981	0.098	15	85.4	2.23	0.25	1090	2	9

ID	DDH	Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Elevación [msnm]	Au [ppm]	Ag [ppm]	Zn [%]	Pb [%]	Cu [%]	As [ppm]	Cd [ppm]	Fe [%]	Mg [%]	Mn [ppm]	Mo [ppm]	Sb [ppm]
DM-51	DDH27	321142	6329387	697	0.41	6.5	2.04	0.981	0.098	15	85.4	2.23	0.25	1090	2	9
DM-52	DDH27	321142	6329389	695	0.038	1.3	0.384	0.273	0.024	11	18.9	2.37	0.38	1520	1	11
DM-53	DDH27	321142	6329391	692	0.035	1.1	0.425	0.181	0.042	14	17.4	1.77	0.21	846	2	17
DM-54	DDH27	321142	6329392	691	0.027	2.3	0.852	0.645	0.042	17	38.1	1.94	0.23	921	2	10
DM-62	DDH28	320753	6329670	777	0.836	8	0.043	5.18	0.011	260	0.9	1.55	0.04	789	5	7
DM-63	DDH28	320756	6329671	777	0.052	1	0.07	0.113	0.008	31	0.25	1.75	0.32	1350	3	5
DM-64	DDH28	320759	6329672	777	0.037	2	0.038	0.117	0.003	26	0.25	1.08	0.15	731	4	9
DM-65	DDH28	320759	6329672	777	0.037	2	0.038	0.117	0.003	26	0.25	1.08	0.15	731	4	9
DM-66	DDH29	320724	6329663	716	0.061	3	0.068	0.068	0.008	29	3	1.58	0.13	714	6	2.5
DM-67	DDH29	320724	6329663	716	0.061	3	0.068	0.068	0.008	29	3	1.58	0.13	714	6	2.5
DM-68	DDH29	320725	6329663	716	0.541	0.5	0.162	0.125	0.011	10	5.6	1.22	0.05	542	6	10
DM-69	DDH29	320726	6329663	716	5.27	2	1.32	0.837	0.023	20	44.9	2.35	0.24	2180	4	5
DM-70	DDH29	320726	6329663	715	0.037	0.5	0.114	0.088	0.012	17	3.8	1.38	0.15	944	9	2.5
DM-71	DDH29	320735	6329666	710	0.069	1	0.032	0.068	0.014	34	1.1	2.01	0.42	1535	8	6
DM-72	DDH29	320736	6329666	709	0.102	0.5	0.059	0.148	0.012	24	2.8	1.57	0.21	1125	6	5
DM-73	DDH29	320739	6329667	707	0.614	2	0.083	0.392	0.014	33	3.8	2.49	0.27	1485	6	2.5
DM-74	DDH29	320740	6329668	707	1.295	22	4.5	5.47	0.061	2.5	243	0.88	0.03	914	4	7
DM-75	DDH32	321347	6329293	908	0.06	1.1	0.083	0.019	0.026	12	2.8	1.62	0.42	1150	4	18
DM-76	DDH32	321347	6329294	907	0.054	1.4	0.1	0.022	0.023	10	3.3	1.71	0.36	1360	5	13
DM-77	DDH32	321348	6329295	907	0.151	0.7	0.115	0.031	0.03	14	3.3	1.84	0.48	1220	4	16
DM-78	DDH32	321351	6329298	904	0.548	0.6	0.041	0.022	0.002	37	1.4	3.59	0.67	2240	4	7
DM-79	DDH32	321352	6329299	904	0.307	0.25	0.02	0.014	0.01	18	1	2.35	0.39	2270	7	8
DM-80	DDH32	321353	6329300	903	0.051	0.25	0.012	0.002	4E-04	97	0.25	5.28	1.43	3920	1	5
DM-81	DDH32	321354	6329301	902	0.015	1	0.038	0.015	0.024	7	1.2	1.41	0.28	976	6	29
DM-82	DDH32	321354	6329301	902	0.015	1	0.038	0.015	0.024	7	1.2	1.41	0.28	976	6	29
DM-83	DDH33	320808	6329616	719	0.03	0.5	0.031	0.01	0.001	22	0.5	2.85	0.64	2100	1	2.5
DM-84	DDH33	320809	6329617	718	0.052	1	0.026	0.015	0.002	56	2.4	1.79	0.13	776	7	2.5
DM-85	DDH33	320810	6329618	718	0.056	1	0.026	0.06	0.004	51	0.25	1.98	0.11	1100	3	2.5
DM-86	DDH33	320811	6329619	718	0.115	1	0.019	0.015	0.004	52	0.25	3.27	0.52	2020	3	2.5
DM-87	DDH33	320812	6329621	718	0.112	0.5	0.009	0.008	0.009	45	0.25	1.71	0.24	1240	2	2.5
DM-88	DDH36	320863	6329562	706	0.198	1	0.063	0.04	0.002	28	2.3	1.99	0.35	1750	7	2.5
DM-89	DDH36	320864	6329563	706	0.103	0.5	0.053	0.033	0.002	29	1.6	2.21	0.41	2050	8	2.5
DM-90	DDH36	320867	6329564	706	0.141	1	0.179	0.064	0.009	39	7.5	2.82	0.54	2560	10	2.5
DM-91	DDH36	320867	6329564	706	0.141	1	0.179	0.064	0.009	39	7.5	2.82	0.54	2560	10	2.5
DM-92	DDH36	320869	6329566	706	0.071	0.5	0.039	0.042	0.003	40	1.1	2.88	0.45	2210	4	5
DM-93	DDH35	321041	6329337	750	2.4	13	3.16	3.06	0.053	12	122	1.69	0.19	1160	7	17
DM-94	DDH35	321041	6329337	750	2.4	13	3.16	3.06	0.053	12	122	1.69	0.19	1160	7	17
DM-95	DDH35	321041	6329337	750	2.4	13	3.16	3.06	0.053	12	122	1.69	0.19	1160	7	17
DM-96	DDH35	321041	6329336	748	0.835	4	1.6	0.505	0.06	9	68.2	1.33	0.11	749	6	8
DM-97	DDH35	321041	6329335	747	0.845	37	1.505	0.5	0.058	10	64.6	1.25	0.1	742	7	12
DM-98	DDH35	321040	6329334	746	1.715	6	3.61	1.035	0.074	6	145	1.54	0.14	1020	5	6
DM-99	DDH35	321040	6329332	744	1.135	9	4.83	1.555	0.185	15	284	1.93	0.15	1240	6	11
DM-100	DDH35	321040	6329331	743	1.18	11	4.36	1.215	0.188	21	274	2.13	0.17	1370	6	6
DM-101	DDH35	321039	6329327	740	1.02	15	7.7	3.05	0.171	9	400	1.46	0.11	745	4	11
DM-102	DDH35	321049	6329377	791	0.037	0.5	0.069	0.016	0.012	15	4	4.26	0.94	2710	2	2.5
DM-103	DDH35	321060	6329434	854	0.043	4.2	0.061	0.291	0.009	9	0.7	3.48	0.27	1700	2	6
DM-104	DDH35	321059	6329426	845	0.022	0.5	0.05	0.013	0.003	2.5	1.2	2.19	0.43	1700	1	2.5
DM-105	DDH35	321059	6329425	844	0.021	0.5	0.039	0.027	0.006	15	2.9	2.6	0.41	1580	1	2.5
DM-106	DDH35	321058	6329425	843	0.01	0.5	0.043	0.025	0.013	11	1.7	3.07	0.52	2420	1	2.5
DM-107	DDH35	321058	6329423	841	1.93	43	2.68	2.34	0.067	13	131	1.33	0.07	1140	2	14
DM-108	DDH35	321059	6329426	845	1.89	5	0.346	0.146	0.014	6	9.8	1.66	0.22	1100	0.5	14
DM-109	DDH39	321035	6329469	920	0.066	2	0.023	0.021	0.005	259	0.25	4.29	0.88	3510	23	5
DM-110	DDH39	321034	6329468	919	0.101	2	0.025	0.022	0.003	171	0.9	3.89	0.76	2890	6	2.5
DM-111	DDH39	321033	6329465	916	0.076	0.5	0.018	0.011	0.003	266	0.5	3.38	0.56	1710	41	2.5
DM-119	DDH34	321131	6329303	880	0.15	0.5	0.033	0.014	0.004	10	0.8	0.44	0.11	12750	2	2.5

ID	DDH	Este [WGS84]	Norte [WGS84]	Elevación [msnm]	Au [ppm]	Ag [ppm]	Zn [%]	Pb [%]	Cu [%]	As [ppm]	Cd [ppm]	Fe [%]	Mg [%]	Mn [ppm]	Mo [ppm]	Sb [ppm]
DM-123	DDH34	321130	6329302	881	0.244	1	0.023	0.018	0.009	12	0.7	0.53	0.11	12400	1	2.5
DM-124	DDH30	321290	6329305	724	0.014	2	0.011	0.005	0.013	6	0.25	1.28	0.18	562	11	12
DM-125	DDH30	321292	6329307	722	0.009	1	0.216	0.046	0.021	9	8.6	2.53	0.37	856	8	13
DM-126	DDH30	321292	6329308	720	0.014	3	0.084	0.043	0.004	2.5	3.9	2.7	0.23	354	7	6
DM-127	DDH30	321293	6329310	717	0.008	2	0.019	0.009	0.004	49	0.25	4.26	1.12	2810	3	2.5
DM-128	DDH30	321290	6329305	725	0.006	0.25	0.013	0.007	0.005	21	0.25	3.13	0.76	1640	4	5
DM-129	DDH30	321284	6329296	738	0.085	0.25	0.237	0.041	0.004	20	7	2.04	0.42	1330	2	2.5
DM-137	DDH24	320894	6329439	607	0.122	0.5	0.053	0.049	0.007	12	1.9	2.36	0.25	1840	2	2.5
DM-138	DDH24	320888	6329435	596	1.155	3.3	0.59	0.98	0.037	13	30.9	2.21	0.07	697	5	9
DM-139	DDH24	320887	6329434	594	0.286	3.9	0.534	1.16	0.043	9	31.6	2.38	0.06	257	5	8
DM-140	DDH24	320885	6329432	589	0.053	2.6	0.221	0.145	0.025	31	9.9	4.41	0.24	450	8	2.5
DM-149	DDH18	321203	6329366	803	18.65	10	3.61	1.475	0.022	25	158	3.22	0.17	3370	1	10
DM-150	DDH18	321203	6329367	802	41.5	25	3.33	3.5	0.071	14	147.5	2.19	0.08	3790	1	14
DM-151	DDH18	321203	6329367	802	41.5	25	3.33	3.5	0.071	14	147.5	2.19	0.08	3790	1	14
DM-160	DDH19	321168	6329342	595	0.54	7.1	0.193	0.115	0.083	23	7.1	3.14	0.14	515	12	11
DM-161	DDH19	321168	6329342	594	0.142	4.7	0.092	0.038	0.198	22	3	8.39	0.11	275	9	12
DM-162	DDH19	321168	6329343	593	0.108	3.1	0.077	0.046	0.057	17	3.2	3.21	0.16	435	7	14
DM-163	DDH19	321168	6329344	590	0.484	2.1	0.176	0.127	0.038	19	5.8	5.73	0.23	2270	6	14
DM-164	DDH19	321168	6329345	589	0.111	2.6	0.532	0.171	0.048	18	15.8	2.29	0.2	563	15	19
DM-165	DDH19	321168	6329346	587	0.031	0.25	0.016	0.017	0.002	51	0.5	3.66	0.53	1435	7	7
DM-166	DDH19	321168	6329346	586	0.014	0.25	0.017	0.008	0.004	25	0.25	3.04	0.56	1560	1	2.5
DM-167	DDH19	321168	6329347	585	0.012	0.25	0.012	0.007	0.002	25	0.25	2.78	0.23	1290	4	6
DM-168	DDH20	321284	6329313	882	0.026	0.25	0.018	0.009	0.007	16	0.25	2.83	0.77	1860	2	2.5
DM-169	DDH20	321284	6329313	882	0.064	0.7	0.017	0.006	0.004	10	0.25	2.36	0.52	3050	3	9
DM-170	DDH20	321284	6329314	881	0.081	0.5	0.02	0.013	0.01	27	0.7	1.82	0.39	1350	2	15
DM-171	DDH20	321285	6329315	880	0.033	0.6	0.017	0.011	0.009	22	0.6	1.49	0.31	1420	4	8
DM-172	DDH20	321285	6329315	880	0.075	0.25	0.011	0.006	0.005	14	0.25	1.44	0.23	956	4	13
DM-173	DDH20	321285	6329316	879	0.272	0.5	0.019	0.01	0.001	20	0.5	2.96	0.7	2180	3	7
DM-174	DDH20	321287	6329318	877	11.55	8	0.411	0.015	0.023	13	12.1	1.88	0.39	2030	5	11

Anexo G:

Tabla 17: Datos geoquímicos y BCF muestras las Pataguas, indicando las características para el cálculo del factor de confianza de ebullición.

DDH	ID	WGS-84_X	WGS-84_Y	Elevación	Veta	Au (ppm)	Ag (ppm)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	LV	V	CT	BC	RQ	Ad	PT	JT	BCF
DDH38	DM-1	321148	6329383	876	PAT	1.745	4	1.49	0.051	0.0367	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DDH38	DM-2	321148	6329385	874	PAT	0.133	1	0.257	0.03	0.0197	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH38	DM-3	321148	6329386	873	PAT	0.3	3	0.959	0.107	0.0318	0	1	0	0	0	0	1	1	4
DDH38	DM-4	321148	6329387	871	PAT	39.4	13	0.058	0.017	0.0012	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH38	DM-5	321148	6329389	870	PAT	6.63	5	3.16	0.09	0.0394	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH21	DM-6	321284	6329300	838	PAT	0.253	1	0.091	0.018	0.0136	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH21	DM-7	321284	6329301	837	PAT	0.088	0.5	0.041	0.014	0.0076	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DDH21	DM-9	321290	6329310	827	PAT	0.06	1	0.018	0.01	0.0086	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH21	DM-10	321287	6329305	832	PAT	0.539	1	0.059	0.021	0.0078	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH21	DM-11	321290	6329310	827	PAT	0.06	1	0.018	0.01	0.0086	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH21	DM-12	321293	6329315	823	PAT	0.061	1	0.157	0.018	0.0149	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DDH21	DM-13	321293	6329315	823	PAT	0.061	1	0.157	0.018	0.0149	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH21	DM-14	321293	6329316	822	PAT	0.047	2	0.026	0.008	0.0104	0	0	1	0	0	0	1	1	5
DDH21	DM-15	321294	6329317	821	PAT	0.055	1	0.025	0.021	0.0121	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DDH21	DM-16	321297	6329323	815	PAT	0.728	2	0.347	0.055	0.0528	0	0	1	0	1	0	0	1	7
DDH21	DM-17	321298	6329324	814	PAT	3.38	1	0.838	0.117	0.0293	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH21	DM-18	321299	6329325	812	PAT	0.037	2	0.0923	0.105	0.0203	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH18	DM-19	321202	6329361	808	PAT	0.799	1	0.37	0.058	0.0341	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH18	DM-20	321203	6329364	805	PAT	0.059	0.5	0.041	0.013	0.0219	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DDH18	DM-21	321203	6329366	804	PAT	0.538	0.5	0.415	0.088	0.0206	0	0	1	0	0	0	0	1	4
DDH18	DM-22	321204	6329370	800	PAT	7.5	12	5.03	0.995	0.0792	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH18	DM-23	321204	6329370	800	PAT	7.5	12	5.03	0.995	0.0792	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DDH25	DM-24	321027	6329367	687	PAT	0.006	0.25	0.0113	0.0037	0.0062	0	1	0	1	0	0	0	1	7
DDH25	DM-26	321047	6329431	778	PAT	4.65	20	7.96	2.16	0.105	1	1	1	0	1	0	1	1	16
DDH25	DM-27	321046	6329429	775	PAT	0.109	6	1.75	0.793	0.0445	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DDH22	DM-29	321169	6329319	987	DL/PAT	0.373	2	0.172	0.057	0.0127	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH22	DM-30	321169	6329320	985	DL/PAT	0.033	1	0.041	0.036	0.0236	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DDH22	DM-31	321169	6329324	981	DL/PAT	0.041	0.5	0.028	0.008	0.007	1	0	0	0	0	0	0	1	6
DDH22	DM-32	321169	6329330	972	DL/PAT	0.447	10	0.082	0.046	0.0109	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH22	DM-33	321169	6329331	972	DL/PAT	0.196	2	0.304	0.03	0.028	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH22	DM-34	321169	6329332	970	DL/PAT	2.61	8	2.03	0.06	0.0868	1	1	0	0	0	0	1	1	10
DDH22	DM-35	321169	6329334	968	DL/PAT	1.095	12	2.41	0.108	0.584	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH22	DM-36	321169	6329334	968	DL/PAT	1.095	12	2.41	0.108	0.584	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH22	DM-37	321169	6329336	964	DL/PAT	0.034	2	0.064	0.025	0.0137	1	0	0	0	0	0	1	1	7
DDH22	DM-38	321169	6329329	974	DL/PAT	0.248	4	0.063	0.036	0.0039	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH38	DM-39	321152	6329312	973	DL/PAT	0.216	2	0.045	0.027	0.0018	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH38	DM-40	321151	6329318	964	DL/PAT	0.084	1	0.028	0.007	0.0112	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH38	DM-42	321151	6329322	958	DL/PAT	0.143	2	0.071	0.043	0.0108	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH38	DM-43	321151	6329324	956	DL/PAT	0.302	2	0.049	0.027	0.0102	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH27	DM-44	321143	6329399	682	PAT	0.041	0.25	0.0676	0.0539	0.0069	1	0	1	0	0	0	1	1	10
DDH27	DM-45	321144	6329401	679	PAT	0.031	0.6	0.0846	0.0752	0.0083	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH27	DM-46	321144	6329402	677	PAT	0.037	8	1.36	1.37	0.119	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH27	DM-47	321144	6329403	677	PAT	0.069	7.9	2.49	0.833	0.223	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DDH27	DM-48	321144	6329406	673	PAT	0.027	0.25	0.0267	0.0048	0.0002	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH27	DM-49	321144	6329406	673	PAT	0.027	0.25	0.0267	0.0048	0.0002	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH27	DM-50	321142	6329387	697	PAT	0.41	6.5	2.04	0.981	0.0975	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DDH27	DM-52	321142	6329389	695	PAT	0.038	1.3	0.384	0.273	0.0244	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH27	DM-53	321142	6329391	692	PAT	0.035	1.1	0.425	0.181	0.042	1	1	0	0	0	0	0	1	9
DDH27	DM-54	321142	6329392	691	PAT	0.027	2.3	0.852	0.645	0.0421	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH28	DM-62	320753	6329670	777	PAT	0.836	8	0.043	5.18	0.011	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH28	DM-63	320756	6329671	777	PAT	0.052	1	0.07	0.113	0.008	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH28	DM-64	320759	6329672	777	PAT	0.037	2	0.038	0.117	0.0033	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH28	DM-65	320759	6329672	777	PAT	0.037	2	0.038	0.117	0.0033	0	0	1	0	0	0	0	1	4
DDH29	DM-66	320724	6329663	716	PAT	0.061	3	0.068	0.068	0.0083	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DDH29	DM-67	320724	6329663	716	PAT	0.061	3	0.068	0.068	0.0083	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH29	DM-69	320726	6329663	716	PAT	5.27	2	1.32	0.837	0.0234	0	1	1	0	1	0	0	1	10
DDH29	DM-70	320726	6329663	715	PAT	0.037	0.5	0.114	0.088	0.0115	0	1	0	0	1	0	0	1	7

DDH	ID	WGS-84_X	WGS-84_Y	Elevación	Veta	Au (ppm)	Ag (ppm)	Zn (%)	Pb (%)	Cu (%)	LV	V	CT	BC	RQ	Ad	PT	JT	BCF
DDH29	DM-72	320736	6329666	709	PAT	0.102	0.5	0.059	0.148	0.0119	0	0	0	0	1	0	0	0	3
DDH29	DM-73	320739	6329667	707	PAT	0.614	2	0.083	0.392	0.0136	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DDH29	DM-74	320740	6329668	707	PAT	1.295	22	4.5	5.47	0.0611	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH32	DM-75	321347	6329293	908	PAT	0.06	1.1	0.0828	0.0189	0.0257	0	0	1	0	0	0	0	1	4
DDH32	DM-76	321347	6329294	907	PAT	0.054	1.4	0.1	0.0222	0.0227	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH32	DM-77	321348	6329295	907	PAT	0.151	0.7	0.115	0.0308	0.0299	0	0	1	0	0	0	0	0	3
DDH32	DM-78	321351	6329298	904	PAT	0.548	0.6	0.0408	0.0223	0.0018	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH32	DM-79	321352	6329299	904	PAT	0.307	0.25	0.0201	0.0138	0.01	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH32	DM-80	321353	6329300	903	PAT	0.051	0.25	0.0117	0.0019	0.0004	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH32	DM-81	321354	6329301	902	PAT	0.015	1	0.038	0.015	0.0235	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH32	DM-82	321354	6329301	902	PAT	0.015	1	0.038	0.015	0.0235	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH33	DM-83	320808	6329616	719	PAT	0.03	0.5	0.031	0.01	0.001	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DDH33	DM-85	320810	6329618	718	PAT	0.056	1	0.026	0.06	0.0036	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH33	DM-86	320811	6329619	718	PAT	0.115	1	0.019	0.015	0.0039	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH33	DM-87	320812	6329621	718	PAT	0.112	0.5	0.009	0.008	0.0087	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH36	DM-88	320863	6329562	706	PAT	0.198	1	0.063	0.04	0.0024	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH36	DM-89	320864	6329563	706	PAT	0.103	0.5	0.053	0.033	0.0017	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH36	DM-90	320867	6329564	706	PAT	0.141	1	0.179	0.064	0.0092	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH36	DM-91	320867	6329564	706	PAT	0.141	1	0.179	0.064	0.0092	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH36	DM-92	320869	6329566	706	PAT	0.071	0.5	0.039	0.042	0.0028	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH35	DM-94	321041	6329337	750	PAT	2.4	13	3.16	3.06	0.0532	0	1	0	0	0	1	0	1	7
DDH35	DM-96	321041	6329336	748	PAT	0.835	4	1.6	0.505	0.0595	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH35	DM-97	321041	6329335	747	PAT	0.845	37	1.505	0.5	0.058	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH35	DM-98	321040	6329334	746	PAT	1.715	6	3.61	1.035	0.0739	0	0	0	0	1	0	0	1	4
DDH35	DM-99	321040	6329332	744	PAT	1.135	9	4.83	1.555	0.185	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH35	DM-101	321039	6329327	740	PAT	1.02	15	7.7	3.05	0.171	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH35	DM-103	321060	6329434	854	PAT	0.043	4.2	0.0609	0.291	0.0088	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH35	DM-104	321059	6329426	845	PAT	0.022	0.5	0.05	0.013	0.0028	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH35	DM-105	321059	6329425	844	PAT	0.021	0.5	0.039	0.027	0.0062	0	0	1	0	0	0	0	1	4
DDH35	DM-106	321058	6329425	843	PAT	0.01	0.5	0.043	0.025	0.0125	0	0	1	0	1	0	0	0	6
DDH35	DM-108	321059	6329426	845	PAT	1.89	5	0.346	0.146	0.0139	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH39	DM-109	321035	6329469	920	PAT	0.066	2	0.023	0.021	0.0048	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH39	DM-110	321034	6329468	919	PAT	0.101	2	0.025	0.022	0.0032	0	1	0	0	0	1	0	1	7
DDH39	DM-111	321033	6329465	916	PAT	0.076	0.5	0.018	0.011	0.0025	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH34	DM-119	321131	6329303	880	DL/PAT	0.15	0.5	0.033	0.014	0.0043	0	0	0	1	0	0	0	0	3
DDH34	DM-123	321130	6329302	881	DL/PAT	0.244	1	0.023	0.018	0.0092	0	0	1	1	0	0	0	0	6
DDH30	DM-124	321290	6329305	724	PAT	0.014	2	0.011	0.005	0.0125	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH30	DM-125	321292	6329307	722	PAT	0.009	1	0.216	0.046	0.0205	0	1	1	1	0	0	1	1	11
DDH30	DM-126	321292	6329308	720	PAT	0.014	3	0.084	0.043	0.0041	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH30	DM-128	321290	6329305	725	PAT	0.006	0.25	0.0126	0.0065	0.0049	1	0	0	0	0	0	0	1	6
DDH30	DM-129	321284	6329296	738	PAT	0.085	0.25	0.237	0.041	0.0037	0	1	1	0	0	0	1	1	8
DDH24	DM-137	320894	6329439	607	PAT	0.122	0.5	0.0531	0.0485	0.0067	0	0	0	0	0	0	0	1	1
DDH18	DM-149	321203	6329366	803	PAT	18.65	10	3.61	1.475	0.022	0	1	1	1	0	1	0	1	13
DDH18	DM-150	321203	6329367	802	PAT	41.5	25	3.33	3.5	0.0711	0	1	1	0	0	1	0	1	10
DDH18	DM-151	321203	6329367	802	PAT	41.5	25	3.33	3.5	0.0711	0	1	0	1	0	0	0	1	7
DDH19	DM-160	321168	6329342	595	DL/PAT	0.54	7.1	0.193	0.115	0.0825	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH19	DM-161	321168	6329342	594	DL/PAT	0.142	4.7	0.0918	0.0375	0.198	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH19	DM-162	321168	6329343	593	DL/PAT	0.108	3.1	0.0774	0.0456	0.0569	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH19	DM-163	321168	6329344	590	DL/PAT	0.484	2.1	0.1755	0.127	0.0379	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH19	DM-164	321168	6329345	589	DL/PAT	0.111	2.6	0.532	0.171	0.0477	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH19	DM-165	321168	6329346	587	DL/PAT	0.031	0.25	0.0161	0.0165	0.0018	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH19	DM-166	321168	6329346	586	DL/PAT	0.014	0.25	0.0173	0.0083	0.0043	0	0	1	0	0	0	0	1	4
DDH19	DM-167	321168	6329347	585	DL/PAT	0.012	0.25	0.012	0.0066	0.0015	1	1	1	0	0	0	0	1	12
DDH20	DM-168	321284	6329313	882	PAT	0.026	0.25	0.0175	0.0089	0.0074	0	1	0	1	1	0	0	1	10
DDH20	DM-169	321284	6329313	882	PAT	0.064	0.7	0.0174	0.0056	0.0037	0	1	0	0	0	0	1	1	5
DDH20	DM-170	321284	6329314	881	PAT	0.081	0.5	0.0202	0.0132	0.0095	0	1	1	0	0	0	0	1	7
DDH20	DM-171	321285	6329315	880	PAT	0.033	0.6	0.0167	0.0114	0.0089	0	1	0	0	1	0	0	1	7
DDH20	DM-172	321285	6329315	880	PAT	0.075	0.25	0.011	0.0063	0.0046	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH20	DM-173	321285	6329316	879	PAT	0.272	0.5	0.0185	0.0104	0.0013	0	1	0	0	0	0	0	1	4
DDH20	DM-174	321287	6329318	877	PAT	11.55	8	0.411	0.015	0.023	0	1	0	0	0	0	0	1	4