

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción.....	1
1.1 Formulación del estudio.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Hipótesis de trabajo.....	2
1.4 Ubicación, accesibilidad y fisiografía.....	2
2. Marco Teórico.....	4
2.1 Depósitos Mesotermales.....	4
2.2 Depósitos Orogénicos.....	4
2.3 Solubilidad del oro en ambientes mesotermales.....	7
2.4 Solubilidad del CO ₂ en ambientes mesotermales.....	9
2.5 Origen del CO ₂ en depósitos orogénicos.....	13
2.6 Inclusiones Fluidas.....	14
3. Marco Geológico.....	17
3.1 Geología Regional.....	17
3.2 Geología Distrital.....	19
3.3 Geología Estructural.....	21
3.4 Ambiente Metalogénico y Yacimientos Existentes.....	23
4. Metodología.....	25
4.1 Trabajo en terreno.....	25
4.2 Petrografía macroscópica.....	25
4.3 Mini-stage.....	25
4.4 Preparación de cortes transparente rápidos ‘quick-plates’.....	26
4.5 Petrografía microscópica.....	27
4.6 Raman.....	28
5. Geología del proyecto y resultados.....	29
5.1 Caracterización macroscópica del prospecto.....	29
5.2 Mini-stage.....	34
5.3 Petrografía.....	35
5.4 Petrografía de inclusiones fluidas.....	42
5.5 Raman.....	47
6. Discusiones.....	49
6.1 Evidencias en terreno.....	49
6.2 Petrografía y paragénesis.....	49
.....	53

6.3	Evolución y caracterización del fluido.	54
6.4	Implicancias para la exploración	57
7.	Conclusiones	61
8.	Bibliografía.....	63
9.	Anexo A.....	69
10.	Anexo B.....	70
11.	Anexo C.....	90
12.	Anexo D.....	110

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Proyecto Joy. Con rojo oscuro se marca la ruta principal que conecta Curicó con Iloca, mientras que con rojo claro rutas secundarias.	3
Figura 2. Configuraciones tectónicas en las que se pueden formar depósitos orogénicos y de otros depósitos de oro. Tomado de Groves et al. (1998).	5
Figura 3. Representación esquemática de zonas corticales de depósitos hidrotermales en términos de la profundidad de formación y configuración estructural dentro de un margen de placa convergente. Tomado de Groves et al. (1998), adaptado de Groves (1993), Gebre-Mariam et al. (1995) y Poulsen (1996).	6
Figura 4. Campos de estabilidad para los ligantes de mayor estabilidad del oro en función de la actividad de H ₂ S. Extraído de Mikucki (1998) con información de Zotov et al. (1991), Johnson et al. (1992) Mikucki & Ridley (1993) y Shock & Helgenson (1998).	8
Figura 5. Representación esquemática del diagrama PT del CO ₂ , junto con las transiciones de fase de inclusiones atrapadas en los puntos a, a', a". Las descripciones de cada isocora se encuentran en el texto. Los colores de relleno de las inclusiones: gris oscuro = fase gaseosa, gris claro = fase líquida, blanco = fase sólida. Extraído y modificado de Van den Kerkhof & Thiéry, 2000.	10
Figura 6. Diagrama esquemático del sistema H ₂ O-CO ₂ en función de P-T-X. Se muestra sombreada la porción de alta presión y temperatura de la región de inmiscibilidad y la curva crítica superior. Extraído de Bakker & Diamond (2000).	11
Figura 7. (a) Modelo esquemático P-T-X de las relaciones de fase en el diagrama CO ₂ -H ₂ O. Con gris oscuro se encuentra sombreada la región de inmiscibilidad líquido-líquido. (b) Secciones isotérmicas a través de la región de inmiscibilidad para las temperaturas T ₁ -T ₄ señaladas en (a). Extraído de Diamond (2000).	12
Figura 8. Inclusiones primarias (p), secundarias (s), pseudosecundarias (ps). Extraído y modificado de Goldstein (2003).	15
Figura 9. Tipos de inclusiones propuestos por Nash (1976). Las Tipo 1 corresponden a inclusiones en que predomina la fase líquida sobre la fase vapor; las Tipo 2, a inclusiones en las que predomina la fase vapor sobre la fase líquida; las Tipo 3, inclusiones con fase líquida, vapor y sólidos, y las Tipo 4, a inclusiones con fase CO ₂ vapor, líquido y H ₂ O líquido... ..	16
Figura 10. Mapa con las principales unidades morfoestructurales que se encuentran en Chile central. El recuadro negro señala la zona de estudio (Tapia, 2010).	17
Figura 11. Mapa geológico de la Cordillera de la Costa en la porción del área de estudio. El recuadro negro muestra el área de estudio. SERNAGEOMIN (2003).	19
Figura 12. Cuadro de las formaciones del área de estudio, se señalan sus edades y distribución con respecto al río Mataquito. Extraído de Thiele & Morel (1981).	21
Figura 13. Mini – stage confeccionado en las dependencias de la Universidad de Chile. Herramienta útil para verificar en terreno la presencia de CO ₂ en cristales de cuarzo. ...	26
Figura 14. Espectroscopio Raman, ubicado en el Departamento de Geología de la Universidad de Chile. En A se observa el Raman en reposo o desuso, mientras que en B se observa funcionando.	28
Figura 15. Representación de la información estructural de las vetas de cuarzo. (A) Roseta con rumbo de las vetas, (B) Red estereográfica con planos de las vetas de cuarzo y (C) Red estereográfica con planos de las vetas de cuarzo.	29
Figura 16. Mapa geológico del área de estudio. Se marcan con amarillos las vetas hospedadas casi completamente en el cuerpo intrusivo. Confeccionado por autor.	31

Figura 17. Muestra 3D6P69 de vetillas de cuarzo hospedadas en el cuerpo intrusivo. La roca caja posee tonos verdosos debido a la presencia de abundante sericita con esos tonos. También se pueden observar cristales milimétricos de pirita euhedrales a subhedrales.	32
Figura 18. Muestra Lava 34 de la unidad volcánica que se encuentra en contacto con el cuerpo intrusivo. La muestra posee una fuerte epidotización y abundantes vetillas de cuarzo. .	33
Figura 19. Muestra de veta de cuarzo lechoso con mineralización de galena y óxidos de hierro.	33
Figura 20. Fotografía de muestras VA-04 con mineralización de oro/electrum en vetas de cuarzo. En A se observa electrum diseminado entre cristales euhedrales a subhedrales de cuarzo, mientras que en B el electrum se asocia a óxidos de hierro.	34
Figura 21. Resultados obtenidos con el mini-stage, en donde un total de 22 muestras presentaron evidencias de burbujas de CO ₂ en la glicerina.	34
Figura 22. Cortes transparentes del intrusivo que hospeda las vetas de cuarzo. Se reconocen cristales de cuarzo en una textura fanerítica con y feldespatos alterados. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	36
Figura 23. Muestra de la unidad volcánica epidotizada. En el centro las imágenes se observa una vetilla de cuarzo, PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	36
Figura 24. En (A) y (B) se muestra la unidad volcánica cloritizada, en la que se aprecian posibles feldespatos que fueron sericitizados. En (C) y (D) se muestran metadominios de clorita. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	37
Figura 25. Muestra de la secuencia sedimentaria siliciclástica que se encuentra en contacto con la unidad volcánica. Se reconocen cristales de cuarzo, feldespatos alterados y micas blancas en una matriz arcillosa. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	38
Figura 26. Textura de cuarzo jigsaw. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	39
Figura 27. Textura de cuarzo euhedral. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	39
Figura 28. Textura de cuarzo faethery observado en cristales de cuarzo. PPL: Nícoles paralelos. CP: Nícoles cruzados.	40
Figura 29. Cuarzo jigsaw con mineralización de pirita cortando cuarzo euhedral. CP: Nícoles cruzados RL: Luz reflejada.	41
Figura 30. Mineralización de electrum diseminado entre cristales de cuarzo euhedral. CP: Nícoles cruzados RL: Luz reflejada.	41
Figura 31. Mineralización de electrum diseminado entre óxidos de hierro. CP: Nícoles cruzados RL: Luz reflejada.	42
Figura 32. Arreglo de inclusiones fluidas primarias ricas en líquido en cuarzo euhedral.	43
Figura 33. Arreglo de inclusiones fluidas ricas en CO ₂ en (A), mientras que en (B) se muestra una de estas inclusiones con las fases observables: Liquid-CO ₂ , Vapor-CO ₂ y Liquid-H ₂ O ..	44
Figura 34. Arreglo de inclusiones fluidas primarias con coexistencia de inclusiones ricas en líquido e inclusiones ricas en vapor. Se hospedan en cristales de cuarzo euhedral y representan procesos de ebullición.	45
Figura 35. Arreglo de inclusiones fluidas secundarias con coexistencia de inclusiones ricas en líquido e inclusiones ricas en vapor. Se hospedan en cristales de cuarzo subhedral y representan procesos de ebullición.	45
Figura 36. Arreglo de inclusiones fluidas secundarias ricas en vapor encontradas en cuarzo euhedral.	46
Figura 37. Inclusión primaria con presencia de electrum. Se hospeda en cuarzo euhedral. PPL: Nícoles Paralelos. RL: Luz reflejada.	46

Figura 38. Espectro característico obtenido en el Raman para una inclusión rica en CO ₂ . Los dos peaks con mayor intensidad corresponden al CO ₂ , mientras que el de mediana intensidad a cuarzo.	47
Figura 39. Cuarzo euhedral a subhedral cortado por vetillas de cuarzo jigsaw. Representan las etapas de mineralización del sistema.	51
Figura 40. Vetillas de óxidos e hidróxidos de hierro cortando cuarzo jigsaw y cuarzo euhedral.	52
Figura 41. Paragénesis mineralógica y textural del sistema de vetas del Proyecto Joy. Se muestra la mineralización de mena y de ganga asociada a cada evento, junto con las texturas de cuarzo e inclusiones fluidas observadas en cada una de estas.	53
Figura 42. Gráfico Densidad versus Presión del fluido obtenido con la espectroscopía Raman.	55
Figura 43. (A) Diagrama de estabilidad para sistema Fe-S-O (línea gruesa), para sulfosales de Sb (línea punteada) y As (línea punteada-punto), para el sistema As-Fe (línea punteada-doble punto) y para el sistema As-S (línea a puntos). (B) Diagrama de estabilidad para el sistema Fe-S-O en línea gruesa, el sistema Cu-Fe-S-O en línea punteada dorada, el sistema Cu-S en línea punteada azul, y el porcentaje de Fe en esfalerita en línea punteada verde. A temperaturas de 250°C y presión de vapor de 40 bar. En rojo, condiciones fisicoquímicas del fluido. Ang: anglesita; gn: galena; ccp: calcopirita; cc: calcosina; cv: covelina; bn: bornita; py: pirita; mag: magnetita; aspy: arsenopirita. Modificado de Barton & Skinner (1979). (C) y (D) Diagramas de estabilidad Eh vs. pH y aO ₂ vs. pH para el sistema Fe-S-O, para el sistema Cu-Fe-S y para contenido de Fe en esfalerita a 250° y presión de vapor = 40 bares (tomado de Barton y Skinner, 1979)	57
Figura 44. Mapa geológico con vetas donde se encontraron evidencias de CO ₂ , de ebullición y de mineralización. Los recuadros en rojo señalan las zonas con mayor potencial del Proyecto Joy, en las cuales se sugiere realizar una campaña de sondajes.	59
Figura 45. Perfil AA' y BB' del Proyecto Joy. Se muestran las principales estructuras mineralizadas, las zonas en donde se sugiere realizar sondajes y su ubicación tentativa.	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados obtenidos en el mini-stage.....	34
Tabla 2. Datos estructurales medidos en terreno.....	69
Tabla 3. Fragmentos y sus características principales.....	83