

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Consideraciones generales y formulación del problema	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Hipótesis del trabajo.....	2
1.4	Ubicación y acceso	2
1.5	Marco Teórico	3
1.5.1	Sistemas Geotérmicos.....	3
1.5.2	Geoquímica e isotopía de fluidos geotermales.....	5
1.5.3	Mineralogía de alteración hidrotermal.....	9
2	Marco geológico.....	10
2.1	Marco geológico y tectónico regional.....	10
2.2	Geología del área de estudio.....	12
2.2.1	Generalidades	12
2.2.2	Unidades Estratificadas	13
2.2.3	Volcanismo Cuaternario.....	13
2.2.4	Rocas intrusivas	17
2.2.5	Marco estructural.....	17
2.3	Antecedentes geofísicos de la zona de estudio	20
2.3.1	Geodesia	20
2.3.2	Gravimetría	21
2.3.3	Magnetotelúrica (MT)	22
2.3.4	Sismicidad	26
3	Metodología	27
3.1	Generalidades.....	27
3.2	Procesamiento de imágenes satelitales para identificación de zonas de alteración hidrotermal	27
3.3	Difracción de rayos X (DRX)	28
3.3.1	Agregados no orientados	28
3.3.2	Separación de la fracción arcilla.....	29
3.3.3	Agregados orientados.....	29
3.3.4	Identificación mineral.....	30

3.4 Muestreo y procedimientos analíticos de química e isotopía estable en aguas.....	30
3.5 Muestreo de emisiones gaseosas.....	31
3.5.1 Limpieza del equipo de muestreo.....	31
3.5.2 Preparación de las ampollas tipo Giggenbach	32
3.5.3 Muestreo de gases en fuentes burbujeantes.....	32
3.5.4 Muestreo de gases en fumarolas.....	33
3.5.5 Análisis de gases	34
4 Laguna del Maule Hydrothermal System. Hydrogeochemical and alteration mineralogy analysis: Implications on crustal deformation, volcanic hazards and geothermal resources	35
Abstract	35
4.1 Introduction	36
4.2 Study area settings	37
4.2.1 Regional Tectonics	37
4.2.2 Local stratigraphy	37
4.2.3 Local structural setting	38
4.2.4 Laguna del Maule hydrothermal system background	38
4.3 Sampling and Methodology.....	39
4.3.1 Microscopic Petrography and X-Ray Diffraction (XRD).....	39
4.3.2 Water Chemistry and Stable Isotopes.....	40
4.3.3 Gas Chemistry.....	41
4.4 Results	41
4.4.1 Hydrothermal alteration zones (HAZ): mapping and mineralogy characterization	41
4.4.2 Water distribution and chemistry	42
4.4.3 Water stable isotopes ($d^{18}\text{O}\text{-H}_2\text{O}$, $d\text{D}\text{-H}_2\text{O}$ and $d^{13}\text{C}\text{-CO}_2$)	44
4.4.4 Gas chemistry	44
4.5 Discussion.....	44
4.5.1 Implications of paleo-hydrothermal-fluids conditions and HAZ distribution	44
4.5.2 Hydrogeochemical processes and features	46
4.5.3 Hydrothermal system characteristics.....	47
4.5.4 Role of hydrothermal fluids in crustal deformation	50
4.5.5 Implications on volcanic hazards and monitoring	51

4.6 Conclusions	52
4.7 Acknowledgments	54
5 Influencia de la composición del magma como fuente de calor en el desarrollo de sistemas geotérmicos	70
5.1 Generalidades y antecedentes	70
5.2 Sistemas geotermales Laguna del Maule y Mariposa	71
5.3 Otros sistemas geotermales de Los Andes de Chile	72
5.4 Sistemas geotermales del mundo	74
5.5 Comentarios finales	77
6 Conclusiones y observaciones finales	79
Bibliografía	81
Anexos	97
Anexo A: Difractogramas de rayos X	97
Anexo B: Descripciones de petrografía microscópica	110
Anexo C: Abreviaciones minerales de Withney & Evans (2010)	125