

Tabla de contenido

1.INTRODUCCIÓN.....	1
Formulación del proyecto.....	1
Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos.....	2
Metodología.....	2
1.1.3 Recopilación de antecedentes.....	2
1.1.4 Procesamiento de datos.....	2
1.1.5 Modelamiento hidrogeoquímico.....	3
Fundamentos Teóricos.....	3
Antecedentes Generales.....	5
1.1.6 Ubicación y accesos.....	5
1.1.7 Clima.....	6
1.1.8 Geomorfología regional.....	6
1.1.9 Hidrografía regional.....	6
2.MARCO GEOLÓGICO.....	8
Geología regional.....	8
Geología estructural.....	11
Geología económica.....	13
Sector Salar Elvira.....	14
2.1.1 Geomorfología local.....	14
2.1.2 Geología local.....	15
Sector Salar Los Morros.....	15
2.1.3 Geomorfología local.....	15
2.1.4 Geología local.....	15
Sector Llano Mariposas.....	16
2.1.5 Geomorfología local.....	16
2.1.6 Geología local.....	16
3.MARCO HIDROGEOLÓGICO.....	17
Hidrogeología regional.....	17
Hidrogeología del sector Salar Elvira.....	18
Hidrogeología del sector Salar de Los Morros.....	18
Hidrogeología del sector Llano Mariposas.....	19

4.MUESTRAS DE AGUAS SUBTERRANEAS	21
Metodología de muestreo	21
Análisis químico	24
Validación de los análisis químicos.....	24
5.ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
Censura de datos	25
Estadística Univariante	26
5.1.1 Zonas de estudio.....	26
5.1.2 Comparación con aguas subterráneas de otros yacimientos y aguas superficiales regionales.....	28
6.GEOQUIMÍA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	31
Sector Salar de los Morros.....	31
6.1.1 Parámetros Físico-Químicos	31
6.1.2 Geoquímica de elementos mayores.....	35
6.1.3 Geoquímica de elementos menores y traza.....	40
Sector Llano Mariposas	43
6.1.4 Parámetros Físico-Químicos	43
6.1.5 Geoquímica de elementos mayores.....	46
6.1.6 Geoquímica de elementos menores y traza.....	51
Sector Salar Elvira	54
6.1.7 Parámetros Físico-Químicos	54
6.1.8 Geoquímica de elementos mayores.....	57
6.1.9 Geoquímica de elementos menores y traza.....	61
Modelamiento hidrogeoquímico.....	64
7.DISCUSIONES	66
Sector Salar de los Morros.....	66
Sector Llano Mariposas	71
Sector Salar Elvira	77
8.CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	84
ANEXO A Ubicación puntos de muestreo.....	87
ANEXO B Análisis geoquímico	88
ANEXO C Resultados de análisis químicos	96
ANEXO D Resultados del modelamiento hidrogeoquímico.....	97

Índice de figuras

Figura 1.1 Punto de carga cero para algunas superficies minerales	4
Figura 1.2 Ubicación zona de estudio.	5
Figura 1.3 Hidrografía regional. Se muestran las distintas cuencas hidrograficas de la región y en blanco algunos salares	7
Figura 2.1 Geología regional de la zona de estudio (escala 1:250.000).....	10
Figura 2.2 Mapa estructural regional.....	12
Figura 2.3 Distribucion de algunos porfidos cupriferos en el norte de Chile.....	14
Figura 3.1 Mapa hidrogeológico de la zona de estudio.....	20
Figura 4.1 Ubicación de pozos de muestreo.....	23
Figura 5.1 Valores de pH y concentraciones de As, Cu, Fe, Mo y Zn de muestras de aguas subterráneas de Llano Mariposas, Salar Elvira, Salar de los Morros, Spence e Inca de oro.....	29
Figura 6.1 Ubicación de pozos de muestreo en sector Salar de los Morros.	31
Figura 6.2 Gráfico Box Plot del pH de aguas subterráneas del sector Salar de los Morros.....	32
Figura 6.3 TDS de las muestras de aguas subterráneas del sector Salar de los Morros	33
Figura 6.4 pH v/s TDS del sector Salar de los Morros.....	34
Figura 6.5 Diagrama Piper para aguas subterráneas del sector Salar de los Morros.....	35
Figura 6.6 Concentraciones de elementos mayores en aguas subterráneas del sector salar de los Morros	36
Figura 6.7 Concentraciones de elementos mayores relativas al TDS, de las aguas subterráneas del sector Salar de los Morros	38
Figura 6.8 Concentración promedio de elementos mayores en muestras de agua subterráneas del sector Salar de los Morros	39
Figura 6.9 Concentraciones relativas de algunos elementos menores y traza.....	42
Figura 6.10 Ubicación pozos de muestreo en sector Llano Mariposas.	43
Figura 6.11 Gráfico Box Plot del pH de aguas subterráneas del sector Llano de Mariposas.....	44
Figura 6.12 TDS de las muestras de aguas subterráneas del sector Llano Mariposas	45
Figura 6.13 Diagrama Piper para aguas subterráneas del sector Llano Mariposas	46

Figura 6.14 Gráficos Box Plots de las aguas subterráneas del sector Llano Mariposas, para los elementos Calcio, Cloro y Potasio.....	47
Figura 6.15 Concentraciones de elementos mayores relativas al TDS, de las aguas subterráneas del sector Llano Mariposas.....	49
Figura 6.16 Concentración promedio de elementos mayores en muestras de agua subterráneas del sector Llano Mariposas.....	50
Figura 6.17 Concentraciones relativas de algunos elementos menores y traza.....	53
Figura 6.18 Ubicación pozos de muestreo en sector Salar Elvira.	54
Figura 6.19 Gráfico Box Plot del pH de las aguas subterráneas del sector Salar Elvira.....	55
Figura 6.20 TDS de las muestras de aguas subterráneas del sector Salar Elvira	56
Figura 6.21 Diagrama Piper para aguas subterráneas del sector Salar Elvira	57
Figura 6.22 Concentraciones de elementos mayores relativas al TDS, de las aguas subterráneas del sector Salar Elvira.....	59
Figura 6.23 Concentración promedio de elementos mayores en muestras de agua subterráneas del sector Salar Elvira.....	60
Figura 6.24 Concentraciones relativas de algunos elementos menores y traza.....	63
Figura 6.25 Diagrama de clasificación de distintos tipos de aguas naturales según el ambiente natural al que pertenecen, indicando condiciones de redox (pe) y pH	65
Figura 7.1 Concentración de SO ₄ versus Ca (en meq/l) en muestras de agua subterránea de Salar de los Morros.....	68
Figura 7.2 Mapa de ubicación de pozos y acuífero (marcado de color morado) del sector Salar de los Morros.....	71
Figura 7.3 Concentración de SO ₄ versus Ca (en meq/l) en muestras de agua subterránea de Llano Mariposas	73
Figura 7.4 Mapa de ubicación de pozos y acuífero (marcado de color azul) del sector Llano Mariposas	76
Figura 7.5 Concentración de SO ₄ versus Ca (en meq/l) en muestras de agua subterránea de Salar Elvira	78
Figura 7.6 Mapa de ubicación de pozos y acuífero (marcado de color azul) del sector Salar Elvira.	81

Índice de tablas

Tabla 4.1: Tipos de pozos muestreados y profundidad promedio del nivel freático.....	22
Tabla 4.2 Cantidad de muestras por pozo con porcentajes de error de balance iónico menor al 5%.	24
Tabla 5.1: Porcentaje de datos menores al límite de detección, por variable, de los tres sectores de estudio.....	25
Tabla 5.2: Estadística básica general para los parámetros físico-químicos y especies disueltas de las muestras de agua subterránea de los sectores de estudio.	27
Tabla 5.3: Hidrogeoquímica de sectores de estudio, Spence, Inca de Oro, y cuenca del río Loa.	30