

## Tabla de Contenido

Resumen.....	I
Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
1. Introducción.....	17
1.1 Aspectos generales.....	17
1.2 Objetivos del estudio.....	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.3 Objetivos específicos.....	18
1.3 Ubicación y accesos.....	18
1.4 Limitaciones.....	20
2. Marco Teórico.....	21
2.1 Salares.....	21
2.1.1 Definición de Salar.....	21
2.1.2 Tipos de salares.....	21
2.1.3 Química de salmueras.....	23
2.2 El litio: Su situación en Chile y en el mundo.....	26
2.2.1 Ocurrencia.....	26
2.2.2 Recursos.....	27
2.2.3 Producción de litio.....	27
2.2.4 Demanda de litio.....	28
3. Marco Geológico.....	29
3.1 Unidades Morfoestructurales.....	29
3.1.1 Cordillera occidental.....	30
3.1.2 Altiplano-Puna de Atacama.....	30
3.1.3 Cuencas Endorreicas.....	31
3.2 Geomorfología del área de estudio.....	31
3.3 Geología de la zona de estudio.....	33
3.3.1 Formación La Tabla (Carbonífero? - Pérmico) (García, 1967).....	35
3.3.2 Granito Parinas (Pérmico) (Naranjo y Cornejo 1992).....	35
3.3.3 Volcanes del Mioceno Inferior (Mioceno Inferior).....	35
3.3.4 Ignimbrita Pajonales (Mioceno inferior a medio) (Naranjo y Cornejo 1992).....	35
3.3.5 Volcanes del Mioceno medio a superior (Mioceno medio a superior).....	35

3.3.6	Gravas de Atacama (Mioceno inferior a medio) (Mortimer, 1973) ....	36
3.3.7	Depósitos Aluviales y Coluviales (Mioceno-Holoceno) .....	36
3.4	Geología estructural .....	37
3.5	Hidrología .....	39
3.5.1	Clima .....	39
3.6	Flora y Fauna .....	39
3.7	Hidrogeología .....	42
3.7.1	Unidades Hidrogeológicas .....	42
4.	Metodología .....	44
4.1	Delimitación de la cuenca hidrográfica del Salar de las Parinas .....	44
4.2	Caracterización de geología de superficie .....	47
4.3	Caracterización hidrogeológica .....	47
4.3.1	Definición de unidades hidrogeológicas .....	48
4.4	Caracterización hidrológica .....	49
4.4.1	Estimación de la precipitación media de la cuenca .....	49
4.4.1	Estimación de la Recarga .....	50
4.4.3	Estimación coeficiente y caudal de escorrentía .....	51
4.4.4	Estimación de la Evaporación .....	52
4.4.5	Balance hídrico estimado .....	53
4.5	Caracterización hidroquímica del Salar de las Parinas .....	54
4.5.1	Muestreo de aguas superficiales .....	54
4.5.2	Análisis químico de muestras de agua .....	57
4.5.3	Métodos gráficos para clasificación de aguas .....	57
4.5.4	Determinación cualitativa de vías evolutivas de aguas evaporadas .	60
4.5.5	Análisis de muestras de costra salina .....	61
4.5.6	Análisis de isótopos .....	61
4.6	Identificación de humedales y generación de zonas de protección .....	67
4.7	Estimación del potencial del litio .....	67
4.7.1	Cálculo del Volumen del Salar .....	68
4.7.2	Estimación de la porosidad eficaz .....	69
4.7.3	Estimación de la concentración de litio en salmueras .....	69
5.	Resultados .....	70
5.1	Hidrografía de la zona de estudio .....	70
5.1.1	Delimitación de la cuenca hidrográfica del Salar de las Parinas .....	70
5.2	Geología de la cuenca del salar de las Parinas .....	73

5.3 Hidrogeología del Salar de las Parinas .....	80
5.3.1 Unidades Hidrogeológicas .....	80
5.4 Hidrología de la cuenca del Salar de las Parinas.....	83
5.4.1 Estimación de la precipitación media de cuenca .....	83
5.4.2 Estimación del coeficiente de escorrentía y cálculo de caudal de escorrentía.....	84
5.4.3 Estimación de la recarga de la cuenca .....	85
5.4.4 Estimación de la evaporación .....	85
5.4.5 Balance hídrico estimado.....	86
5.5 Hidrogeoquímica del Salar de Las Parinas .....	86
5.5.1 Análisis en costras salinas .....	87
5.5.2 Análisis químico de muestras de agua .....	88
5.5.3 Análisis isotópico de muestras de agua.....	98
5.6 Identificación de humedales y generación de zonas de protección .....	102
5.7 Modelo conceptual hidrogeológico del Salar de las Parinas .....	104
5.8 Estimación del Potencial de litio.....	106
5.8.1 Cálculo del volumen estimado de la cuenca.....	106
5.8.2 Estimación de la Porosidad eficaz ( $S_y$ ).....	109
5.8.3 Estimación de la concentración de litio en salmuera .....	111
5.8.4 Potencial de litio estimado del Salar de Las Parinas .....	113
6. Discusiones .....	115
6.1 Hidrografía de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	115
6.2 Geología de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	116
6.3 Hidrogeología de la cuenca del Salar de Las Parinas.....	116
6.4 Hidrología de la cuenca del Salar de Las Parinas.....	117
6.5 Hidroquímica de la cuenca del Salar de Las Parinas.....	118
6.6 Identificación de humedales y generación de zonas de protección .....	120
6.7 Potencial de litio del Salar de Las Parinas .....	120
7. Conclusiones.....	123
8. Recomendaciones.....	126
Bibliografía .....	128
Anexo .....	133
Anexo A. Muestras solidas de costra salina.....	133
Anexo A-1. Fichas descriptivas de muestras de costra salina.....	133
Anexo A-2. Resultados de análisis de difracción de rayos X de costras salinas.....	137

Anexo B Hidrología de la cuenca del Salar de las Parinas .....	145
Anexo B-1. Mapa de isoyetas de cuencas altoandinas de la Región de Atacama, Amphos 21, 2016.....	145
Anexo B-2. Tabla de desarrollo de estimación de recarga de la cuenca del Salar de las Parinas.....	146
Anexo C Hidroquímica .....	147
Anexo C-1. Base de datos hidroquímica.....	147
Anexo C-2. Diagramas Stiff.....	160
Diagramas Stiff de muestras de agua Risacher 1999.....	160
Diagramas Stiff de muestras de agua Troncoso 2016.....	161
Diagramas Stiff de muestras de agua terreno CORFO 2018.....	163
Anexo D Estimación de Potencial de litio.....	165
Anexo D-1. Estimación de volumen del Salar de Las Parinas .....	165
Anexo D-2. Estimación de Potencial de litio el Salar de las Parinas.....	169

## Índice de Tablas

Tabla 1 Especies animales identificadas en campaña de línea base de proyecto 7 salares, compañía Salares Lithium Inc.....	41
Tabla 2 Distribución de valores de conductividad hidráulica y permeabilidad. (Freeze and Cherry, 1979) .....	49
Tabla 3. Valores de coeficiente de infiltración ( $C_i$ ) en función de la permeabilidad cualitativa de las rocas. Fuente DICTUC (2009).....	51
Tabla 4 Rangos de salinidad (Santibañez, 2000).....	59
Tabla 5 Parámetros Morfométricos obtenidos de la cuenca del Salar de las Parinas .....	71
Tabla 6 Cálculo de áreas comprendidas entre isoyetas y ponderación por precipitación media entre isoyetas .....	83
Tabla 7 Estimación de la precipitación media anual de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	84
Tabla 8 Resultados de la estimación del coeficiente de escorrentía de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	84

Tabla 9 Resultados de la estimación del caudal de escorrentía de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	84
Tabla 10 Estimaciones de las entradas de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	85
Tabla 11 Resultados de estimación de evaporación de la cuenca del Salar de Las Parinas .....	85
Tabla 12 Balance hídrico de la cuenca del Salar de Las Parinas.....	86
Tabla 13 Resultados de análisis de difracción de rayos X de muestras tomadas en terreno enero 2018.....	88
Tabla 14 Resultados de análisis químicos de las muestras de costra salina del terreno de enero 2018.....	88
Tabla 15 Resultados de la estimación de la profundidad del salar de Las Parinas .....	106
Tabla 16 Resultados de la estimación de volumen del salar a partir de modelos de elevación de la zona.....	109
Tabla 17 Tabla de datos recopilados de proyectos similares al caso de estudio .....	110
Tabla 18 Rango de valores de porosidad eficaz de los estudios de Health (1983) y de Morris and Johnson (1967) .....	111
Tabla 19 Rangos de concentraciones de las zonas delimitadas para el salar de Las Parinas .....	112
Tabla 20 Resultados de la estimación de Potencial de Litio del Salar de Las Parinas con datos de los proyectos en los salares de Maricunga, Salinas Grande, Llamara y Olaroz .....	113
Tabla 21 Resultados de la estimación de Potencial de litio del Salar Parinas con datos bibliográficos de Health (1983) y Morris and Johnson (1967).....	114
Tabla 22 Parámetros de escaneo para difracción de rayos X, Muestra ULP-COST-01, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	137
Tabla 23 Difractograma de muestra ULP-COST-01, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	138

Tabla 24 Parámetros de escaneo para difracción de rayos X, Muestra ULP-COST-02, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	139
Tabla 25 Difractograma de muestra ULP-COST-02, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	140
Tabla 26 Parámetros de escaneo para difracción de rayos X, Muestra ULP-COST-03, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	141
Tabla 27 Difractograma de muestra ULP-COST-03, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	142
Tabla 28 Parámetros de escaneo para difracción de rayos X, Muestra ULP-COST-04, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	143
Tabla 29 Difractograma de muestra ULP-COST-04, Laboratorio SERNAGEOMIN .....	144
Tabla 30. Resultados de la recarga directa y lateral de las unidades hidrogeológicas. ....	146
Tabla 31 Muestras de aguas Risacher <i>et al.</i> 1999 .....	147
Tabla 32 Continuación tabla de muestras de agua Risacher <i>et al.</i> , 1999. ....	148
Tabla 33 Balance Químico de Muestras de Risacher <i>et al.</i> 1999.....	148
Tabla 34 Análisis químico de muestras de agua Troncoso <i>et al.</i> (2016) .....	149
Tabla 35 Continuación tabla anterior, muestras de agua Troncoso <i>et al.</i> (2016) .....	150
Tabla 36 Tabla de elementos minoritarios de los estudios de Troncoso <i>et al.</i> (2016).....	151
Tabla 37 Parámetros químicos y relaciones iónicas de muestras Troncoso <i>et al.</i> (2016).....	152
Tabla 38 Balance Químico de muestras Troncoso <i>et al.</i> (2016).....	153
Tabla 39 Análisis químico de muestras de agua terreno enero 2018.....	154
Tabla 40 Continuación tabla anterior, análisis químico de muestras de agua terreno enero 2018.....	155

Tabla 41 Resultados de elementos minoritarios del Salar de las Parinas, enero 2018 .....	156
Tabla 42 Parámetros químicos y relaciones iónicas de muestras del presente estudio.....	157
Tabla 43 Balance ionico de las muestras salinas del presente estudio.....	158
Tabla 44 Resultado de análisis isotópicos de muestras salinas obtenidas en terreno del presente estudio.....	159
Tabla 45 Resumen de resultados de puntos de profundidad estimados del Salar de Las Parinas .....	165
Tabla 46 Cálculo de tonelaje de litio estimado para el Salar de Las Parinas con datos obtenidos del proyecto del Salar de Maricunga.....	169
Tabla 47 Calculo de tonelaje de litio estimado para el Salar de Las Parinas con valor promedio de $S_{\gamma}$ obtenidos del proyecto del Salar de Maricunga. ....	169
Tabla 48 Cálculo de tonelaje de litio estimado para el Salar de Las Parinas con valor promedio de $S_{\gamma}$ obtenidos del proyecto del Salar Olaroz. ....	170
Tabla 49 Cálculo de tonelaje de litio estimado para el Salar de Las Parinas con datos obtenidos de estudios de Health (1983) .....	170
Tabla 50 Cálculo de tonelaje de litio estimado para el Salar de Las Parinas con datos obtenidos de estudios de Morris and Johnson (1967) .....	171

## Índice de Figuras

Figura 1 Mapa de ubicación y accesos al Salar de las Parinas, Región de Atacama. Elaboración propia. Fuente: elaboración propia.....	19
Figura 2 Modelos que ilustran las diferencias entre salares maduros e inmaduros. En los salares maduros la extensión y la recesión de las facies marginales son resultado del tectonismo y de las variaciones climáticas que otorgan la posibilidad de que ingresen al núcleo aguas diluidas. Por otro lado, los salares inmaduros, las facies marginales son menos complejas y la transmisión de aguas diluidas al núcleo del salar también es posible. El parámetro K se refiere a la conductividad hidráulica en las diferentes unidades. Extraído y modificado de Houston et al., 2011. ....	23

Figura 3 Ilustración creada según los estudios de Hardie y Eugster (1970) de la zonación típica de salares según las solubilidades de los minerales precipitados. Fuente: elaboración propia .....	24
Figura 4 Costos de producción de carbonato de litio según tipo de explotación. Fuente: Cochilco 2014 .....	28
Figura 5 Evolución demanda mundial de litio durante 2002-2012. Fuente: Informe COCHILCO 2013 .....	28
Figura 6 Demanda futura de litio en el periodo 2013-2030. Fuente SQM .....	29
Figura 7 Perfil esquemático geomorfológico del Norte de Chile. Extraído y modificado de presentación de Aníbal Gajardo, "Salares del Norte de Chile: Potenciales fuente de litio", CEPAL 10-11 noviembre 2010, Santiago, Chile...	29
Figura 8 Mapa de localización de la zona del Altiplano-Puna. Se distinguen las principales unidades fisiográficas de la zona, además de los volcanes y calderas presentes en la zona, mostradas como triángulos y círculos respectivamente. Extraído y modificado de Houston <i>et al.</i> , 2011.....	31
Figura 9 Imagen satelital de la zona del Salar de las Parinas, Región de Atacama. Fuente: elaboración propia.....	32
Figura 10 Mapa geológico de la zona del salar de Las Parinas, en base a la carta "geología de las áreas Salar de Aguilar y Portezuelo de León Muerto, Región de Atacama, escala 1:100.000, realizado por Naranjo <i>et al.</i> , 2013.....	34
Figura 11 Mapa de estructuras de la zona del Salar de las Parinas. Fuente: elaboración propia en base a los estudios de Naranjo <i>et al.</i> , 2013. ....	37
Figura 12 Mapa de lineamientos regionales en el límite de Chile, Argentina y Bolivia. Con una estrella roja se identifica la ubicación del salar de estudio Extraído y modificado de Chernicoff <i>et al.</i> 2002.....	38
Figura 13 Fisonomía de vega salina de <i>Puccinellia frígida</i> en salar Parinas. Fuente: Ilustración extraída de informe DIA Proyecto Exploración Salares 7, Anexo C Línea base del medio biótico. ....	40
Figura 14 Imágenes de especímenes de la zona del salar de las Parinas. Extraído de informe Línea Base del Medio Biótico, Salares de Atacama Sociedad Contractual Minera, junio 2012.....	42
Figura 15 Vista de perfil de una depresión antes y después del relleno. (Como funciona FILL: ArcGIS Desktop website, 2017).....	45

Figura 16 Ilustración de la codificación de la dirección de flujo. (Como funciona Dirección de Flujo: ArcGIS Desktop website,2017).....	45
Figura 17 Mapa conceptual de la construcción de la red y cuenca hidrografica a partir de un modelo de elevación. Fuente: elaboración propia .....	46
Figura 18 Ilustración sobre la metodología seguida para la elaboración de la cuenca hidrográfica. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura 19 Esquema de colores de clasificación de tipos de acuíferos. Extraído y editado de Struckmeier y Margat, 1995.....	48
Figura 20 Imágenes de sondas multiparámetros utilizadas en terreno. A) Sonda multiparámetro HANNA HI98192 B) HANNA HI98129. Fuente: HANNA Instruments.....	55
Figura 21 Fotografía de extracción de muestra de agua en laguna superficial, Salar de las Parinas, Región de Atacama. Fotografía de elaboración propia ..	56
Figura 22 Muestras entregadas y refrigeradas en laboratorio de SERNAGEOMIN. Fotografía de elaboración propia .....	57
Figura 23. Ejemplo de diagrama Piper (Piper, 1944) .....	58
Figura 24 Diagrama Stiff (Santibañez, 2000) .....	59
Figura 25. Diagrama de evolución de aguas evaporadas según Hardie y Eugster (1970). Extraído y editado de Risacher <i>et al.</i> , (1999).....	60
Figura 26. Esquema de distribución isotópica durante el ciclo hidrológico. Extraído de García & Pinto, 2017 .....	63
Figura 27.Línea Meteórica Mundial y procesos fraccionadores. Extraído desde Soler et al., 2015. ....	64
Figura 28 Variación temporal $\delta^{34}\text{S}$ y $\delta^{18}\text{O}$ de sulfatos en evaporitas marinas. Extraído de Claypool et al. (1980) .....	65
Figura 29. Variaciones en la $\delta^{34}\text{S}$ del azufre y los compuestos de azufre. Extraído de Warren, 2016. ....	66
Figura 30 Variaciones de $\delta^{34}\text{S}$ y los compuestos de azufre en diferentes materiales naturales y compuestos antrópicos. Extraído de Vitoria et al. (2004) .....	66

Figura 31 Ilustración de los modelos de elevación utilizados para la delimitación de la cuenca. A) Modelo utilizado con el programa ArcGIS/ Arhydro, la zona del salar fue categorizada como un “cuerpo de agua” para el modelamiento y no fue necesario removerla. B)- Modelo utilizado con los programas ArcGIS / Hydrology y Global Mapper 15, al presentar problemas en la construcción de la red de drenaje, se removió los datos de la zona del salar. Fuente: elaboración propia .....	70
Figura 32 Mapa Hidrográfico de la cuenca del salar de las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	72
Figura 33 Mapa geológico de la cuenca del Salar de las Parinas a partir de los trabajos de Naranjo <i>et al.</i> , 1992 y Naranjo <i>et al.</i> , 2013 .....	73
Figura 34 Mapa zonificado de la distribución de la costra salina del Salar de las Parinas elaborado a partir de datos tomados en terreno, enero 2018. Fuente: elaboración propia.....	74
Figura 35 Fotografías de la zona de carbonatos / clástica del Salar de las Parinas. A)- Sedimentos no consolidados con predominancia de carbonatos que caracteriza dicha zona. Fotografía tomada en punto D2-P2. B)- Sedimentos de los depósitos aluvial/coluvial adyacentes en la zona suroriental del salar. Se destaca la predominancia de clastos volcánicos de colores negros. Fotografía tomada en punto D3-P1. C)- Perfil de la zona suroriental del Salar de las Parinas. Fotografía tomada en punto D2-P2. D)- Perfil delimitado de la transición de los diferentes depósitos en la zona suroriental del Salar de las Parinas. En tono amarillo corresponde a los depósitos aluvial/ coluvial y en tonos naranjas la zona de carbonatos. Fotografía tomada en punto D2-P2. ...	75
Figura 36 Fotografías de la zona de sulfatos del Salar de las Parinas. A)- Loma perteneciente a la zona de sulfatos, ubicada en la zona oriental del salar. Fotografía tomada en punto D3-P1. B)- Fotografía de detalle de la loma oriental, se aprecian los cristales de yeso inmersos en una matriz pardo de similar composición, con trazas de carbonatos. Fotografía tomada en punto D3-P2. C)- Loma de sulfatos de la zona oriental por su flanco occidental. Fotografía tomada en punto D3-P2. D)- Loma de sulfatos en la zona norte del salar, se caracteriza por ser la más alta (> 7 mts). Fotografía tomada en punto D3-P4 .	76
Figura 37 Fotografía tomada en el punto D3-P4, de la zona de sulfatos y cloruros del Salar de las Parinas. A)- Perfil de la zona occidental del Salar de las Parinas. B)- Perfil delimitado de la zona occidental del Salar de las Parinas. En tonos rojos corresponde a la zona de sulfatos y en tonos verdes la zona de Cloruros.....	77
Figura 38 Fotografías de texturas de la costra salina en la zona norte del Salar de las Parinas. A)- Costra con textura rugosa que sobresale del suelo del salar. Fotografía tomada en punto D1-P1. B)- Costra salina con grietas de resecación. Fotografía tomada en punto D2-P6 .....	78

Figura 39 Fotografías de las lagunas de la zona norte del Salar de las Parinas. A)-Zona de vertientes difusas en la zona norte del salar, el flujo de agua es muy débil y se caracteriza por ser un sector muy pantanoso. Fotografía tomada en punto D1-P2 B)- Lagunas someras en la zona norte del salar, se caracteriza por tener una capa de sales cristalinos al fondo de ella, lo que indica una gran saturación de sales en estas aguas. Fotografía tomada en punto D3-P5 ..... 78

Figura 40 Fotografías de costras salinas en la zona sur del Salar de las Parinas. A)-Limite de costra salina con laguna somera, en donde se distinguen los clastos volcánicos que están inmersos en la costra salina. Fotografía tomada en punto D3-P3. B)- Costra salina en la zona sur del salar con su característica textura rugosa, de colores blanco-marrón. Fotografía tomada en punto D2-P7. .... 79

Figura 41 Fotografías de la zona sur del Salar de las Parinas. A)-Laguna de la zona sur del salar, se caracteriza por sus aguas turbias color marrón. Fotografía tomada en punto D2-P8. B)- Foto panorámica del borde sur del salar, se destaca la amplia presencia de vega salina. Fotografía tomada en punto D2-P2 C)-Fotografía de vertientes hacia el centro del salar en el borde sur, se destaca la presencia de vega salina siempre asociada a las vertientes. Fotografía tomada en punto D2-P9. D)-Fotografía de flamencos en la zona sur del salar de las Parinas. Fotografía tomada en punto D2-P4. .... 79

Figura 42 Mapa hidrogeológico de la cuenca del Salar de Las Parinas, Región de Atacama. Fuente: elaboración propia..... 82

Figura 43 Mapa de la cuenca del Salar de las Parinas intersecada con las Isoyetas generadas por Amphos21, 2016. Fuente: elaboración propia ..... 83

Figura 44 Mapa de ubicación de muestras de agua y de costra salina tomadas en enero 2018. Fuente: elaboración propia..... 87

Figura 45 Diagrama Piper de muestras de agua recopiladas de los estudios de Risacher *et al.* (1999) ..... 89

Figura 46 Diagrama Piper de muestras de aguas recopiladas de los estudios de Troncoso *et al.* (2016) ..... 90

Figura 47 Diagrama Piper de muestras tomadas en terreno Salar de Las Parinas, enero 2018 ..... 91

Figura 48 Diagramas Stiff de muestras salinas de los estudios de Risacher *et al.* (1999) ..... 92

Figura 49 Diagramas Stiff de las muestras salinas de los estudios de Troncoso *et al.* (2016) ..... 92

Figura 50 Mapa de Diagramas Stiff de las muestras tomadas. Salar de Las Parinas, enero 2018. ....	93
Figura 51 Gráficos comparativos de litio con respecto a los elementos mayores de las muestras obtenidas en terreno (enero, 2018) .....	95
Figura 52 Gráficos comparativos de litio con respecto a los elementos mayores de las muestras del presente estudio, junto con las muestras de Risacher et al. (1999) y Troncoso et al. (2016). ....	96
Figura 53 Diagrama de elementos minoritarios y trazas de las muestras salinas de los estudios de Troncoso <i>et al.</i> (2016) .....	97
Figura 54 Diagrama de elementos minoritarios y trazas de las muestras salinas recopiladas en enero 2018 .....	98
Figura 55 Composición isotópica de muestras obtenidas del Salar de Las Parinas en enero 2018, contrastadas con la línea meteórica mundial (LMM). .	99
Figura 56 Gráfico de variación isotópica de deuterio% VSMOW con respecto a la altura .....	100
Figura 57 Gráfico de variación isotópica de <sup>18</sup> O% VSMOW con respecto a la altura .....	101
Figura 58 Gráfico de variación isotópica de <sup>34</sup> S% V-CDT con respecto al SO <sub>4</sub> .....	101
Figura 59 Análisis de imágenes Landsat 8 y Rapid Eye junto con el índice de vegetación (NDVI) .....	102
Figura 60 Mapa de zonas de protección de humedales del Salar de las Parinas .....	103
Figura 61 Modelo hidrogeológico de la cuenca del Salar de Las Parinas, región de Atacama .....	105
Figura 62 Resultados del cálculo de volumen del Salar de las Parinas, ilustrados en un modelo de elevación (DEM) generado a partir del modelo de triángulos irregulares (TIN).....	107
Figura 63 Esquema de la estructura interna propuesta para el Salar de Las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	108
Figura 64 Ilustración de los tres casos propuestos de potencias inferidas para el Salar de Las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	109

Figura 65 Mapa de puntos de muestreo de aguas superficiales y concentraciones de litio de muestras analizadas, junto a los trabajos de Risacher <i>et al.</i> (1999), Troncoso <i>et al.</i> (2016) y puntos tomados en este trabajo. ....	111
Figura 66 Mapa de concentración de litio delimitado por zonas del Salar de las Parinas a partir de muestras de aguas superficiales. ....	112
Figura 67 Mapa de isoyetas de las cuencas Altoandinas de la región de Atacama. Amphos 21, 2016 .....	145
Figura 68 Diagramas Stiff de muestras de agua PAR-1 a 7, Risacher 1999..	160
Figura 69 Diagramas Stiff muestras de agua LPA-RT-001 a 006, Troncoso 2016 .....	161
Figura 70 Diagramas Stiff de muestras de agua LPA-RT-007 a 011, Troncoso 2016. ....	162
Figura 71 Diagramas Stiff de muestras salinas del Salar de Las Parinas, ULP-01 a ULP-06, enero 2018. Fuente: elaboración propia.....	163
Figura 72. Diagramas Stiff de muestras salinas del Salar de Las Parinas, ULP-06 a ULP-12, enero 2018. Fuente: elaboración propia.....	164
Figura 73 Mapa de perfiles topográficos realizados en software ArcGIS, en la cuenca del Salar de las Parinas. Fuente: elaboración propia .....	165
Figura 74 Perfiles 1-3 con proyección de laderas adyacentes en Salar de Las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	166
Figura 75 Perfiles 4-6 con proyección de laderas adyacentes en Salar de Las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	167
Figura 76 Perfiles 7-9 con proyección de laderas adyacentes en Salar de Las Parinas. Fuente: elaboración propia.....	168