

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
1 Introducción	1
1.1 Formulación del trabajo	1
1.2 Objetivos generales	2
1.3 Objetivos específicos	2
1.4 Hipótesis	3
1.5 Metodología	3
1.5.1 Metodología de trabajo.....	3
1.5.2 Metodología de muestreo.....	6
2 Antecedentes Generales	8
2.1 Ubicación y Accesos	8
2.2 Antecedentes de trabajos previos	10
2.3 Clima	11
2.4 Geomorfología	12
2.4.1 Morfoestructuras principales.....	12
2.5 Hidrografía	14
2.6 Uso del suelo en la cuenca de Cauquenes	15
3 Marco Geológico	16
3.1 Geología de superficie	16
3.1.1 Basamento metamórfico (Pz4b, PzTr4, Silúrico?-Carbonífero).....	16
3.1.2 Depósitos y Rocas Estratificadas.....	17
3.1.3 Rocas intrusivas.....	20
3.1.4 Estructuras principales.....	22
4 Resultados	24
4.1 Geofísica	24
4.2 Estratigrafía cuaternaria	25
4.3 Hidrogeología	29
4.3.1 Mapa de isopiezas y dirección del flujo subterráneo.....	29
4.3.2 Definición de unidades hidroestratigráficas.....	31
4.4 Hidrogeoquímica	35
4.4.1 Captaciones superficiales y subterráneas.....	35
4.4.2 Parámetros fisicoquímicos.....	37
4.4.3 Salinidad.....	41
4.4.4 Balance iónico.....	41
4.4.5 Elementos Mayores.....	43

4.4.6	Elementos Traza	48
5	Discusiones.....	56
5.1	Hidrogeología.....	56
5.2	Hidrogeoquímica.....	57
5.2.1	Fisicoquímica.....	57
5.2.2	Elementos Mayores.....	57
5.2.3	Elementos Traza	74
5.2.4	Relación con aguas de la cuenca Perquillauquén	80
6	Conclusiones y recomendaciones.....	82
6.1	Conclusiones.....	82
6.2	Recomendaciones.....	83
	Bibliografía.....	86
	Anexo A: Recopilación de datos geológicos.....	90
	Anexo B: Recopilación de datos geofísicos	92
	Anexo C: Medición de niveles freáticos.....	100
	Anexo D: Catastro de pozos con estratigrafía.....	101
	Anexo E: Cálculo de parámetros hidráulicos	103
	Anexo F: Química de las aguas	104
	Anexo G: Perfil BB''	113
	Anexo H: Descripción de muestras	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Precipitaciones en estación Quella entre 1970 y 2017. Elaboración propia a partir de datos de la DGA.	1
Figura 1.2: Muestras de agua tomadas en campaña de terreno el mes de Febrero, 2017.	6
Figura 2.1: Mapa de ubicación y accesos de la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia.	8
Figura 2.2: Vías de acceso y división en subcuencas.	9
Figura 2.3: Variación mensual de temperatura en Cauquenes. Fuente: Maldonado, I., 2004.	11
Figura 2.4: Variación de precipitaciones (Ppp), evapotranspiración (ETP) e índice de humedad (IH) en Cauquenes. Fuente: Maldonado, I., 2004.	11
Figura 2.5: Mapa de morfoestructuras en la cuenca Cauquenes. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 2.6: Hidrografía de la cuenca Cauquenes. Fuente: Elaboración propia.	14

Figura 2.7: Usos de suelo de la cuenca Cauquenes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAF 2009.	15
Figura 3.1: Distribución de series metamórficas según la definición de González-Bonorino. Fuente: Escobar et al. 1977	17
Figura 3.2: Depósitos fluviales actuales	19
Figura 3.3: Basamento granítico	21
Figura 3.4: Falla en depósito fluvial antiguo	22
Figura 3.5: Geología regional de la zona de estudio. Fuente: Modificado de Escobar et al. (1977) y de SERNAGEOMIN (2001).	23
Figura 4.1: Mapa de profundidad de relleno de la cuenca Cauquenes en coordenadas UTM, WGS 84, huso 19S. Curvas destacadas cada 20 m. Fuente: Elaboración propia.	24
Figura 4.2: Distribución de perfiles estratigráficos.	25
Figura 4.3: Perfiles AA y BB. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 4.4: Perfiles CC y DD. Fuente: Elaboración propia.	27
Figura 4.5: Perfiles EE y FF. Fuente: Elaboración propia.	28
Figura 4.6: Mapa de isopiezas cada 5 metros. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 4.7: Perfiles hidrogeológicos AA' y BB'. La conductividad hidráulica K se encuentra en [m/día]. Fuente: Elaboración propia.....	33
Figura 4.8: Perfiles hidrogeológicos DD' y FF'. La conductividad hidráulica K se encuentra en [m/día]. Fuente: Elaboración propia.....	34
Figura 4.9: Ubicación de muestras tomadas en las campañas de invierno y de verano del 2017.	36
Figura 4.10: Mapa de conductividades eléctricas de aguas subterráneas y superficiales. La etiqueta muestra las profundidades de los pozos. Fuente: Elaboración propia.....	38
Figura 4.11: Mapa de pH elaborado a partir de muestras de aguas subterráneas y superficiales. Fuente: Elaboración propia	39
Figura 4.12: Temperatura de aguas subterráneas. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 4.13: Diagrama de Piper construido a partir de las muestras tomadas el año 2017. Fuente: Elaboración propia.	46
Figura 4.14: Diagramas de Stiff clasificado según Piper. Fuente: Elaboración propia. ..	47
Figura 4.15: Distribución y concentración del Antimonio a la izquierda y el Arsénico a la derecha.	51
Figura 4.16: Distribución y concentración del Cobre a la izquierda y el Cromo a la derecha.	52
Figura 4.17: Distribución y concentración del Fósforo a la izquierda y el Hierro a la derecha.	53
Figura 4.18: Distribución y concentración del Manganeso a la izquierda y el Vanadio a la derecha.	54
Figura 4.19: Distribución y concentración del Zinc.	55
Figura 5.1: Relación entre sodio y cloro para muestras profundas y someras.	58
Figura 5.2: Relación entre calcio y cloruros.....	59
Figura 5.3: Relación entre magnesio y cloruros.	60
Figura 5.4: Relación entre bicarbonatos y cloruros.	60
Figura 5.5: Distribución de muestras del grupo G1.	61

Figura 5.6: Relación entre potasio y cloruros.	62
Figura 5.7: Relación entre nitratos y cloruros.	63
Figura 5.8: Relación entre sulfatos y cloruros.	63
Figura 5.9: Distribución de muestras con probable contaminación agrícola.	65
Figura 5.10: Relación $rHCO_3/rCl$ vs rCl	66
Figura 5.11: Relación rNa/rCl vs rCl	66
Figura 5.12: Relación rCa/rCl vs rCl	67
Figura 5.13: Relación rNa/rCa vs rCl	68
Figura 5.14: Relación rMg/rCa vs rCl	69
Figura 5.15: Razón entre sulfatos y cloruros. Indica reducción de sulfatos.	69
Figura 5.16: Interpolación de la constante K, la cual crecería hacia sectores con reducción de sulfatos. Se consideraron muestras de la cuenca vecina del río Perquillauquén.	70
Figura 5.17: Distribución de oxígeno disuelto. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de DGA (2013).	71
Figura 5.18: Diagrama de Gibbs. Muestra el mecanismo que controlan la química de las aguas subterráneas.	72
Figura 5.19: Diagrama de Durov.	73
Figura 5.20: Relación entre antimonio y la salinidad.	75
Figura 5.21: Relación entre el fósforo y antimonio.	75
Figura 5.22: Relación entre cloruros y manganeso.	76
Figura 5.23: Relación entre hierro y cloruros.	77
Figura 5.24: Relación entre Hierro y Manganeso.	77
Figura 5.25: Relación entre el arsénico y la salinidad.	78
Figura 5.26: Relación entre arsénico y pH.	79
Figura 5.27: Relación entre arsénico y Manganeso.	79
Figura 5.28: Relación de recarga entre las cuencas Cauquenes y Perquillauquén.	80
Figura 5.29: Relación entre elementos mayores y cloruros de las cuencas Perquillauquén y Cauquenes.	81
Figura 6.1: Mapa hidrogeológico de la cuenca del río Cauquenes. Fuente: Elaboración propia	85
Figura A.1: Avance geológico de las hojas Rancagua-Curico, Talca-Linares, Chanco y Concepción-Chillán. Elaborado por Escobar et. al, 1977.	90
Figura A.2: Mapa de relleno de la cuenca Cauquenes en coordenadas UTM según datum WGS 84 y huso 19S. Fuente: DGA 2013.	91
Figura B.1: Distribución de estudios geofísicos anteriores. Coordenadas en UTM, datum WGS 84 y Huso 19S. Fuente: DGA,2013.	92
Figura B.2: Perfil de gravedad elaborado por AC ingenieros (1999). Fuente: DGA 2013.	93
Figura B.3: Perfiles gravimétricos obtenidos por GCF ingenieros. Fuente: DGA 2013.	94
Figura B.4: Perfiles gravimétricos obtenidos por GCF ingenieros. Fuente: DGA 2013.	95
Figura B.5: Perfiles gravimétricos obtenidos por GCF ingenieros. Fuente: DGA 2013.	96
Figura B.6: Distribución de perfiles gravimétricos elaborados por la DGA. Fuente: DGA,2013.....	99
Figura G.1: Perfil estratigráfico BB' extendido hacia la cuenca Perquillauquén.	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Métodos usados por laboratorio químico del SERNAGEOMÍN.	7
Tabla 2.1: Tipos de suelo según uso de la cuenca del río cauquenes. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CONAF 2009.	15
Tabla 4.1: Valores promedio de las profundidades del nivel estático en metros por subcuenca y por período.	29
Tabla 4.2: Cantidad de datos tomados por subcuenca y por período.	29
Tabla 4.3: Productividad según tipo de acuífero, tomada de Lekgowe & Magowe 2009	31
Tabla 4.4: Caracterización hidráulica según el tipo de acuífero, según Struckmeier y Margat (1995).	31
Tabla 4.5: Clasificación de salinidad según IDA.	41
Tabla 4.6: Error de los análisis químicos.	41
Tabla B.1: Resultado de SEVs realizados por AC en 1999. Fuente: DGA 2013.	93
Tabla B. 2: Resultados TEMs para el sector de Pocillas y San Juan. Fuente: DGA 2013.	97
Tabla B.3: Resultados TEMs para el sector de Cauquenes-Belco. Fuente: DGA 2013.	98
Tabla C.1: Niveles freáticos medidos en las 3 campañas de terreno.	100
Tabla D.1: Pozos catastrados utilizados para la construcción del modelo 3D y elaboración de perfiles estratigráficos.	101
Tabla E.1: Cálculos de conductividad hidráulica y transmisividad.	103
Tabla F.1: Resultado análisis químicos de las muestras de agua. Muestras 001 a 023.	104
Tabla F.2: Resultado análisis químicos de las muestras de agua. Muestras 024 a 034.	106
Tabla F.3: Resultado análisis químicos de las muestras de agua. Muestras 035 a 045.	108
Tabla F.4: Resultado análisis químicos de las muestras de agua. Muestras 046 a 056.	110
Tabla F.5: Limite de detección y errores asociados a los análisis químicos.	112