



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

ANÁLISIS PARA LA GESTIÓN DE LA RECARGA DE AGUAS EN LA
CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGA

LESLIE FRANCISCA BENITO BAEZA

PROFESOR GUÍA:

CARLOS PARRAGUEZ DECKER

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

DOLORINDA DANIELE

MIGUEL ÁNGEL CARO HERNÁNDEZ

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE GEÓLOGA
POR: LESLIE BENITO BAEZA
FECHA: 08/11/2017
PROFESOR GUÍA: CARLOS PARRAGUEZ DECKER

ANÁLISIS PARA LA GESTIÓN DE LA RECARGA DE AGUAS EN LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

Este trabajo presenta las bases para determinar la factibilidad de llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada de aguas en la cuenca del río Tinguiririca, con el objetivo de determinar el sector óptimo y su respectiva evaluación económica.

Primero, se presenta un pequeño resumen de las características de una recarga gestionada. Luego se detalla la geología e hidrogeología de la VI región. Posteriormente, se realiza una caracterización de la cuenca del río Tinguiririca, donde se describen: las cotas de terreno, espesor del acuífero, dirección de flujo subterráneo, constantes elásticas, flujos superficiales, la recarga y descarga en la cuenca, balance de masas, la vulnerabilidad y calidad del acuífero.

Una vez recopiladas las características mencionadas en el párrafo anterior, se determina un sector óptimo para llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada de aguas y luego un subsector dentro de este. Dicho subsector se denominó subsector 3.1, y se ubica al este de la comuna de San Fernando. Este sector fue elegido por presentar las mayores profundidades de nivel estático. No obstante, el nivel estático más profundo es de solo 25 metros, lo cual no permite un gran volumen de almacenamiento.

Pese a que el nivel estático es somero y las constantes elásticas no son óptimas, debido al gran caudal del río Tinguiririca, es posible llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada de aguas en el acuífero.

Se determina que los dispositivos de recarga de aguas para este sector son los pozos de inyección y zanjas de infiltración.

Luego se realiza una evaluación económica para 5 propuestas con variaciones en la cantidad de ambos dispositivos, lo que genera diferencias en área y por ende en la inversión, costos e ingresos anuales. Posteriormente, se calcula el valor actual neto (VAN) a 5 años para estas 5 opciones y se comparan los proyectos.

Finalmente, se consideran las consecuencias de la implementación de un proyecto de recarga gestionada como son la subida del nivel estático y el tiempo que tarda el agua infiltrada en desplazarse a lo largo del acuífero.

A mi familia

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradezco al profesor Carlos Parraguez por darme la oportunidad de poder investigar, desarrollarme en el área de la hidrogeología y por responder siempre todas mis preguntas.

Muchas gracias a la profesora Linda Daniele que siempre tuvo muy buena disposición para ayudarme.

Muchas gracias a Miguel Ángel Caro por su guía e indicaciones.

Muchas gracias a mis padres, Isabel y Carlos, no estaría aquí si no fuera por ellos. Pese a toda adversidad, siempre me animaron a seguir adelante con mis estudios.

Muchas gracias a mi hermano Jean, quien me acompañó 24 años y ahora se va a formar su vida al extranjero.

Gracias a la familia Baeza Ortiz y Benito Villanueva, que siempre me apoyaron en todo.

Gracias a mi prima Carolina Contreras por siempre preocuparse por mi salud y bienestar.

Gracias a los amigos de Bachillerato, Danilo, Andrea, Furby, con quienes compartí mis primeros años de universidad.

Gracias al Club de Kung Fu Chung ly Tang y en particular al Profesor Jaime Cáceres y Luis Carrasco quienes con sus consejos y enseñanzas me han enseñado a ser mejor persona tanto física como mentalmente.

Gracias a mi amiga Carolina Albornoz que siempre me ha apoyado, cuidado y ayudado en todo.

Gracias a mi pololo Chih Yu Chuang que ha estado presente en los último 6 años de mi vida y me ha acompañado en las buenas y en las malas.

Gracias a la familia Chuang por estar siempre presente y por el apoyo incondicional que siempre me han dado.

Sin la ayuda y apoyo de todos ellos, no estaría donde estoy ahora, así que solo me queda agradecer profundamente a todos y cada uno y agradecerle a la vida por haberlos puesto en mi camino.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Formulación del estudio propuesto	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Hipótesis de trabajo.....	2
1.4. Resultados esperados.....	2
1.5. Metodología	2
1.6. Alcances.....	3
2. RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS.....	4
2.1. Recarga de acuíferos	4
2.2. Definición de recarga gestionada de acuíferos	4
2.3. Aspectos técnicos	4
2.4. Mecanismos de infiltración	5
2.5. Ventajas y desventajas de la recarga gestionada	6
2.6. Experiencias en Chile.....	8
2.7. Aspectos legales en Chile	10
2.7.1. CDA Artículo 66	10
2.7.2. CDA Artículo 67	10
2.7.3. Decreto Supremos N°46 de 2003.....	11
2.7.4. Normal Chilena Oficial N.Ch 1333 Of.78	12
2.7.5. Norma Chilena Oficial N.Ch 409/1 Of.2005	12
3. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO	14
3.1. Descripción general de la zona	14
3.2. Vías de acceso.....	16
3.3. Clima.....	17

3.4.	Marco geológico	17
3.4.1.	Rocas estratificadas	18
3.4.2.	Depósitos cuaternarios	19
3.4.3.	Geología estructural	20
3.5.	Marco hidrogeológico	22
3.5.1.	Hidrogeología de la cuenca del Río Tinguiririca	22
3.5.2.	Hidrogeología del acuífero Tinguiririca	24
4.	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA Y ACUÍFERO TINGUIRIRICA	26
4.1.	Cotas del terreno.....	26
4.2.	Espesor del acuífero	30
4.3.	Espesor no saturado	32
4.4.	Dirección de flujo subterráneo.....	33
4.5.	Constantes elásticas	34
4.5.1.	Conductividad hidráulica.....	34
4.5.2.	Coeficiente de almacenamiento.....	35
4.6.	Flujos superficiales.....	37
4.7.	Recarga y descarga del sistema	43
4.7.1.	Recarga del sistema	43
4.7.2.	Descarga del sistema	47
4.7.3.	Balace de masas.	48
4.8.	Vulnerabilidad de acuíferos	54
4.9.	Calidad del agua	56
5.	RESULTADOS	60
5.1.	Determinación de Sectores	60
5.2.	Niveles estáticos de sectores 3.1 y 3.2	61
5.2.1.	Descensos en el acuífero	62
5.2.2.	Variación de niveles estáticos interanuales	63
5.3.	Flujos Superficiales del sector óptimo	65
5.4.	Constantes Elásticas del sector óptimo.....	68
5.4.1.	Conductividad hidráulica del sector óptimo	68
5.4.2.	Coeficiente de almacenamiento del sector óptimo	69
5.5.	Calidad del Agua.....	71

5.6.	Volumen de Almacenamiento	71
5.7.	Mecanismo de Recarga Gestionada de Aguas	71
5.8.	Evaluación Económica del Subsector Óptimo.....	72
5.8.1.	Caudal de infiltración	72
5.8.2.	Pozo de Inyección	73
5.8.3.	Zanjas de infiltración.....	76
5.8.4.	Proyectos de recarga gestionada	80
5.8.5.	Comparación de propuestas.....	90
5.9.	Efectos de la recarga gestionada en el subsector 3.1.....	91
5.9.1.	Subida de nivel estático del subsector 3.1.....	91
5.9.2.	Velocidad de desplazamiento del agua subterránea	92
6.	CONCLUSIONES	96
7.	RECOMENDACIONES.....	97
	BIBLIOGRAFÍA	98
	ANEXO A: RECARGA GESTIONADA DEL ACUÍFERO	I
	Aspectos técnicos	I
	i. Características del agua de recarga	I
	ii. Características del acuífero receptor.....	II
	iii. Características hidroclimatológicas	II
	iv. Características ambientales del entorno	III
	v. Alternativas de instalaciones de recarga.....	III
	Mecanismos de Infiltración.....	III
	Dispositivos Superficiales	III
	Dispositivos en la zona no saturada	V
	Dispositivos Profundos	V
	ANEXO B: REGISTRO DE POZOS DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA.	VII
	ANEXO C: CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA.....	XXII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dispositivos de recarga gestionada de acuíferos.	6
Tabla 2: Resumen de Estudios y diagnósticos de zonas para el desarrollo de proyectos pilotos.	8
Tabla 3: Límites máximos de concentraciones de contaminantes de las Normas Chilenas 1333 y 409.	13
Tabla 4: Sectorización del valle del río Tinguiririca.	16
Tabla 5: Registros de la profundidad de niveles estáticos, cota de terreno, fecha de registro del nivel estático y la cota de nivel estático de 46 pozos de la Cuenca del Tinguiririca.	27
Tabla 6: Coeficiente de almacenamiento en función de la conductividad hidráulica.	36
Tabla 7: Caudales promedios anuales en estaciones fluviométricas	38
Tabla 8: Probabilidad de Excedencia P_b y Periodo de Retornos T_r , donde m corresponde al número de orden y n a la cantidad de datos, en este caso 20.	40
Tabla 9: Caudales con probabilidad de excedencia para 50% y 20% para los 5 sectores.	43
Tabla 10: Recarga indirecta por cuencas aportantes y pozo de inyección.	46
Tabla 11: Balance hídrico promedio del acuífero para una explotación de 50 años	49
Tabla 12: Balance de Masas Sector 1, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.	50
Tabla 13: Balance de Masas Sector 2, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.	51
Tabla 14: Balance de Masas Sector 3, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.	52
Tabla 15: Balance de Masas Sector 4, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.	53
Tabla 16: Balance de Masas Sector 5, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.	54
Tabla 17: Sectores óptimos y sus pozos representativos.	61
Tabla 18: Registro actualizados de 2 pozos de los subsectores óptimos	62

Tabla 19: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones. Periodo 1996 – 2015. Fuente: Elaboración propia.	66
Tabla 20: Datos, valores y costos utilizados en la evaluación económica.	72
Tabla 21: Resumen de caudales [l/s]	72
Tabla 22: Resumen de valores y características del pozo tipo	75
Tabla 23: Resumen de valores de cada una de las variables para determinar el caudal infiltrado para un pozo de inyección.	75
Tabla 24: Número de pozos de inyección (P.I.) que se necesitan para captar de 100 a 10% de caudal susceptible (1500 l/s).	75
Tabla 25: Estimación de costo para la construcción de un pozo de inyección en la zona saturada de 60 metros de profundidad y cribas de 15 metros.....	76
Tabla 26: Valores de tasas de infiltración según tipo de suelo.....	78
Tabla 27: Resumen de valores de cada una de las variables para determinar el caudal infiltrado para una zanja de infiltración.	79
Tabla 28: Número de zanjas de infiltración (Z.I.) que se necesitan para captar de 100 a 10% de caudal susceptible (1500 l/s).	79
Tabla 29: Cubicación y presupuesto para una zanja de infiltración con las características de la tabla 15.....	80
Tabla 30: Datos necesarios para evaluar las diferentes alternativas de proyecto de recarga gestionada.....	80
Tabla 31: Inversión, Costos e Ingresos anuales para la propuesta 1.....	82
Tabla 32: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 1.	82
Tabla 33: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 2.....	84
Tabla 34: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 2.	84
Tabla 35: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 3.....	86
Tabla 36: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 3.	86
Tabla 37: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 4.....	88
Tabla 38: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 4.	88
Tabla 39: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 5.....	90

Tabla 40: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 4.	90
Tabla 41: Resumen de los Valores Actuales Netos de las 5 propuestas y las áreas necesarias.	91
Tabla 42: Valores de los parámetros para determinar la subida promedio de nivel estático.	92
Tabla 43: Valores medios, mínimos y máximos de la porosidad eficaz según tipo de sedimento.	94
Tabla 44: Distancia, gradiente hidráulica (i), conductividad hidráulica (k), velocidad de Darcy (v), velocidad real (VR) y tiempo en los 4 tramos.	94
Tabla 45: Tiempo en años del recorrido desde el tramo A al B, C, D y E.	95
Tabla 46: Resumen de los resultados de análisis químico de microelementos en aguas subterráneas de la VI región. (Análisis de concentraciones totales).	XXV

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de la Región del Libertador Bernardo O'higgins con sus 3 provincias. Provincia del Cachapoal en morado, Provincia de Cardenal Caro en naranja, y la provincia de Colchagua en amarillo. Los números del 1 al 33 representan las comunas de la región.	14
Figura 2: Mapa de cuencas de la VI región. La cuenca del Tinguiririca se encuentra dividida en 8 subcuencas: San Fernando, Chimbarongo, Tinguiririca Superior, Laguna San Vicente, Tinguiririca Inferior, Estero Las Cadenas-Marchigue, Las Cadenas-Yerbas Buenas, El Monte.	15
Figura 3: Vías de la provincia de Colchagua.	17
Figura 4: Mapa geológico de la VI región.	18
Figura 5: Esquema donde se presentan las estructuras de la escala regional (líneas azules) ubicadas en torno a la zona de estudio. Se despliega además la ubicación de los centros volcánicos activos (asteriscos celestes) y área de estudio de la Carta (recuadro amarillo).....	21
Figura 6: Mapa Hidrogeológico Regional de la VI región. (Basado en Geología escala 1:1.000.000, Sernageomin).	23
Figura 7: Acuíferos de la VI región. En azul se destaca la traza de uno de los perfiles realizados en el acuífero Tinguiririca.	24
Figura 8: Perfil 1 realizado en el acuífero Tinguiririca, atraviesa, de sur a norte, las localidades de Chimbarongo y San Fernando.	25
Figura 9: Cotas de terreno cada 100 metros m.s.n.m.	26

Figura 10: Proyección de los datos de niveles estáticos de la Tabla 4 en la cuenca del río Tinguiririca. Se observa que, a mayor nivel estático, mayor tamaño del signo.	29
Figura 11: Mapa de altura sobre el nivel del mar del nivel estático de la cuenca del río Tinguiririca. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 12: Espesor del acuífero Tinguiririca.	31
Figura 13: Superposición de las Figura 11 y Figura 12.	32
Figura 14: Dirección de flujo de aguas Subterráneas en la cuenca del Tinguiririca.	33
Figura 15: Conductividad Hidráulica media en el acuífero Tinguiririca en metros/día. ...	35
Figura 16: Coeficiente de Almacenamiento en función de la conductividad hidráulica en el acuífero Tinguiririca.	37
Figura 17: Ubicación de Sectores de la cuenca del Valle Tinguiririca.	41
Figura 18: Estaciones fluviométricas consideradas en el análisis de flujo superficial. ...	42
Figura 19: Infiltración de precipitación, riego agrícola y pérdida desde canales del Acuífero Tinguiririca. Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.	44
Figura 20: Recarga indirecta por cuencas aportantes (trazado azul) y pozo de inyección (puntos rojos). Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).	47
Figura 21: Vulnerabilidad a la Contaminación de los acuíferos en la VI Región.	56
Figura 22: Diagramas de Stiff-modificado para 70 muestras tomadas en la VI región en octubre de 2014. Fuente: Informe 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.	57
Figura 23: Representación mediante diagrama de Piper de las características químicas de las aguas subterráneas muestreadas en el acuífero Tinguiririca (Aguas Sulfatadas-Cálcicas – Bicarbonatadas). Fuente: Tomado de 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.	58
Figura 24: Clasificación de los 70 pozos muestreados según su condición de cumplimiento del estándar de calidad de agua potable NCh 409 Of.2005.	59
Figura 25: Sector óptimo para realizar la recarga artificial de aguas, Sector 3, marcado en rojo y los subsectores en verde.	60
Figura 26: Descenso proyectados a 50 años a futuro considerando la demanda total. .	63
Figura 27: Variación de Niveles estáticos interanuales, AP San Fernando.	64
Figura 28: Variación de Niveles estáticos interanuales, Fundo La Macarena.	64

Figura 29: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones, para los periodos de 1996 a 2000 y 2001 a 2005.	67
Figura 30: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones, para los periodos de 2006 a 2010 y 2011 a 2015.	68
Figura 31: Conductividad Hidráulica media en el Sector S3.	69
Figura 32: Coeficiente de Almacenamiento en el Sector S3.	70
Figura 33: Esquema de pozos o sondeos de inyección.	73
Figura 34: Esquema de pozo de inyección propuesto.....	74
Figura 35: Esquema de Zanja de infiltración.	77
Figura 36: Valores de Coeficiente de Seguridad.	78
Figura 37: Esquema de la propuesta 1; 192 pozos de inyección y su ubicación espacial.	81
Figura 38: Esquema de la propuesta 2; 435 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.	83
Figura 39: Esquema de la propuesta 3; 97 pozos de inyección y 217 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.	85
Figura 40: Esquema de la propuesta 4; 39 pozos de inyección y 348 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.	87
Figura 41: Esquema de la propuesta 5; 154 pozos de inyección y 87 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.	89
Figura 42: Conductividad hidráulica de la cuenca del río Tinguiririca [metros/días] y la división en 4 tramos desde el subsector óptimo 3.1 hasta el embalse Rapel.	93
Figura 43: Representación de rangos de concentración de nitrato detectado en los pozos muestreados en el acuífero de la VI región.....	XXIII

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Formulación del estudio propuesto

Chile posee recursos hídricos per cápita por sobre el promedio mundial, sin embargo, estos no se distribuyen equitativamente a lo largo del país. El norte grande y el norte chico se encuentran por debajo de los 800 m³/persona/año, mientras que en el sur esta cifra sobrepasa los 10.000 m³/persona/año (Banco Mundial, 2011).

El país es vulnerable a los efectos del cambio climático, tales como las inundaciones, el calor extremo y una menguante disponibilidad de agua. Las capas freáticas de varios acuíferos se han reducido dramáticamente y su monitoreo es limitado (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización, 2016).

Desde el año 2010 el territorio comprendido entre las regiones Coquimbo y la Araucanía ha experimentado un déficit de precipitaciones cercano al 30% (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)², 2015).

Según el informe de Pronósticos de disponibilidad de agua Temporada de Riego 2016-2017 realizado por la Dirección General de aguas (DGA), establece que desde la V hasta la VI región, se esperan volúmenes de deshielo del orden de un 65% de sus promedios. La cuenca del Aconcagua desde el punto de vista del riego no debiera presentar mayores problemas y desde el Maipo hasta el Tinguiririca el riego se deberá realizar con un uso cuidadoso de los recursos hídricos (DGA, 2016).

En la Región del Libertador Bernardo O'Higgins se ubican importantes acuíferos asociados a los ríos Cachapoal, Tinguiririca y Nilahue. Estos se caracterizan por su extensión y propiedades hidráulicas que le confieren interesantes perspectivas de explotación, como por ubicarse allí un creciente desarrollo poblacional, el cual es abastecido por ESSBIO mediante captaciones subterráneas y un progresivo avance industrial y agrícola; los cuales usan el recurso subterráneo como complemento (DGA, 2011).

El aprovechamiento de las aguas del sistema Rapel - Cachapoal - Tinguiririca se basa en el riego, la producción de energía eléctrica, la industria, la minería y el consumo por parte de la población (CNR, Situación del ámbito del riego en la VI región y propuesta de rediseño institucional, 2002).

La VI región del país ha incrementado su población en un 10% en 10 años¹, esto se debe, en parte, al creciente desarrollo en las actividades agrícolas. Dichas actividades generaron una fuerte explotación de los recursos hídricos subterráneos, ya que las principales fuentes superficiales se encontraban agotadas. No obstante, el agua escasea. Actualmente, existen zonas de recurso de agua subterránea que ya han sido cerradas por la Dirección General de Aguas.

¹ "CHILE: Proyecciones y Estimaciones de Población. 1990-2020 País y Regiones"

Se define como recarga gestionada de aguas a un conjunto de técnicas que permiten, mediante la intervención programada e introducción directa o inducida de agua en un acuífero, incrementar el grado de garantía y disponibilidad de los recursos hídricos, así como actuar sobre su calidad (MMA España, 2000).

El presente trabajo consiste en la investigación de los datos hidrológicos e hidrogeológicos existentes de la cuenca del río Tinguiririca con el fin de determinar la posibilidad de implementar la recarga gestionada de agua en el valle y definir cuáles son las zonas óptimas para llevar a cabo este método.

El área de interés del estudio comprende el valle del río Tinguiririca, desde sectores medios y altos hasta su desembocadura aguas abajo en el embalse Rapel. Esto se encuentra ubicado en la VI región, entre los 34,5° S y los 34,9°S y los 70,2° W a 71,4° W.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo consiste en determinar el sector más apto para implementar la recarga gestionada de aguas en la cuenca del Tinguiririca y su respectiva evaluación económica.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Determinar los sectores más adecuados para realizar un proyecto de recarga gestionada de aguas.
2. Establecer los mecanismos de recarga más apropiados para cada sector.
3. Realizar una evaluación preliminar de la implementación de uno o varios tipos de mecanismos de recarga.

1.3. Hipótesis de trabajo

Se plantea implementar el método de recarga gestionada de aguas en la cuenca del río Tinguiririca con el fin de mitigar, en medida de lo posible, la escasez en la zona.

1.4. Resultados esperados

Se espera que el nivel estático suba de manera que se puedan otorgar más derechos de aguas o que se pueda obtener más caudal de los pozos ya existentes.

1.5. Metodología

La metodología para cumplir cada uno de los objetivos específicos fueron las siguientes:

1. **Determinar los sectores más adecuados para realizar un proyecto de recarga gestionada de aguas.**

Con base en las características del acuífero y constantes elásticas se determina el sector y subsectores óptimos para realizar el proyecto.

2. Establecer los mecanismos de recarga más apropiados para cada sector.

Se evalúan todos los mecanismos descritos y se elige el que cumpla con las exigencias de cada tipo de dispositivo con respecto a las características del acuífero y también se considera el menos invasivo en cuanto al uso de terreno.

3. Realizar una evaluación preliminar de la implementación de uno o varios tipos de mecanismos de recarga.

Con base en el dispositivo seleccionado, se describe el dispositivo a instalar y se determina la cantidad de agua a infiltrar.

1.6. Alcances

El presente trabajo se realizó con base en antecedentes disponibles, recopilación bibliográfica y no contempló el levantamiento de información en terreno. Solo establece las bases e investigación hidrogeológica con el fin de determinar la mejor zona en la que se puede realizar una recarga gestionada de aguas en la cuenca del Tinguiririca con el fin de ayudar a mitigar, en la medida de lo posible, la escasez de aguas en la zona. Si bien se cuenta con un estudio económico básico, el cual considera el costo de la compra del terreno, las instalaciones del o de los métodos a utilizar para recargar el acuífero, y los costos de operación y mantención, este informe no contempla la implementación de dicho proyecto.

2. RECARGA GESTIONADA DE ACUÍFEROS

2.1. Recarga de acuíferos

La recarga de acuíferos puede producirse de manera natural, accidental o intencionada (Bouwer, 2002).

La recarga natural se produce por la diferencia de flujos de entrada (precipitaciones e infiltración de arroyos, lagos u otros cuerpos de agua naturales) y de salida (evapotranspiración y escorrentía). La recarga accidental es causada por actividades humanas que no fueron realizadas con la intención de recargar acuíferos. Estas actividades incluyen percolación de aguas en la eliminación de aguas residuales, pérdidas en la red de distribución de aguas, percolación de agua de riego (Bouwer et al. 1999a; Bouwer 2002b) y urbanización (Lerner, 2002). La recarga intencionada se realiza mediante la aplicación de métodos de recarga gestionada de aguas.

2.2. Definición de recarga gestionada de acuíferos

Se considera como recarga gestionada a cualquier acción antrópica destinada a incrementar la tasa de infiltración natural sobre un acuífero con el objeto de aprovechar la capacidad de regulación natural de éste para su aprovechamiento en un tiempo posterior o bien para reducir el nivel de sobreexplotación de largo plazo (Dirección General de Aguas, Análisis y Síntesis Preliminar de Iniciativas Sobre Recargas Artificial en Chile (DGA, 2013)).

Los principales objetivos de la recarga gestionada de acuíferos son:

- Almacenar en acuíferos agua superficial excedente, evitando las pérdidas por evaporación, utilizando la función captativa del acuífero, e incrementando el volumen del recurso de agua disponible.
- Transvasar el agua de un punto a otro, sin necesidad de obras de conducción, actuando el acuífero no solo como almacén, sino también como elemento de transporte.
- Crear barreras para:
 - frenar el descenso regional del nivel de aguas subterráneas,
 - frenar el avance de la intrusión marina, o
 - limitar la extensión del cono de drenaje producido por un drenaje minero u excavación subterránea.
- Actuar frente a problemas de subsidencia.

2.3. Aspectos técnicos

El desarrollo de obras de recarga gestionada requiere de ciertas condiciones que favorecen o facilitan el proceso de infiltración y almacenamiento de las aguas en el acuífero. Aunque no son totalmente limitantes pueden condicionar de forma importante el objetivo

de una obra de recarga. Dichas condiciones tienen que ver con contar con suelos permeables que condicionan el método de recarga, un acuífero suficientemente permeable para asegurar un proceso de infiltración eficiente hasta la napa y un agua de recarga de calidad adecuada tanto física (desprovista de sedimentos), como química (que no afecte la calidad natural del agua de la napa).

En términos generales, los estudios de base y la ejecución del proyecto requieren abordar aspectos tales como: análisis de usos y demandas, caracterización hidrológica, climatológica e hidroquímica; caracterización hidrogeológica, modelación numérica del sistema hidrogeológico (simulación para diseño, operación y gestión), desarrollo de estudios hidrogeológicos de detalle; levantamiento de información de terreno; idealmente la construcción de una instalación piloto y, su seguimiento y control.

Lo anterior permite disponer de un conocimiento básico para la evaluación de la obra de recarga e identificar de forma adecuada los factores que condicionan su realización. Dichos factores corresponden a: características del agua de recarga; características del acuífero receptor; condiciones meteorológicas y ambientales del entorno, y características de la instalación y método de recarga. El detalle de cada uno de estos factores es posible encontrarlos en el ANEXO A (DGA, 2013).

2.4. Mecanismos de infiltración

Existen diversos tipos de métodos o dispositivos desarrollados para incrementar la recarga hacia los acuíferos, de hecho, hay varios métodos de carácter ancestral utilizados en la zona de los Andes (por ejemplo: terrazas de riego y canales o zanjas interceptoras) cuyos fundamentos se siguen aplicando en la actualidad.

Los dispositivos u obras de recarga se pueden clasificar en dos grandes grupos: superficiales y profundos, tal como se ve en la Tabla 1. Las obras de carácter superficial, como su nombre lo señala, buscan infiltrar el agua desde la superficie, ya sea en el cauce natural o fuera de éste; en contraposición, las obras profundas o subterráneas; buscan infiltrar el agua en profundidad, es decir en forma directa en el subsuelo, usualmente en contacto con el agua almacenada.

En el primer caso la recarga aplica a acuíferos libres, por cuanto en acuíferos confinados la capa confinante impide el ingreso de las aguas de recarga inducida por esta vía. En el caso de los métodos subterráneos este condicionamiento no existe. La explicación, en detalle, de cada uno de los mecanismos de infiltración que son mencionados a continuación, se encuentran en el ANEXO A.

Tabla 1: Dispositivos de recarga gestionada de acuíferos.

Dispositivo	Superficial	Dentro del cauce	Serpenteos, barreras o diques
			Escarificación lecho del cauce
			Zanjas en cauce
			Barreras en cauce
		Fuera del cauce	Zanjas, acequias o canales
			Balsas, lagunas o piscinas de infiltración
			Superficies de recarga
			Filtración interdunar
	Zona no saturada	Zanjas o fosas de recarga	
		Pozos en zona vadosa	
	Profundo	Pozo de inyección	
		Balsas o zanjas con pozos de infiltración	
		Galerías filtrantes	
		Pozos con galerías	
		Simas y dolinas	
Filtración en el lecho de los ríos			

Fuente: Modificado de Análisis y síntesis preliminar de iniciativas sobre recarga artificial en Chile, DGA, 2013.

2.5. Ventajas y desventajas de la recarga gestionada

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas de la recarga artificial de acuíferos (Todd & Mays, 2004), (DGA, 2013).

Las ventajas de la recarga artificial de acuíferos son:

- Reducir el descenso del nivel del agua producido por sobre-bombeo o sobreexplotación, que genera los consiguientes problemas y sobrecostos derivados de abandono de pozos o re-profundización de los mismos.
- Utilización del acuífero como embalse regulador natural, favoreciendo la reducción de pérdidas por evaporación, y por otro, facilitar a los usuarios la oportunidad de tener una cierta independencia de las intermitencias del ciclo hidrológico, y una favorable repartición temporal de los recursos, aumentando el rendimiento y la regulación de los recursos del agua.
- Utilización del acuífero como red de distribución, lo que permite reducir o evitar la construcción o instalación de obras de conducción o distribución.
- Permitir compensación de efecto de pérdida de recarga natural producido por actividades antrópicas tales como modificación de cauces, urbanizaciones, drenajes, etc.

- Evitar que aguas de inferior calidad existentes en el acuífero se desplacen hacia las captaciones de buena calidad.
- Establecer una barrera hidráulica para controlar o “encapsular” focos de contaminación.
- Evacuación y depuración de aguas residuales tratadas, en la medida que las disposiciones vigentes lo permitan, a través de su infiltración en el terreno.
- Control de intrusión salina en zonas costeras.
- Permite almacenar recursos en un reservorio natural, evitando la inundación de áreas como ocurre con los embalses tradicionales y evitando que parte de los recursos superficiales se pierdan en el mar durante épocas de crecidas.
- Utiliza al acuífero como embalse regulador, almacén y red de distribución dentro de un sistema integrado.
- Es una forma de intervención que permite aminorar los efectos de la desertificación, ayuda a paliar los efectos adversos del cambio climático y puede ayudar a disminuir la erosión de los suelos.
- Es una forma de compensar la pérdida natural de recarga debido a acciones antrópicas.
- Muchos sitios de gran tamaño y capacidad disponibles.
- Requiere solo un área pequeña para trabajar.
- La posibilidad de daño o falla catastrófica es casi nula en comparación con un sistema de almacenamiento superficial tal como represas.
- El agua almacenada se encuentra a salvo de precipitaciones radiactivas inmediatas.

Desventajas:

- El agua debe ser bombeada.
- El agua puede mineralizarse.
- Poco control del flujo de agua.
- Flujo limitado en algunos puntos
- Investigación, evaluación y gestión muy difícil y costosa.
- La oportunidad de recarga usualmente depende de superávit de flujos superficiales.

- El agua por recargar puede requerir costosos tratamientos, debido a que ésta debe tener una calidad igual o superior a la existente en el acuífero.
- Mantención de áreas de recargas y pozos debe ser continua y es costosa.

2.6. Experiencias en Chile

La recopilación de las experiencias de recarga artificial de acuíferos se encuentra en un informe realizado por el MOP en 2016, Situación general sobre las aguas subterráneas de la región de Coquimbo.

La experiencia data de inicio de los años 70 a nivel de estudios y tesis de grado (MOP, 1975; Ramírez, 1972): Cuenca del río Maipo y acuíferos de las Condes.

A partir del año 2000 es donde se llevan a cabo algunos proyectos y experiencias piloto tanto en recargas de aguas superficiales, como aguas servidas tratadas (Brown, 2002).

Las iniciativas han sido dirigidas por DGA, DOH y CNR, además de sectores privados (Sociedad de Canal del Maipo) y academia (Universidad Católica del Norte).

En este contexto, se puede mencionar los estudios y diagnósticos de zonas para el desarrollo de proyectos pilotos presentes en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de Estudios y diagnósticos de zonas para el desarrollo de proyectos pilotos.

Nombre	Fecha	Institución	Tipo
Mejoramiento del Sistema de Aguas Subterráneas para su utilización en Riego en la cuenca del Río Copiapó	2012	CNR	Estudio
Objetivo: Analizar alternativas a nivel de prefactibilidad, de obras de infiltración del agua subterránea para su uso en riego, proponiendo obras que permitan la utilización óptima de los recursos superficial y subterráneo a través de recarga y del embalsamiento natural o artificial en el Acuífero.			
Estudio Recarga Artificial de Acuíferos en el Valle del Aconcagua Usando Derechos Eventuales del Fisco	2012	DOH	Estudio
Objetivo: Relatar el avance del proyecto de recarga artificial (o recarga inducida) en la cuenca del río Aconcagua, a lo largo del segundo semestre de 2011, y entregar los resultados de los principales análisis hidrológicos realizados; concepciones de proyectos alternativos y complementarios que podrían desarrollarse; y concepción de las etapas iniciales necesarias para construir un buen proyecto.			
Análisis de potencialidad de recarga artificial acuíferos primera y tercera sección valle del Aconcagua	2012	DOH	Estudio
Objetivo: Análisis de la factibilidad hidrogeológica de realizar proyectos de recarga artificial en los acuíferos de la primera y tercera sección del río Aconcagua.			
Investigación Recarga Artificial Acuíferos Cuencas del Río Choapa y Quilimarí, Región de Coquimbo	2012	DGA	Estudio

Objetivo: Identificación de zonas de infiltración relevantes de los acuíferos de las cuencas del Choapa y Quilimarí para la implementación de obras de recarga artificial.			
Mejoramiento de Agua Subterránea para Riego Ligua y Petorca	2013	CNR	Estudio
Objetivo: Analizar alternativas y desarrollar, a nivel de prefactibilidad, obras de recarga artificial, en las cuencas de Ligua y Petorca, para su uso en riego.			
Análisis de alternativas piloto recarga artificial Ligua – Petorca, V Región	2013	CNR	Piloto
Objetivo: Ejecutar un Plan Piloto de recarga artificial, de manera de rescatar indicadores y resultados que sirvan para extrapolar la experiencia conseguida, tanto en futuros proyectos pilotos en otras zonas del país, como en proyectos a mayor escala.			
Estudio Diagnóstico de Zonas Potenciales de Recarga de Acuíferos en las Regiones de Arica y Parinacota a la Región Del Maule	2013	CNR	Estudio
Objetivo: Determinación de zonas potenciales para aplicar recarga artificial de acuíferos, en las principales cuencas ubicadas entre las regiones de Arica y Parinacota a Maule.			
Proyecto Piloto de recarga artificial en el acuífero de Santiago	2013	Sociedad Canalista del Maipo	Piloto
Objetivo: Realizar un piloto de recarga artificial en el acuífero de Santiago; Establecer los requerimientos operacionales para el desarrollo de proyectos a mayor escala; y Estudiar el impacto de la recarga sobre el acuífero.			
Caracterización de la cuenca del río San José para la implementación de un programa de recarga artificial de acuíferos	2014	INH	Estudio
Objetivo: Caracterizar la cuenca del Río San José para la implementación de un programa de Recarga Artificial de Acuíferos.			
Estudio e Implementación de un Plan Piloto de Recargas Artificiales a los Acuíferos del Valle del Aconcagua	2015	DOH	Piloto (en desarrollo)
Objetivo: Realizar pruebas físicas que permitan validar o mejorar los parámetros y variables teóricas, de modo de contar con el conocimiento necesario para diseñar, construir y operar sistemas de recarga artificial de acuíferos a escala industrial, en el valle del Aconcagua.			
Evaluación técnica, económica, ambiental y jurídica, para la recarga artificial de acuíferos. Análisis específico para la provincia de Elqui, Región de Coquimbo	2015	UCN	Estudio
Objetivo: Generación de una herramienta de apoyo, a través de una herramienta SIG, para la toma de decisiones desde el punto vista, técnico, jurídico, económico y ambiental; sobre la recarga artificial de acuíferos en la provincia de Elqui, región de Coquimbo.			
Evaluación técnica, económica, ambiental y jurídica, para la recarga artificial de acuíferos. Análisis específico para la provincia de Elqui, Región de Coquimbo (2014 -)	2015	UCN	Estudio
Generación de una herramienta de apoyo, a través de una herramienta SIG, para la toma de decisiones desde el punto vista, técnico, jurídico, económico y ambiental; sobre la recarga artificial de acuíferos en la provincia de Elqui, región de Coquimbo.			

Estudio “Diagnóstico de Metodología para la Presentación y Análisis de Proyectos de Recarga Artificial de Acuíferos”	2015	DGA	Estudio
Objetivo: Desarrollar una guía metodológica para la presentación, evaluación y análisis de proyectos de recarga artificial de acuíferos en Chile.			
Estudio e Implementación de un Plan Piloto de Recargas Artificiales a los Acuíferos del Valle del Aconcagua	2016	DOH	Piloto (en desarrollo)
Objetivo: Realizar pruebas físicas que permitan validar o mejorar los parámetros y variables teóricas, de modo de contar con el conocimiento necesario para diseñar, construir y operar sistemas de recarga artificial de acuíferos a escala industrial, en el valle del Aconcagua.			

Fuente: Modificado de la presentación ‘Situación general de las aguas subterráneas en la región de Coquimbo’, DGA 2016.

2.7. Aspectos legales en Chile

Con respecto a los derechos de aprovechamiento de agua, el código de aguas (CDA) de 1981 contiene dos artículos referidos a proyectos de recarga artificial de aguas en Chile. Tales artículos son el 66 y 67.

El Decreto Supremo N° 46 establece la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.

Finalmente se debe tener en cuenta las normas chilenas 1333 Of.78 y 409 Of.2005, las cuales establecen los requisitos de calidad del agua para diferentes usos y agua potable respectivamente.

2.7.1. CDA Artículo 66

La Dirección General de Aguas podrá otorgar provisionalmente derechos de aprovechamiento en aquellas zonas que haya declarado de restricción. En dichas zonas, la citada Dirección limitará prudencialmente los nuevos derechos pudiendo incluso dejarlos sin efecto en caso de constatar perjuicios a los derechos ya constituidos.

Sin perjuicio de lo establecido en el inciso primero del artículo 67, y no siendo necesario que anteriormente se haya declarado área de restricción, previa autorización de la Dirección General de Aguas, cualquier persona podrá ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos, teniendo por ello la preferencia para que se le constituya un derecho de aprovechamiento provisional sobre las aguas subterráneas derivadas de tales obras y mientras ellas se mantengan.

2.7.2. CDA Artículo 67

Los derechos de aprovechamiento otorgados de acuerdo al artículo anterior, se podrán transformar en definitivos una vez transcurridos cinco años de ejercicio efectivo en los términos concedidos, y siempre que los titulares de derechos ya constituidos no demuestren haber sufrido daños. Lo anterior no será aplicable en el caso del inciso

segundo del artículo 66, situación en la cual subsistirán los derechos provisionales mientras persista la recarga artificial.

La Dirección General de Aguas declarará la calidad de derechos definitivos a petición de los interesados y previa comprobación del cumplimiento de las condiciones establecidas en el inciso precedente.

2.7.3. Decreto Supremos N°46 de 2003

Establece la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas.

Considerando:

- 1) Que las aguas subterráneas representan una importante fuente de suministro de agua para las ciudades. Aproximadamente el 77% del agua utilizada por los servicios de agua potable rural proviene de esta fuente, y en el caso del abastecimiento urbano es de alrededor de un 40% a nivel nacional, según estadísticas de la Superintendencia de Servicios Sanitarios al 31 de diciembre de 1995. La proporción de uso de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano es variable, llegando a ser prácticamente en su totalidad para las ciudades del norte del país.
- 2) Que otros usos importantes de las aguas subterráneas, sobre todo entre la zona central y el norte del país, son la agricultura, la industria y la minería. Sin embargo, dada la importancia vital que tiene el consumo de agua para la población, se considera de la mayor relevancia el uso para el abastecimiento de agua potable, dentro del contexto general de la explotación de las aguas subterráneas.
- 3) Que la presente norma de emisión tiene como objeto de protección prevenir la contaminación de las aguas subterráneas, mediante el control de la disposición de los residuos líquidos que se infiltran a través del subsuelo al acuífero. Con lo anterior, se contribuye a mantener la calidad ambiental de las aguas subterráneas.

Se destacan 5 de los 28 artículos presentes en el Decreto.

Artículo 1º. Establécese la siguiente norma de emisión que determina las concentraciones máximas de contaminantes permitidas en los residuos líquidos que son descargados por la fuente emisora², a través del suelo, a las zonas saturadas de los acuíferos, mediante obras destinadas a infiltrarlo.

Artículo 2º. La presente norma no será aplicable a las labores de riego, a los depósitos de relaves y a la inyección de las aguas de formación a los pozos de producción en los yacimientos de hidrocarburos.

² Fuente Emisora: Establecimiento que descarga sus residuos líquidos por medios de obras de infiltración tales como zanjas, drenes, lagunas, pozos de infiltración, u otra obra destinada a infiltrar dichos residuos a través de la zona no saturada del acuífero, como resultado de su proceso, actividad o servicio con una carga contaminante media diaria superior en uno o más para los parámetros indicados en la tabla denominada ESTABLECIMIENTO EMISOR.

Artículo 3º. La presente norma se aplicará en todo el territorio nacional.

Artículo 8º. No se podrá emitir directamente a la zona saturada del acuífero, salvo que la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural.

Artículo 9º. Si la vulnerabilidad del acuífero es calificada por la Dirección General de Aguas como alta, sólo se podrá disponer residuos líquidos mediante infiltración, cuando la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural de acuíferos.

Estas disposiciones aplican al caso de recarga de aguas derivadas de tratamiento, sin perjuicio de las disposiciones aplicables al caso, enumeradas previamente.

2.7.4. Norma Chilena Oficial N.Ch 1333 Of.78

Esta norma establece los requisitos de calidad de agua para diferentes usos: agua para consumo humano, agua para la bebida de animales, riego, recreación y estética y vida acuática. Fija un criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. Estos criterios tienen por objeto proteger y preservar la calidad de las aguas que se destinen a usos específicos, de la degradación producida por contaminación con residuos de cualquier tipo u origen. En la Tabla 3 se aprecian los límites máximos de contaminantes y sus unidades.

2.7.5. Norma Chilena Oficial N.Ch 409/1 Of.2005

Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional y se aplica al agua potable proveniente de cualquier servicio de abastecimiento.

Se entiende por agua potable a toda agua que cumple con todos los requisitos físicos, químicos, bacteriológicos y de desinfección establecidos en la Norma NCH 409/1, que aseguran su inocuidad y aptitud para el consumo humano.

Define requisitos, exige concentraciones menores al máximo para contaminantes químicos, exige contenido mínimo para desinfectante activo residual, exige ausencia de contaminación por bacterias fecales. En la Tabla 3 se aprecian los límites máximos de contaminantes y sus unidades.

Tabla 3: Límites máximos de concentraciones de contaminantes de las Normas Chilenas 1333 y 409.

N.Ch 1333			N.Ch 409		
Parámetro	Unidad	límite NCh 1333	Análisis físicos		
pH	adimensional	5.5-9	Parámetro	Unidad	Límite NCh 409
Aluminio	mg/l	5	Turbiedad	UTN	20
Arsénico	mg/l	0,1	Color Verdadero	Pt-Co	20
Bario	mg/l	4	Olor	adimensional	Inodora
Berilio	mg/l	0,1	Sabor	adimensional	Insípida
Boro	mg/l	0,75	Análisis químicos		
Cadmio	mg/l	0,01	Parámetro	Unidad	Límite NCh 409
Cianuro	mg/l	0,2	pH	adimensional	6,5-8,5
Cloruro	mg/l	200	Amoniaco	mg/l	1,5
Cobalto	mg/l	0,05	Arsénico	mg/l	0,01
Cobre	mg/l	0,2	Cadmio	mg/l	0,01
Col. Fec.	NMP/100ml	1000/100ml	Cianuro	mg/l	0,05
Cond. Específica	µmho/cm	•	Cloro Libre Res.	mg/l	• 0,2-2□
Cromo	mg/l	0,1	Cloruro	mg/l	400□
Fluoruro	mg/l	1	Cobre	mg/l	2
Hierro	mg/l	5	Comp. Fenólicos	mg/l	0,002
Litio	mg/l	2,5	Cromo Total	mg/l	0,05
Litio Cítrico	mg/l	n0,075	Fluoruro	mg/l	1,5
Manganeso	mg/l	0,2	Hierro Total	mg/l	0,3
Mercurio	mg/l	0,001	Magnesio	mg/l	125
Molibdeno	mg/l	0,01	Manganeso	mg/l	0,1
Níquel	mg/l	0,2	Mercurio	mg/l	0,001
Plata	mg/l	0,2	Nitrato	mg/l	50
Plomo	mg/l	5	Nitrito	mg/l	3
Razón NO ₂ +NO ₃	adimensional	•	Plomo	mg/l	0,05
Selenio	mg/l	0,02	Razón NO ₂ +NO ₃	adimensional	1
Sodio Porcentual	Porc. %	35	Selenio	mg/l	0,01
STD	mg/l	•	STD	mg/l	1500
Sulfato	mg/l	250	Sulfato	mg/l	500□
Vanadio	mg/l	0,1	Zinc	mg/l	3
Zinc	mg/l	2	Análisis bacteriológico		
•	Máximo dependiente del tipo de cultivo	Parámetro	Unidad	Límite NCh 409	
		Coliformes Totales	UFC/100ml	□	
□	Máximo permitido para el cultivo de cítricos	Escherichia Coli	P/A	□	
		□	Rango Aceptable		
□	El agua potable debe estar exenta de Coliformes Totales y Escherichia Coli. Ante la presencia de Coliformes Totales y/o E. Coli se deben tomar las medidas necesarias y remuestrear en días consecutivos, hasta que no se detecten en dos oportunidades seguidas.				
□	La autoridad competente, de acuerdo con las instrucciones impartidas por el ministerio de Salud, podrá autorizar valores superiores a los límites máximos señalados en esta tabla, conforme a la reglamentación sanitaria vigente.				

Fuente: Datos tomados de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

3. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

El presente capítulo contiene una descripción general de la zona, su ubicación y vías de acceso, una división de las cuencas de la VI región, para luego dividir en 6 subsectores la cuenca del acuífero del río Tinguiririca. Finalmente se describe el clima, la geología e hidrogeología de la VI Región, presentando más detalle en la zona de San Fernando.

3.1. Descripción general de la zona

La Región del Libertador Bernardo O'higgins abarca una superficie de 16.387 km², representando el 2,2% del territorio nacional continental. Sus límites son por el norte la Región Metropolitana de Santiago, y por el sur la Región del Maule, al oeste con el Océano Pacífico y al este con la Cordillera de Los Andes. Su capital regional es Rancagua.

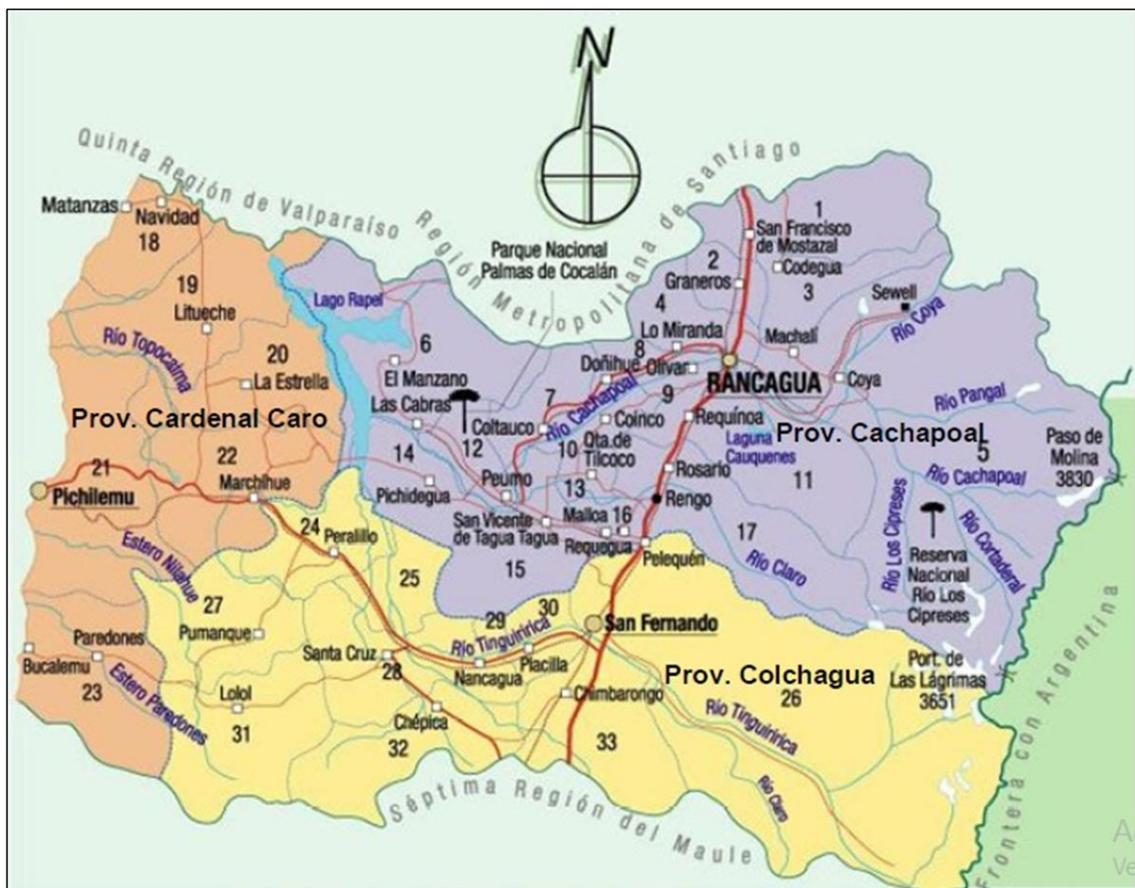


Figura 1: Mapa de la Región del Libertador Bernardo O'higgins con sus 3 provincias. Provincia del Cachapoal en morado, Provincia de Cardenal Caro en naranja, y la provincia de Colchagua en amarillo. Los números del 1 al 33 representan las comunas de la región.

Fuente: DGA, 2011.

Se encuentra compuesta por la provincia del Cachapoal, la provincia de Cardenal Caro y la provincia de Colchagua. La distribución de la población se incrementa en la depresión intermedia, lo que genera la presencia de numerosos poblados y ciudades pequeñas. Según INE la población proyectada al 2016 alcanza a 926.828 habitantes y una densidad

de 56,6 habitantes por kilómetro cuadrado. La actividad económica se distribuye en diferentes rubros, destacando la actividad agrícola, la industria de los alimentos y la minería como las más representativa (BCN Biblioteca del Congreso Nacional, s.f.).

El área de interés comprende la cuenca del río Tinguiririca (sector amarillo en la Figura 1) que se encuentra ubicada en la provincia de Colchagua. La zona abarca desde sectores medios y altos, hasta su desembocadura aguas abajo en el embalse Rapel. Esto se encuentra ubicada en la VI región, entre los 34,5° S y los 34,9° S y los 70,2° W a 71,4° W. Consta de un área de 2.259,3 Km² aproximadamente.

En la cuenca del río Tinguiririca se encuentra el acuífero homónimo, y se está compuesto principalmente por depósitos fluviales.

El acuífero Tinguiririca varía su comportamiento a lo largo de su cauce. En el informe llamado “Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la VI región”, realizado por el departamento de administración de recursos hídricos en 2005, realizaron una sectorización del acuífero. Es posible determinar 7 sectores. Estos se aprecian en la Figura 2 y la descripción de la cada una se encuentra la Tabla 4.

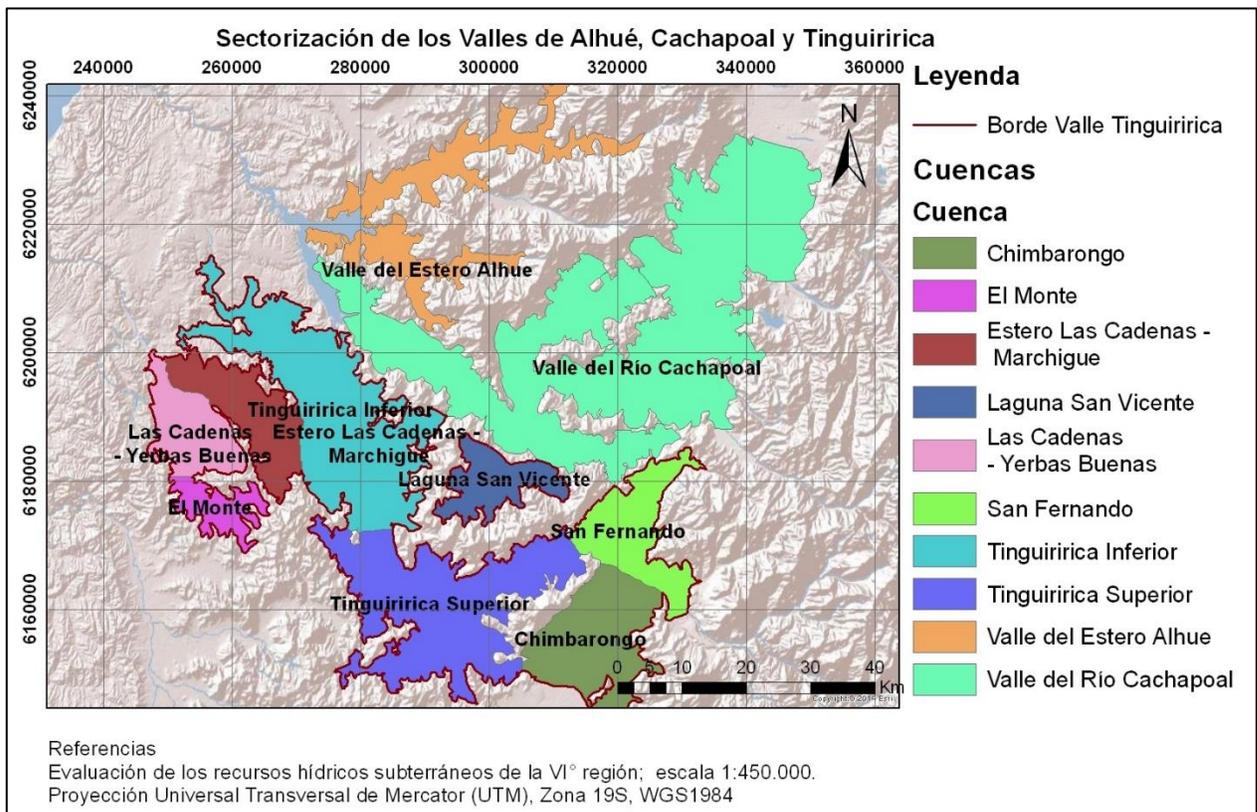


Figura 2: Mapa de cuencas de la VI región. La cuenca del Tinguiririca se encuentra dividida en 8 subcuencas: San Fernando, Chimbarongo, Tinguiririca Superior, Laguna San Vicente, Tinguiririca Inferior, Estero Las Cadenas-Marchigüe, Las Cadenas-Yervas Buenas, El Monte.

Fuente: Modificado del Informe Técnico ‘Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI^o Región’. DGA, 2005.

Tabla 4: Sectorización del valle del río Tinguiririca.

VALLE DEL RÍO TINGUIRIRICA	
SECTOR	DESCRIPCIÓN
Tinguiririca Superior	Este sector corresponde a la parte intermedia del río Tinguiririca. Se encuentra delimitado superiormente aguas debajo de la localidad de San Fernando por el lado del río Tinguiririca y por el embalse Convento viejo por el lado del estero Chimbarongo. Su descarga se produce aguas abajo de la localidad de Santa Cruz.
Tinguiririca Inferior	Este sector corresponde a la parte baja del curso del río Tinguiririca y su desembocadura al embalse Rapel. Se encuentra delimitado superiormente por la zona del Tinguiririca Superior.
San Fernando	Este sector corresponde a la parte alta del río Tinguiririca, aguas arriba de la localidad de San Fernando. Entre los cursos superficiales se le asocia la parte alta del río Tinguiririca y el estero Antivero.
Chimbarongo	Este sector corresponde a la localidad de Chimbarongo y se encuentra aguas arriba del embalse Convento Viejo.
El Monte	Este sector corresponde al estero El Monte.
Las Cadenas - Yervas Buenas	Este corresponde a la zona del estero Las Cadenas aguas abajo del estero El Monte y abarca la cuenca aportante del estero Yervas Buenas. Su límite inferior corresponde al estero Las Rosas.
Las Cadenas - Marchigue	Este corresponde al relleno asociado al estero Las Cadenas entre el estero la Rosa y la Confluencia del estero las Cadenas con el estero Peralillo.
Laguna San Vicente	Este sector se ubica al sur de la localidad de San Vicente de Tagua Tagua y se encuentra asociado a la Laguna San Vicente

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

3.2. Vías de acceso

Para ingresar y recorrer la Provincia de Colchagua las principales rutas son la 5 Sur y la I-45.

A la comuna de San Fernando se puede acceder a través de la ruta 5 Sur. La ruta I-45 acompaña al río Tinguiririca desde las termas del Flaco, hasta la comuna de San Fernando. Para ingresar a las localidades de Placilla, Nancagua, Cunaco, Palmilla, Peralillo y Marchihue, es posible hacerlo por la ruta 90. Para acceder a las localidades de Chimbarongo, Convento Viejo, Auquinco, Chepica, La Patagua, El Guindo y Santa Cruz es posible hacerlo por la ruta I-86 (Figura 3).

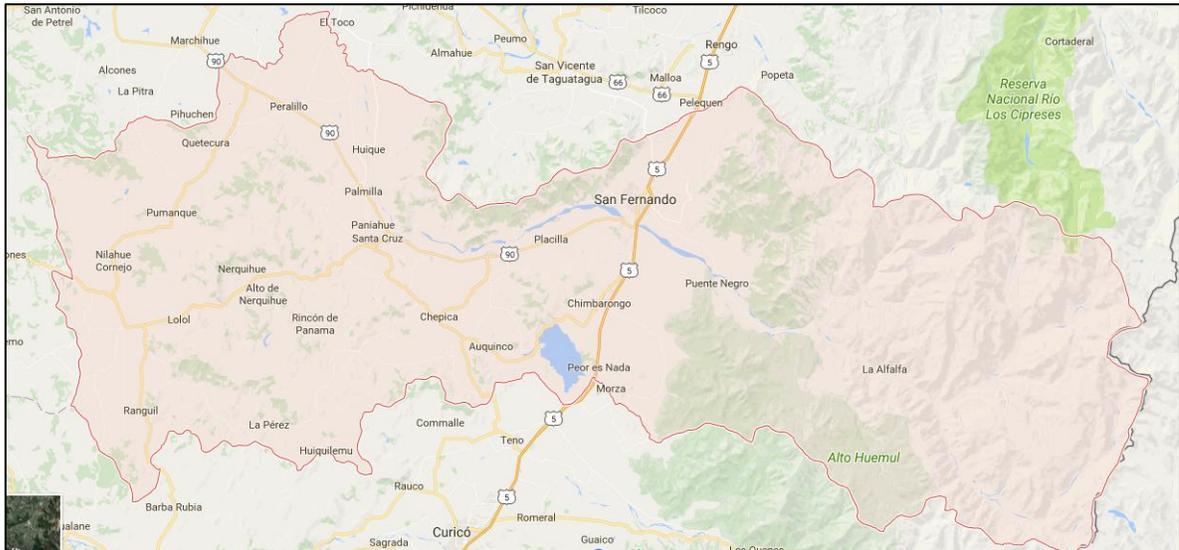


Figura 3: Vías de la provincia de Colchagua.
Fuente: GoogleMaps.

3.3. Clima

El área tiene clima mediterráneo con estación seca prolongada de entre 5 a 6 meses, donde la precipitación se presenta acumulada en los meses invernales, con un promedio anual cercano a los 800 mm. La principal actividad económica del área está relacionada al sector primario como es la explotación agropecuaria, con grandes extensiones dedicadas a las plantaciones de frutales y producción vitivinícola. El área de estudio es generalmente de fácil acceso pues existe una gran cantidad de caminos, pero la presencia de recintos privados y la cobertura vegetal dificultan en algunos casos el acceso y la observación de buenos afloramientos de rocas (Contreras F. & Schilling D., 2012).

3.4. Marco geológico

La geología de superficie fue definida en función de antecedentes bibliográficos existentes, tomados de Charrier (1971) y modificados según Charrier et al. (2002), Giambiagi et al. (2003) y Thiele (1980), los cuales aparecen en el trabajo de DGA Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región, 2005.

Adicionalmente, se considera la información de la Carta Geológica de Área San Fernando-Curicó, escala 1:100.000, realizada por Contreras y Schilling para el SERNAGEOMIN en 2012. Esta carta no abarca toda el área de estudio, no obstante, es más reciente y presenta dataciones y estructuras geológicas encontradas a posteriori de lo descrito anteriormente. Es por esto que primero se presenta un marco geológico regional, con la información de (DGA, 2005); y luego se realiza una descripción más acabada de las estructuras descritas en la Carta Geológica San Fernando Curicó, 2012.

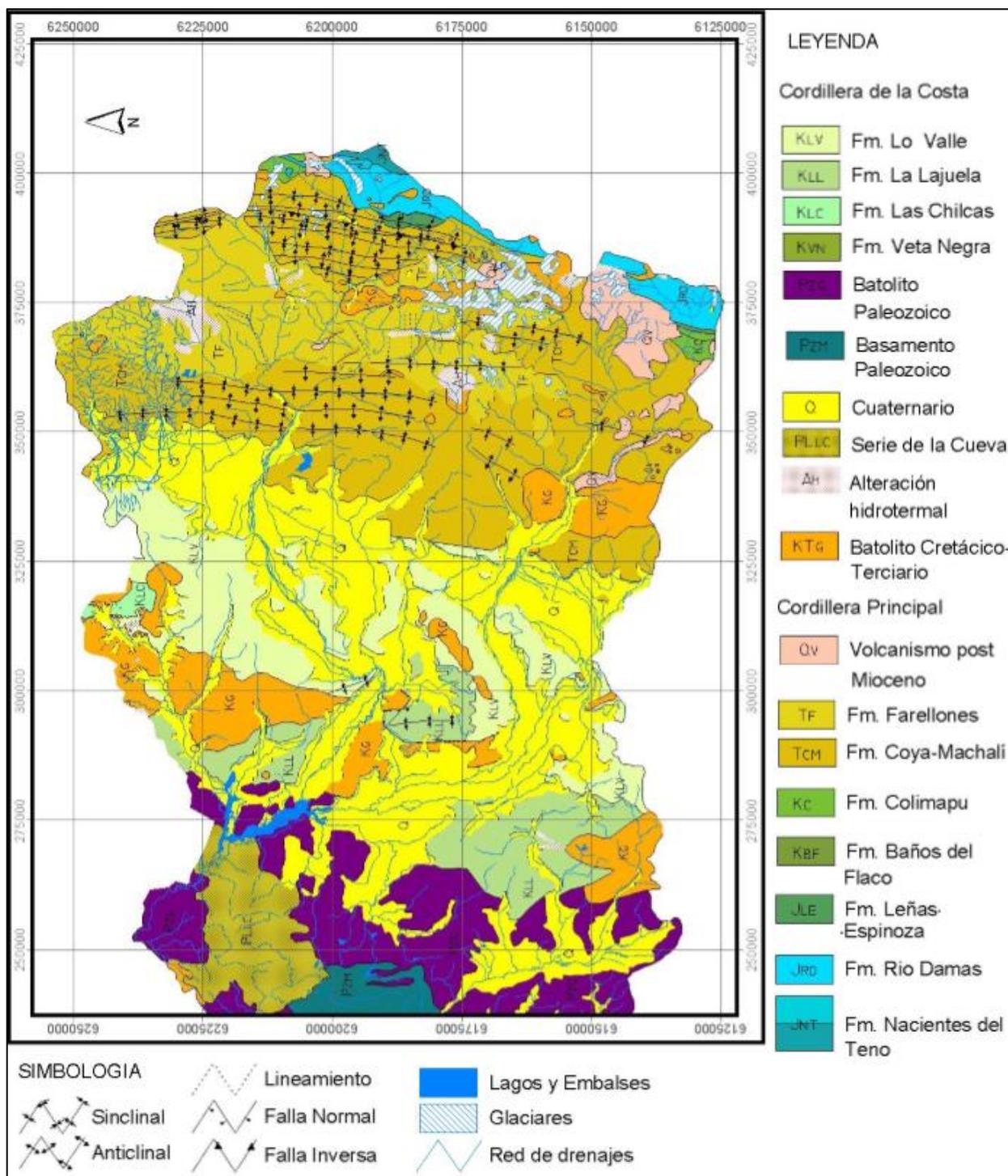


Figura 4: Mapa geológico de la VI región.

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

3.4.1. Rocas estratificadas

JNT Formación Nacientes del Teno (Caloviano? a Oxfordiano): Sedimentos marinos clásticos organogénicos y químicos con intercalaciones de material piroclástico. Esta formación se encuentra en el área fronteriza, frente a Rancagua.

JRD Formación Río Damas (Kimmeridgiano): Grandes espesores de conglomerados y brechas de diversa composición, areniscas y sedimentos finos. Estos depósitos continentales se caracterizan por un escaso contenido de fósiles y una típica coloración rojiza. Esta formación se encuentra en la zona fronteriza, desde Rancagua hacia el sur.

JLE Formación Leñas-Espinoza (Caloviano): Esta formación está constituida por una serie detrítica en la parte inferior y por un paquete calcáreo en la parte superior. Se encuentra entre la confluencia de los ríos Leñas y Espinoza hasta el valle del río Cortaderal.

KBF Formación Baños del Flaco (Titoniano a Hauteriviano): Calcarenitas de distinta granulometría y calcilitas. En estas capas se han encontrado diferentes fósiles. Sólo se reconoce en la localidad de los Baños del Flaco.

KLL Formación La Lajuela (Titoniano? a Hauteriviano?): Esta unidad está constituida principalmente por volcanitas queratofíricas y andesitas. Se han reconocido también algunos niveles riolíticos constituidos por coladas y brechas con clastos con estructura fluidal. Se reconoce al este de Santa Cruz, en la Región de la Laguna de San Vicente de Tagua Tagua y en el cordón al norte de la localidad de Las Cabras.

KC Formación Colimapu (Albiano a Hauteriviano): Sedimentos continentales subaéreos y lacustres e intercalaciones de niveles piroclásticos y efusiones volcánicas. Se encuentra en las nacientes del río Paredones y en el río Tinguiririca.

KLV Formación Lo Valle (Cretácico Superior): Secuencia Volcánica. Se reconoce como una ancha franja en el margen oriental de la Cordillera de la Costa y en la Cordillera Principal al este de Rengo y San Fernando.

TCM Formación Coya-Machalí (Eoceno superior a Mioceno inferior): Potentes series continentales predominantemente volcánicas, con potentes intercalaciones sedimentarias. Se encuentra exclusivamente en la Cordillera Principal formando dos franjas separadas por la franja de la Fm. Farellones.

TF Formación Farellones (Mioceno): Potente serie volcánica (coladas, brechas y tobas de composición riolítica, andesítica y basáltica) con intercalaciones clásticas (conglomerados, brechas, areniscas y limolitas) continentales. Se reconoce en la Cordillera Principal, formando una franja continua de orientación norte-sur.

QV Volcanismo post Mioceno (Plioceno inferior a Holoceno): Incluye toda la actividad volcánica post Mioceno. Los depósitos se encuentran en la parte alta y en valles de la Cordillera Principal.

3.4.2. Depósitos cuaternarios

Depósitos Fluviales y Aluviales: Rellenan todos los valles y se presentan formando terrazas. La depresión central ha sido fuertemente rellenada por este y por otros tipos de depósitos. En la actualidad presentan amplios conos aluviales en la desembocadura de los ríos.

En el sector de Marchigüe y Peralillo, aparecen potentes depósitos aluviales de color amarillo constituidos casi exclusivamente por cenizas volcánicas.

Depósitos Morrénicos: Se encuentran exclusivamente en la Cordillera Principal, a lo largo de algunos cauces de ríos.

Depósitos lacustres de tipo Fluvioglacial: Son depósitos acumulados detrás de las morrenas frontales, una vez que se retiran los hielos. Estos lagos presentan distintos niveles de evolución geomorfológica.

3.4.3. Geología estructural

El área que abarca el presente estudio incluye tres unidades morfo-estructurales, cada una con sus singularidades estructurales. Estas son, de Oeste a Este, la Cordillera de la Costa, la Depresión Central y la Cordillera Principal.

A escala regional se observan estructuras con actividad en distintas Épocas Geológicas. Éstas son los lineamientos NW-SE que afectan a buena parte de la Cordillera de Los Andes y las estructuras NNE-SSW que se ubican en el borde oriental de la Depresión Central (Figura 5).

La estructura que pasa por Pichilemu (Figura 5), mostró actividad sísmica cuaternaria con motivo del Mega Sismo del Maule ($M_w=8.8$) del 27 de febrero de 2010. Posterior a este gran sismo se produjo una secuencia sísmica debido a la alteración en el campo de stress regional producido éste (Farías et al., 2011). Los principales sismos de esta secuencia sísmica fueron los producidos el 11 de marzo de 2010 ($M_w=6.9$ y $M_w=7.0$), ambos con mecanismo focal normal. Mediante un modelo 3-D con la ubicación de los hipocentros se infiere una zona de ruptura en torno a $N35^\circ O/45^\circ SO$ (Farías et al., 2011).

El otro rasgo predominante a escala regional son las estructuras orientadas NNE-SSO ubicadas en la Cordillera Principal, de las cuales las que tienen mayor continuidad son el Corrimiento El Fierro ubicado próximo al límite internacional entre Chile y Argentina, y la falla, o el grupo de fallas, que se ubica en el borde oriental de la Depresión Central.

Estos mega-Lineamientos se han interpretado como fallas normales del borde de la cuenca que dio origen a la acumulación de la formación Abanico de edad Oligoceno-Mioceno Superior, que se habrían reactivado inversas durante el Mioceno Medio (e.g. Charrier et al., 2002). (Charrier, y otros, 2002).

Este sistema de fallas ha sido nombrado como Sistema de Cabalgamiento Andino Occidental por Armijo et al. (2010), quienes plantean que este sistema tiene una muy alta importancia en la evolución Andina. La Falla San Ramón, en la precordillera de Santiago, es una falla inversa activa que corresponde a la emergencia superficial particularmente clara del Sistema de Cabalgamiento Andino. Mediante el estudio de escarpes morfológicos observados en el piedemonte santiaguino en la Falla San Ramón, se ha demostrado la actividad de esta falla durante el Pleistoceno tardío – Holoceno (Rauld, 2011).

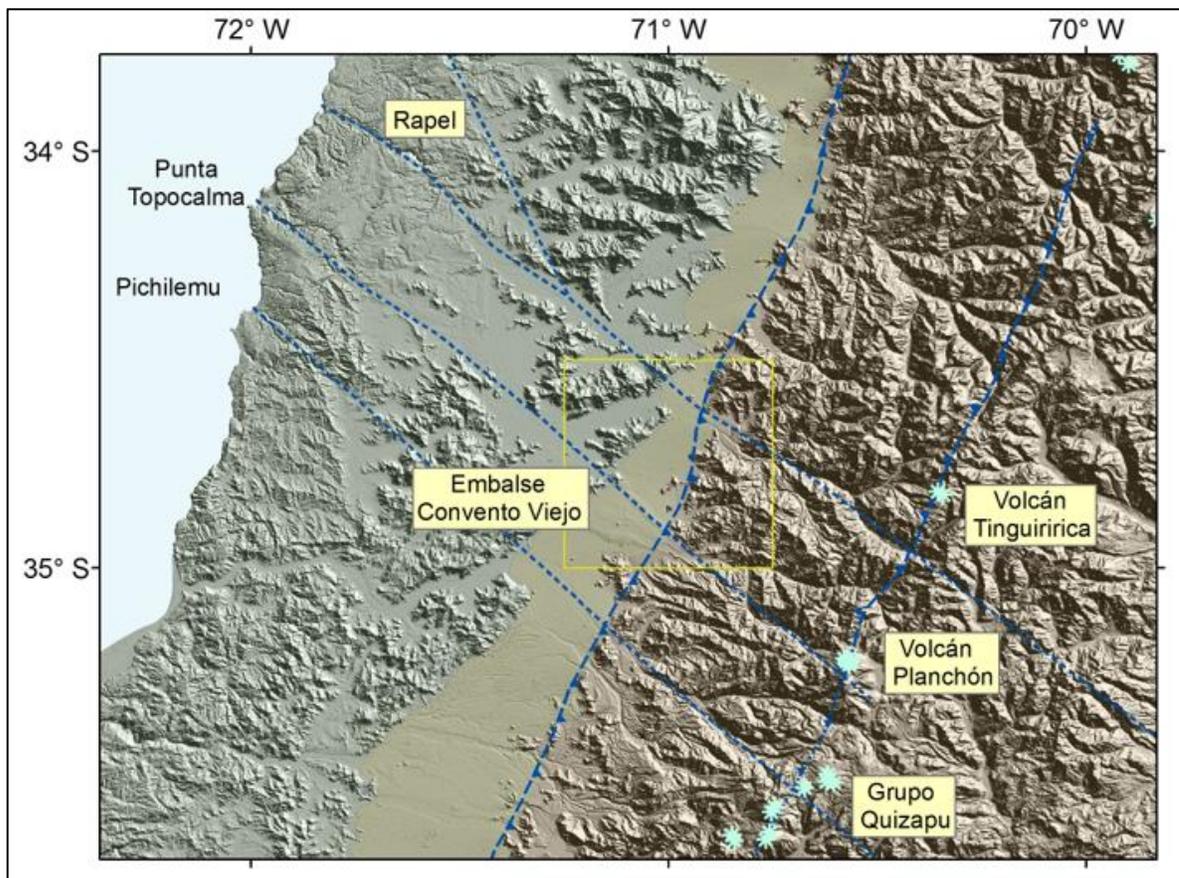


Figura 5: Esquema donde se presentan las estructuras de la escala regional (líneas azules) ubicadas en torno a la zona de estudio. Se despliega además la ubicación de los centros volcánicos activos (asteriscos celestes) y área de estudio de la Carta (recuadro amarillo).

Fuente: Tomado de Carta Geológica del Área de San Fernando- Curicó. SERNAGEOMIN, 2012.

Cordillera de la Costa: Las rocas de la Cordillera de la Costa son de edad Mesozoica, entre las que se incluyen las Formaciones Lo Prado y Las Chilcas que están intruidas por granitoides y cuerpos hipabisales de edad Cretácica.

Las unidades mesozoicas se encuentran afectadas por estructuras NO-SE y NE-SW. Las rocas estratificadas, en general, se encuentran muy poco deformadas y suavemente plegadas con pliegues con amplitud del orden de decenas de kilómetros.

Cordillera Principal: Esta unidad Morfo-estructural se encuentra formada por rocas y depósitos Cenozoicos. La mayor parte del área está formada por la Formación Abanico, que está intruida por Granitoides y cuerpos Hipabisales del Mioceno Temprano. Las rocas de la Formación Abanico se encuentran moderadamente deformadas formando pliegues cuyo eje es NNE-SSO con amplitudes que varían entre los 5 y 10 km.

Los ejes de los pliegues no son perfectamente continuos en toda el área y existen dos probables interpretaciones para esta heterogeneidad. La primera es que, suponiendo que efectivamente correspondan a pliegues por propagación de falla, la cuenca de Abanico no haya sido formada por solo una gran falla maestra, sino por varias pequeñas de orientación similar pero no exacta. La segunda posibilidad es que existan fallas

sinestrales, de orientación NOO-SEE que desplacen los pliegues, inicialmente continuos, hasta la posición que actualmente ocupan.

Depresión Central: Está compuesta mayoritariamente por depósitos sedimentarios no deformados provenientes desde el Este, con algunos pequeños cerros isla formados por rocas de la Formación Abanico y de los Cuerpos Hipabisales del Cerro Verde. El análisis de los datos de la estratificación presente en los cerros isla permite inferir un pliegue muy suave, cuya amplitud puede ser todo el ancho de la depresión Central en esta zona. En este trabajo se propone que estas rocas pueden estar, en parte, cabalgadas sobre el basamento Mesozoico, lo que ha producido este plegamiento.

La Depresión Central es una cuenca actualmente activa, cuyo borde oriental ha sido interpretado como de origen estructural. Al este de Santiago, la Falla San Ramón es el ejemplo más estudiado para este borde y se ha reconocido escarpes de falla que revelan actividad inversa durante el Pleistoceno Tardío-Holoceno (Rauld, 2011). La falla San Ramón junto con las fallas del cerro Renca (Wall et al., 1999) y del protezuelo de Chada (Fock, 2005), habrían sido originalmente de carácter normal y habrían actuado como límite occidental de la cuenca extensional donde se depositó la Formación Abanico.

Por otra parte, en el borde occidental de la Depresión Central no existen estructuras que marquen un límite preciso, lo que sumado a cerros islas con pedimentos en sus cimas y otras observaciones geomorfológicas, permiten inferir la Depresión Central debe su origen a la erosión diferencial en respuesta al alzamiento con un fuerte control litológico (Farías et al., 2008).

3.5. Marco hidrogeológico

Se describe de la hidrogeología de la cuenca del Río Tinguiririca, y luego se procede a hacer una descripción del acuífero Tinguiririca.

3.5.1. Hidrogeología de la cuenca del Río Tinguiririca

La cuenca del río Tinguiririca se encuentra conformada por 3 unidades principales (DGA, 2005), (DGA, 2011), (Figura 6).

Unidad I: Está compuesta por rocas metamórficas y cuerpos intrusivos, que afloran principalmente en la Cordillera de la Costa en una franja de orientación norte-sur. En general, estas rocas actúan como una barrera natural para el flujo regional del agua subterránea debido a su escasa a nula permeabilidad.

Unidad II: Está constituida principalmente por rocas sedimentarias y secuencias volcánicas expuestas por erosión y/o por tectónica en la Cordillera de la Costa y en la Cordillera Principal. Los escasos pozos existentes en la Cordillera de la Costa con profundidades entre 40 y 60 m (Litueche y La Estrella), excepcionalmente 220 m (1,23 km al norte de Litueche) experimentan caudales específicos entre 0,1 y 2 l/s/m.

Los materiales laháricos reconocidos en la región, a pesar de corresponder a depositados del Cuaternario, se encuentran pobremente estratificados, compactos y resistentes, por lo que tienen escasa porosidad y permeabilidad (Hauser, 1990).

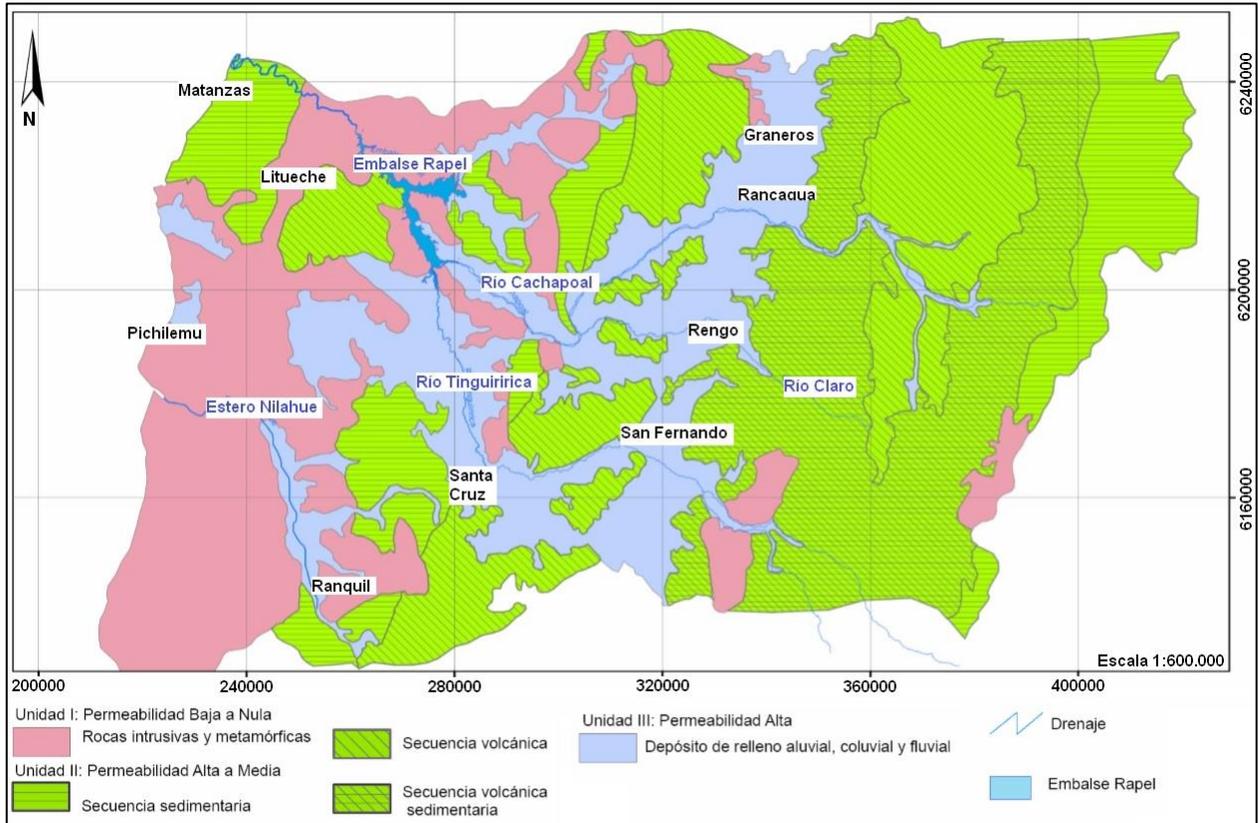


Figura 6: Mapa Hidrogeológico Regional de la VI región. (Basado en Geología escala 1:1.000.000, Sernageomin).

Fuente: Informe Final 'Diagnóstico de la Red de Aguas Subterráneas del Libertador Bernardo O'higgins, DGA 2011.

Unidad III: Incluye depósitos detríticos no consolidados: fluviales, aluviales y coluviales, que se desarrollan en el sector de la Depresión Intermedia, limitados por secuencias volcánicas y sedimentarias de la Unidad II, y en la Cordillera de la Costa restringidos por el basamento cristalino.

Los materiales reconocidos en la base de las secuencias detríticas corresponden en general a una alternancia entre sedimentos arenosos y depósitos arcillosos. Estos niveles presentan buena continuidad lateral que se extiende por casi toda la cuenca. Se desconoce su base, pero se han determinado espesores de hasta aproximadamente 150 m.

La cuenca del río Tinguiririca, desde la alta cordillera hasta aproximadamente la localidad de Santa Cruz, está constituida por sedimentos de granulometría gruesa (ripios, gravas y arenas) con contenidos escasos de finos que, en algunos sectores, especialmente en la Depresión Intermedia, sobreyacen a niveles con abundante fracción arcillosa. Hacia la base de esta secuencia es posible observar depósitos de granulometría media a gruesa, de espesor variable.

A partir de las cercanías de Santa Cruz, los estratos superiores gradan lateralmente a depósitos arenosos y arcillosos, dominando la estratigrafía en el sector del Lago Rapel. En el lugar donde ocurre esta transición, aparece un estrato de fracción arcillosa, que predomina hasta la localidad de Peralillo. El desarrollo de este estrato coincide con el cambio de dirección del río, desde E-W a S-N.

Cabe mencionar, que los sedimentos de la Cordillera de la Costa y la mayoría de los depósitos laterales tienden a estar constituidos por estratos de granulometría media y fina.

3.5.2. Hidrogeología del acuífero Tinguiririca

La descripción del acuífero Tinguiririca fue tomado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005. En dicho trabajo se realizaron perfiles para describir el acuífero. La ubicación del perfil 1 se observa en la Figura 7 y su representación gráfica en la Figura 8

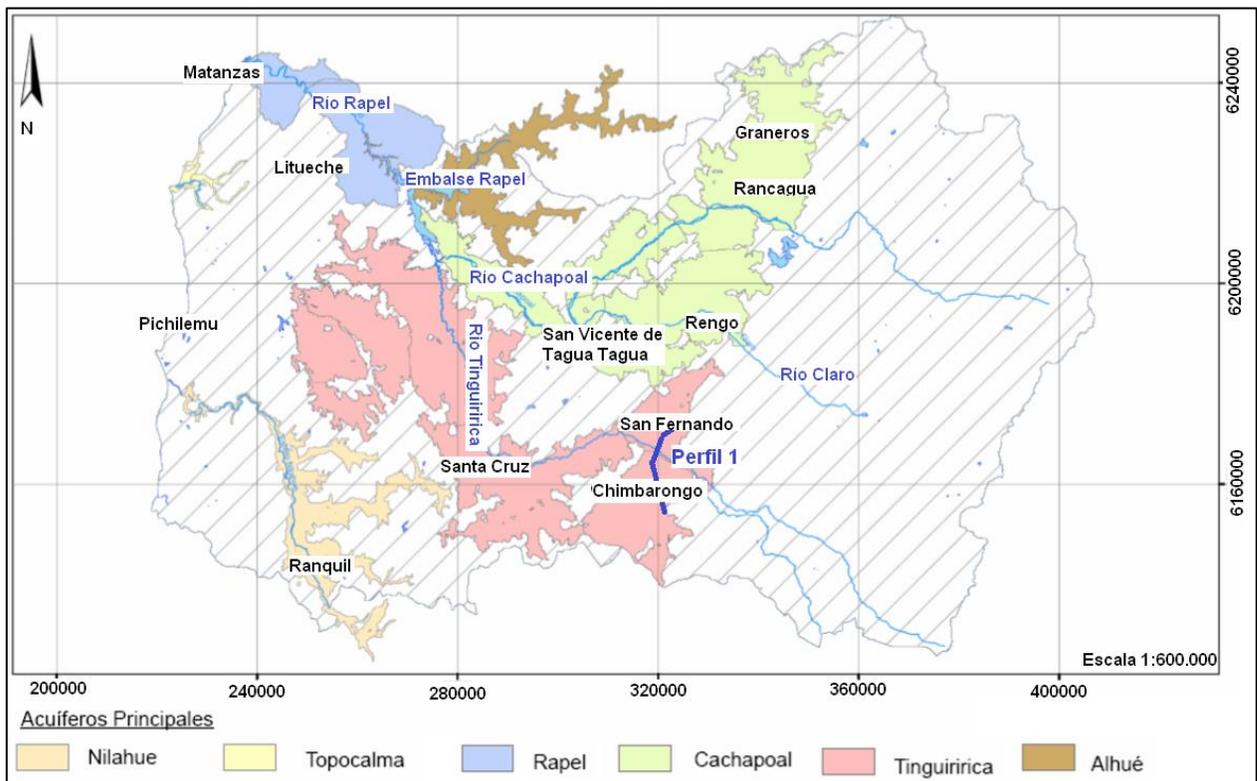


Figura 7: Acuíferos de la VI región. En azul se destaca la traza de uno de los perfiles realizados en el acuífero Tinguiririca.

Fuente: Tomado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

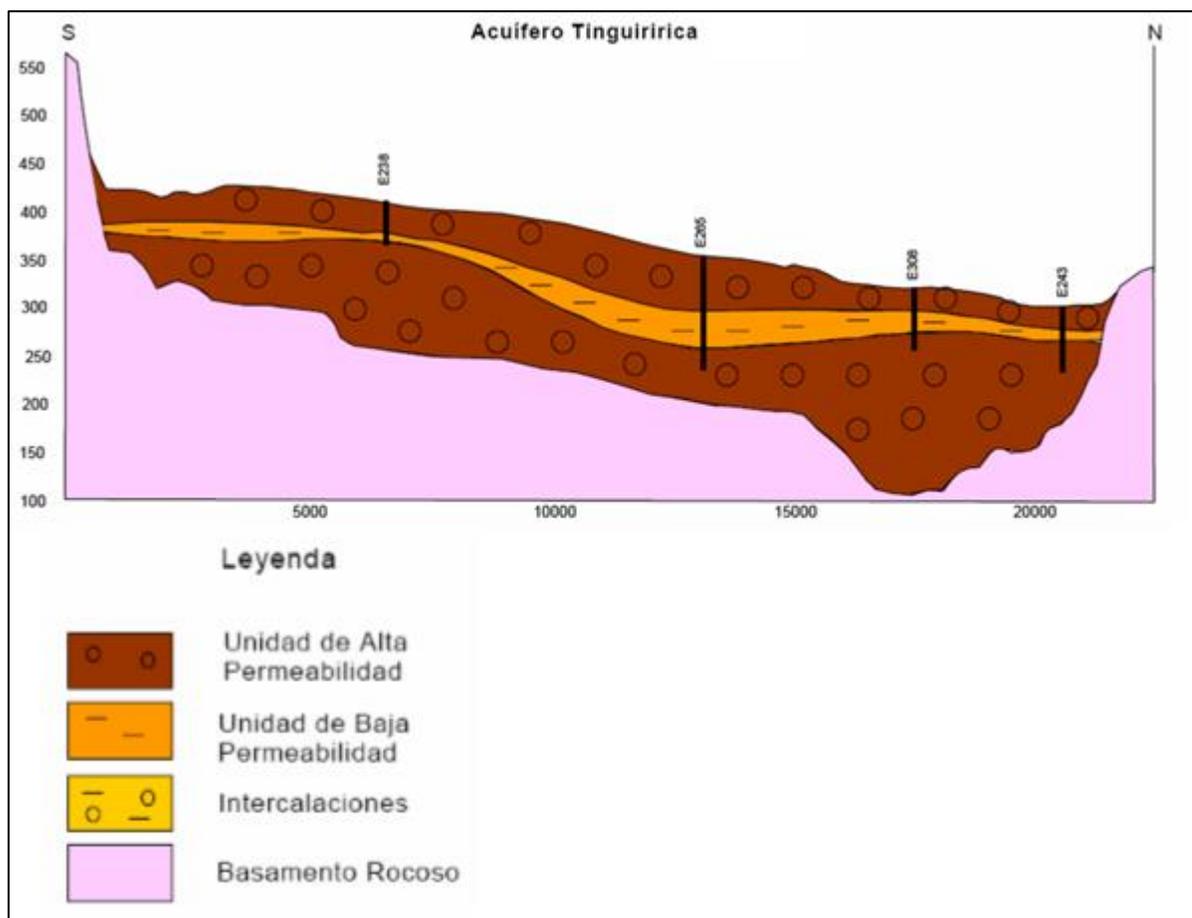


Figura 8: Perfil 1 realizado en el acuífero Tinguiririca, atraviesa, de sur a norte, las localidades de Chimbarongo y San Fernando.

Fuente: Tomado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

El acuífero Tinguiririca se encuentra constituido desde la cabecera de la cuenca hasta la altura de Santa Cruz por materiales de granulometría gruesa y bajo contenido de finos, que en algunos sectores como la Depresión Intermedia sobreyace a otro cuya componente arcillosa es muy importante. Bajo este estrato, se encuentra una tercera unidad de granulometría media a gruesa, la que le da al acuífero un carácter confinado a semiconfinado en algunos sectores de la Depresión Intermedia. Cerca de Santa Cruz, la unidad superior varía longitudinalmente a una intercalación de niveles medios y finos arcillosos, ésta domina hasta el lago Rapel. En el sector de las cuencas costeras, el acuífero aparece dominado por una intercalación de estratos de granulometría media a fina.

Tabla 5: Registros de la profundidad de niveles estáticos, cota de terreno, fecha de registro del nivel estático y la cota de nivel estático de 46 pozos de la Cuenca del Tinguiririca.

Nº	Nombre	Norte	Este	Cota Terreno [m.s.n.m]	N. E. [m]	Fecha N.E.	Cota Hidráulica [m.s.n.m]
1	APR Tres Puentes	6163899	322475	414,44	11,0	04-1967	403,4
2	APR Cuesta Lo Gonzalez	6163950	317389	355,30	2,4	02-1967	352,9
3	APR Tinguiririca	6163335	321582	404,05	18,1	-	396,0
4	Fdo. La Macarena	6161818	321071	396,12	22,3	11-1964	373,8
5	AP Chimbarongo	6161050	315657	335,92	11,3	08-1969	324,6
6	Viña Santa Elisa	6156991	313937	309,86	9,2	09-1968	300,7
7	Fdo. San Henrique	6152951	318445	338,18	7,8	03-1965	330,4
8	APR Codegua	6149868	321558	328,16	0,7	02-1967	327,5
9	APR Convento Viejo	6152521	307870	270,86	1,7	01-1967	269,2
10	Fdo. El Recreo	6156832	318318	345,88	11	10-1958	334,9
11	APR Roma Arriba	6170141	323869	375,00	17,2	10-1986	357,8
12	APR Angostura	6177135	319610	298,00	1,5	11-1976	269,5
13	APR Polonia	6176762	321399	305,00	2,5	10-1985	302,5
14	APR Roma San José	6172640	324382	353,00	2,9	03-1978	350,1
15	Inacap San Fernando	6169221	318227	347,93	3,9	01-1978	344,0
16	Fundo Talcahue	6164282	329149	486,63	1,1	10-1968	485,5
17	APR Agua Buena	6164065	331141	517,00	24,0	11-1966	493,0
18	AP San Fernando	6169892	319790	356,00	16,7	09-1958	339,3
19	ENAP San Fernando	6168438	320604	369,24	4,0	07-1966	365,2
20	AP Nanchua	6164526	299875	216,00	1,2	09-1957	214,8
21	APR Puquillay	6160577	298305	202,96	1,0	06-1967	202,0
22	Fdo. Santa Eugenia	6163506	295515	201,96	2,7	01-1969	199,3
23	APR Auquenco	6151801	298726	220,85	3,5	05-1967	217,4
24	Viña San Luis	6157283	298504	204,95	5,1	10-1968	199,9
25	Asent. La Puerta	6167913	281959	158,64	1,8	12-1969	156,8
26	Fdo. La Tuna	6165702	283668	163,60	3,1	05-1969	160,5
27	APR Cunaco	6163631	290086	182,03	1,0	03-1967	181,0
28	Asent. La Patagua	6160727	284472	170,08	1,9	06-1964	168,2
29	Fdo. San José de Boldo	6160323	291052	186,54	3,4	02-1969	183,1
30	APR Quinahue	6158649	287933	180,70	3,5	03-1967	177,2
31	APR L a Finca	6171046	277601	149,00	2,0	09-1967	147,0
32	Fundo Santa Virginia	6170476	282153	154,33	4,3	06-1969	150,0
33	Asent. Agua Santa	6171952	284618	154,11	4,4	04-1960	149,7
34	Asent. Las Garzas	6176858	280855	142,71	3,5	07-1961	139,2
35	Asent. El Triunfo	6179928	285556	139,31	1,5	07-1956	137,8
36	Asent. 21 de Mayo 3	6183694	275357	134,86	5,7	06-1966	129,2

37	Asent. San Corazón	6179149	276079	136,44	4,2	10-1968	132,2
38	Asent. 21 de Mayo 2	6182093	275446	134,50	3,5	05-1966	131,0
39	Asent. Unión Campesina	6183928	281276	133,18	2,4	01-1963	130,8
40	AP Población	6185557	265861	132,95	6,8	10-1963	126,2
41	Asent. San Isidro	6183207	270568	129,51	3,2	10-1965	126,3
42	Matadero Marchigüe	6191189	259431	130,86	3,4	11-1968	127,5
43	Rinconada de Alcones	6194938	249540	155,46	6,2	01-1969	149,3
44	Fundo Santa Teresa	6186898	267718	131,47	6,4	04-1966	125,1
45	Fundo Tolhuen	6179845	287344	141,87	1,2	08-1956	140,7
46	Fdo. San José de Marchigüe	6205308	265365	124,50	4,2	01-1957	120,3

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005

Con los registros de la Tabla 5, es posible proyectar en un mapa los pozos y mostrar de manera gráfica los niveles estáticos.

En la Figura 10 se observa que los niveles estáticos son muy someros, encontrándose solo 2 pozos (Fdo. Macarena y APR Agua Buena, destacados en amarillo en la Tabla 5) con niveles por sobre los 20 metros.

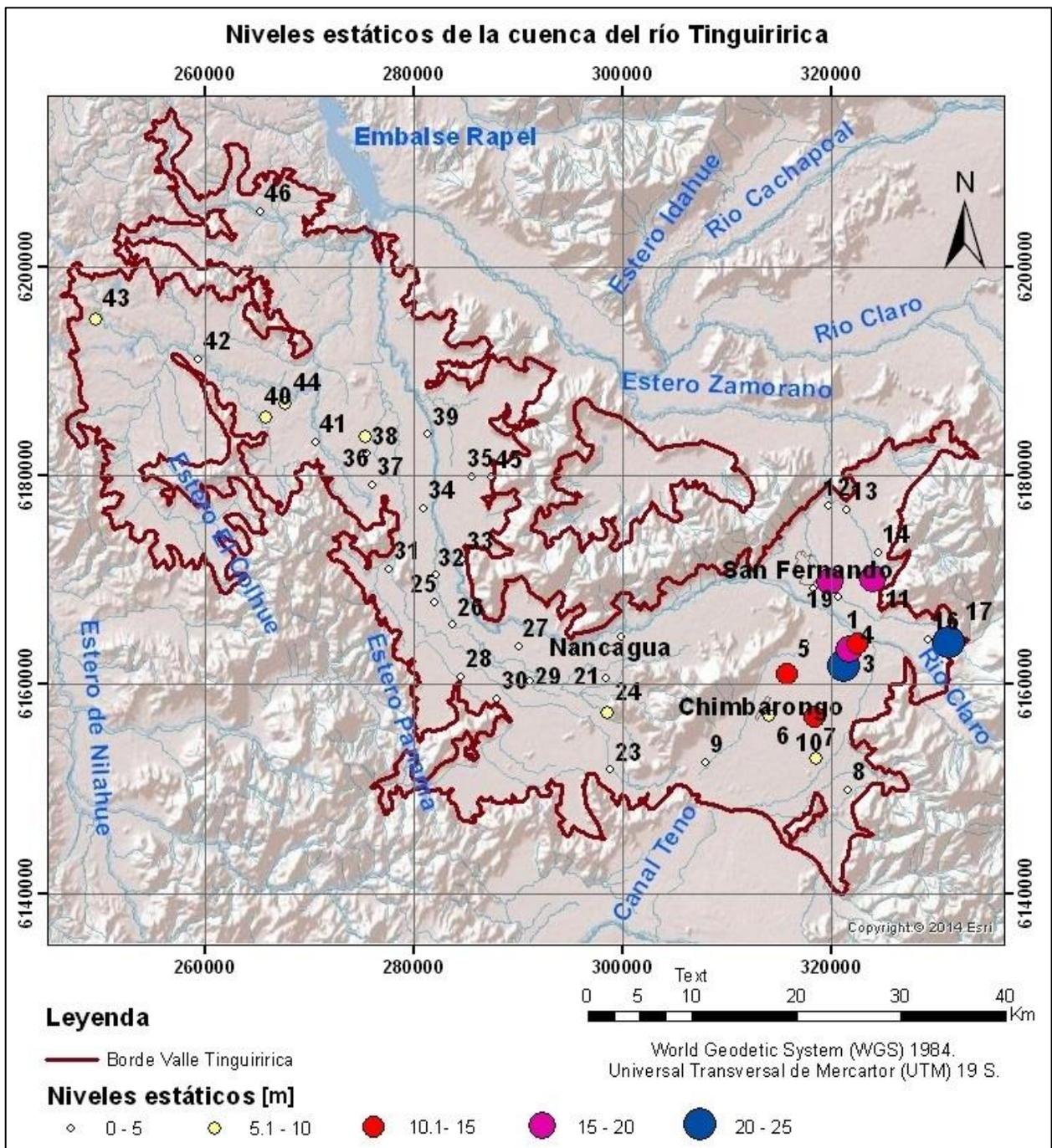


Figura 10: Proyección de los datos de niveles estáticos de la Tabla 4 en la cuenca del río Tinguiririca. Se observa que, a mayor nivel estático, mayor tamaño del signo.
Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la Tabla 5, es posible trazar curvas de nivel del nivel estático sobre el nivel del mar. Esto se realiza restando la cota superficial con la profundidad a la que se encuentra el nivel de agua subterránea (Figura 11).

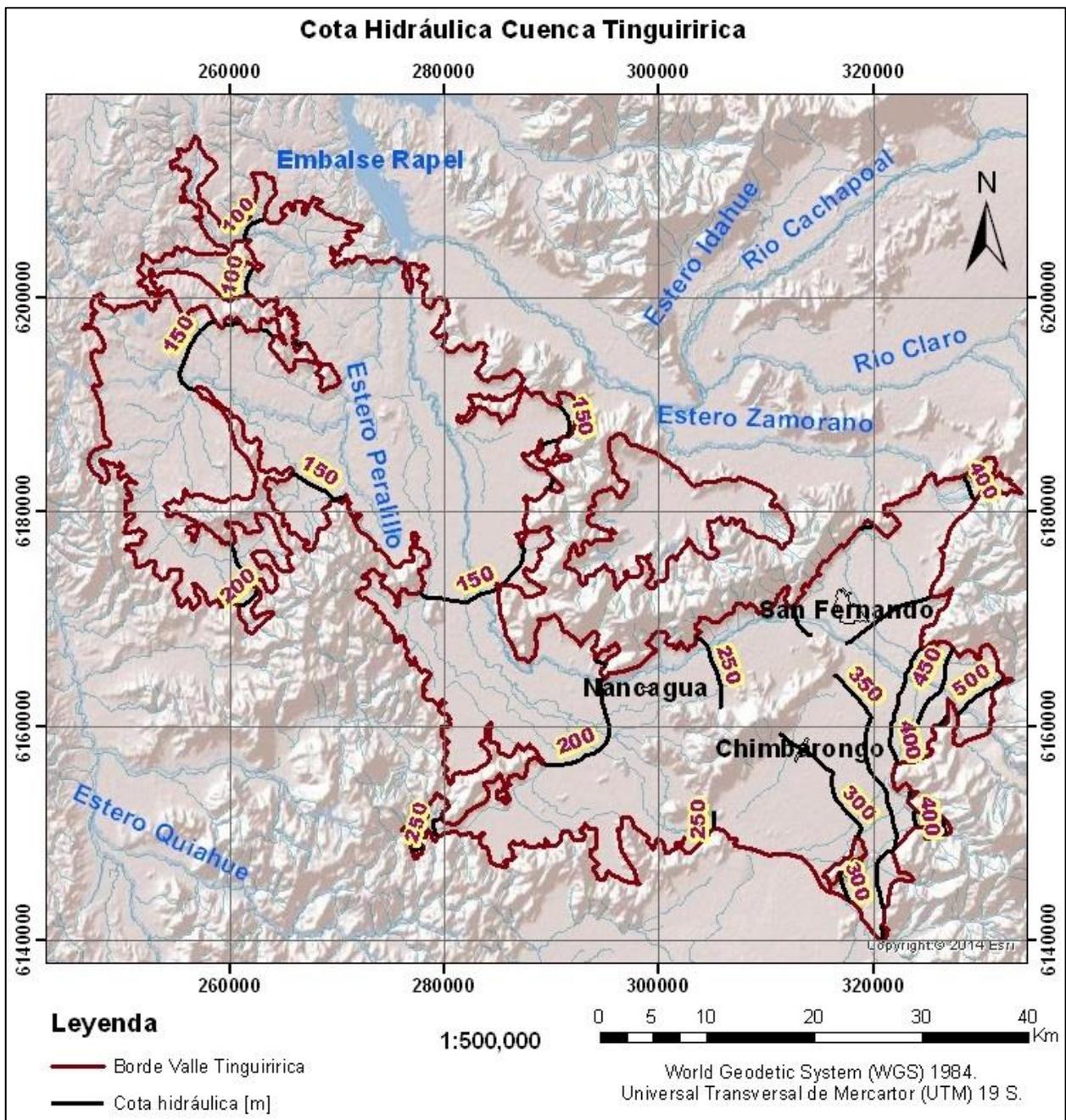


Figura 11: Mapa de altura sobre el nivel del mar del nivel estático de la cuenca del río Tinguiririca.
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Espesor del acuífero

Mediante una recopilación de datos de estudios anteriores, en DGA2005, determinaron los espesores del acuífero. La unidad 1, corresponde a un acuífero libre con un espesor medio variable entre 15 a 20 metros. Tiene buena continuidad, excepto entre el río Tinguiririca y el Estero Antivero. La unidad 3, que se encuentra ubicada bajo una unidad arcillosa (unidad 2), está constituida por granulometrías medias a gruesa con buena continuidad, por lo cual constituye a un acuífero confinada a semi confinado.

4.3. Espesor no saturado

Al realizar una resta entre la cota superficial de terreno y la ubicación del nivel estático de cada pozo, se puede determinar la altura por sobre el nivel del mar del nivel de agua subterránea, el cual se aprecia en la octava columna de la Tabla 5 y se proyecta en la Figura 13.

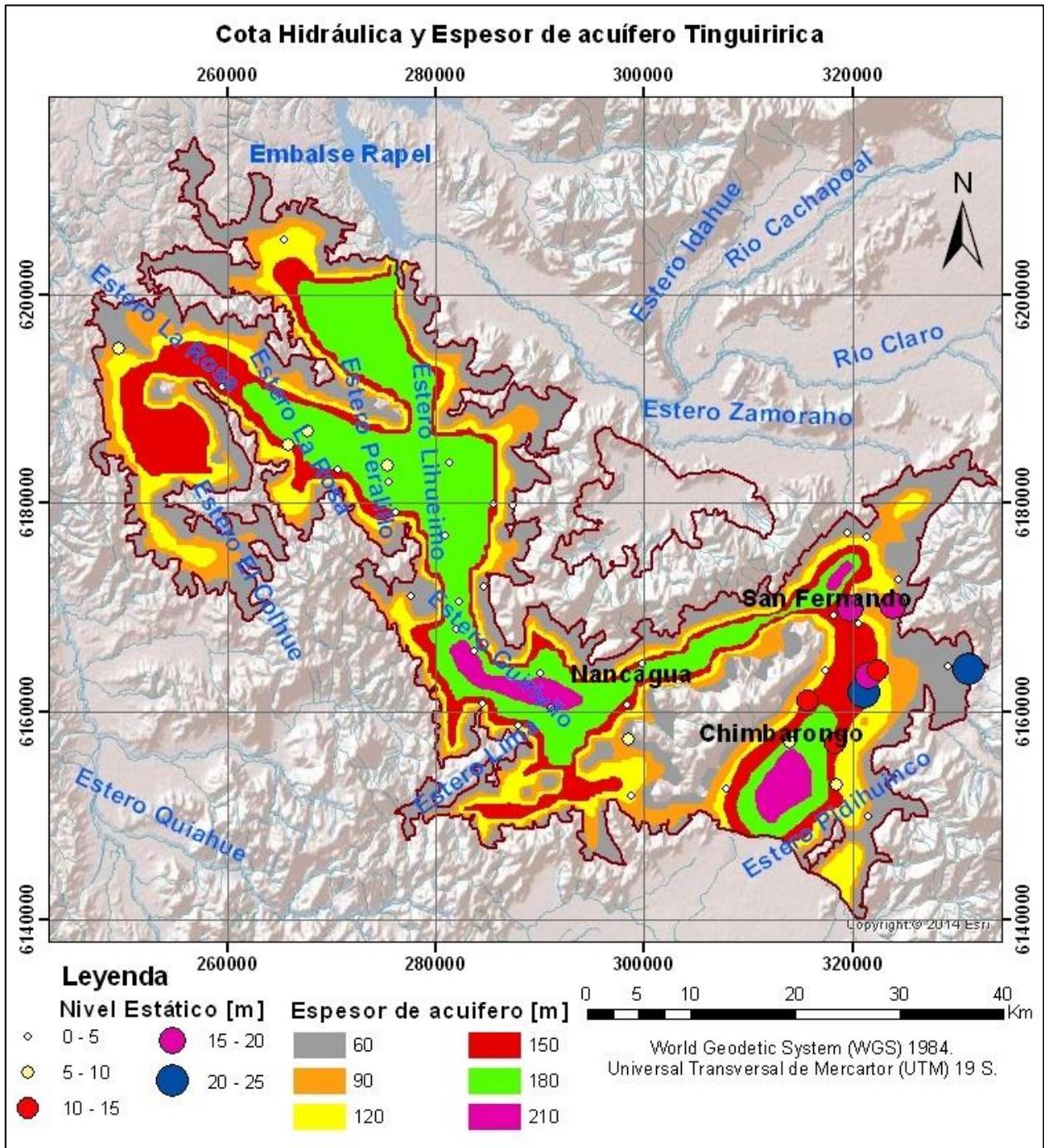


Figura 13: Superposición de las Figura 11 y Figura 12.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar, que si bien existen zonas en las que el acuífero es profundo, el nivel estático es bastante somero. Por lo que el espesor no saturado no supera los 25 metros de potencia.

4.4. Dirección de flujo subterráneo

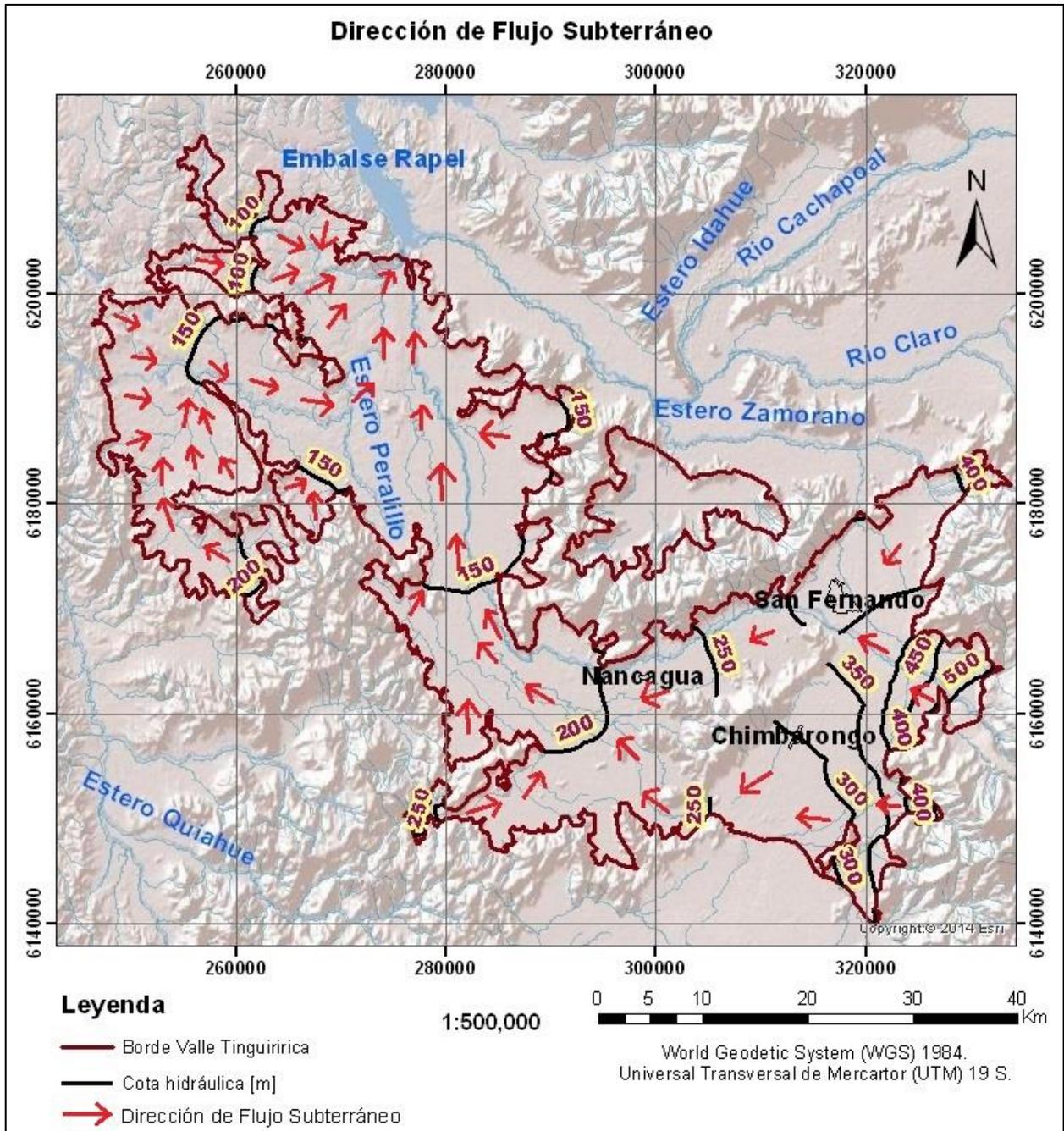


Figura 14: Dirección de flujo de aguas Subterráneas en la cuenca del Tinguiririca.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

Las direcciones de flujos subterráneos pueden observarse en la Figura 14. Allí se aprecia que el flujo va desde las zonas más altas hacia la zona de la depresión intermedia,

siguiendo el cauce del río Tinguiririca. Esta modelación fue tomada del informe (DGA, 2005).

4.5. Constantes elásticas

4.5.1. Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica o permeabilidad fue tomada del informe (DGA, 2005). Allí se estimó en función del análisis de una serie de pruebas de bombeo y de su correlación cuantitativa con las características estratigráficas y sedimentológicas del acuífero.

En la Figura 15 se puede apreciar los valores promedios para la conductividad hidráulica en los diferentes sectores de la cuenca.

En la parte alta del acuífero, al sur este de la cuenca, las conductividades varían de 2 a 50 m/día. Los valores más elevados se observan inmediatamente al sur de la riberia del Tinguiririca, en el sector Las Garzas, los que decrecen en dirección a Convento Viejo. Hacia el norte del río se observan valores decrecientes, aproximadamente desde 20 m/día hasta 2 m /día.

En las cercanías de San Fernando se tiene valores de conductividad entre 3 m/día y 90 m/día. Valores menores, entre 8 y 15 m/día se encuentran aguas abajo. En Chimbarongo solo se registró un pozo, 25 m/día.

En torno a la confluencia entre el estero Chimbarongo y Tinguiririca se tienen valores de conductividad de 3 y 7 m/día. Aguas abajo, en los pozos cercanos al río, la conductividad aumenta. Esto último genera una importante variabilidad de los valores registrados, los cuales van desde 0,2 hasta 25 m/día.

En algunas subcuencas laterales se midieron conductividades variables de 0,4 a 6 m/día. Los menores valores fueron medidos en las cercanías del embalse Rapel.

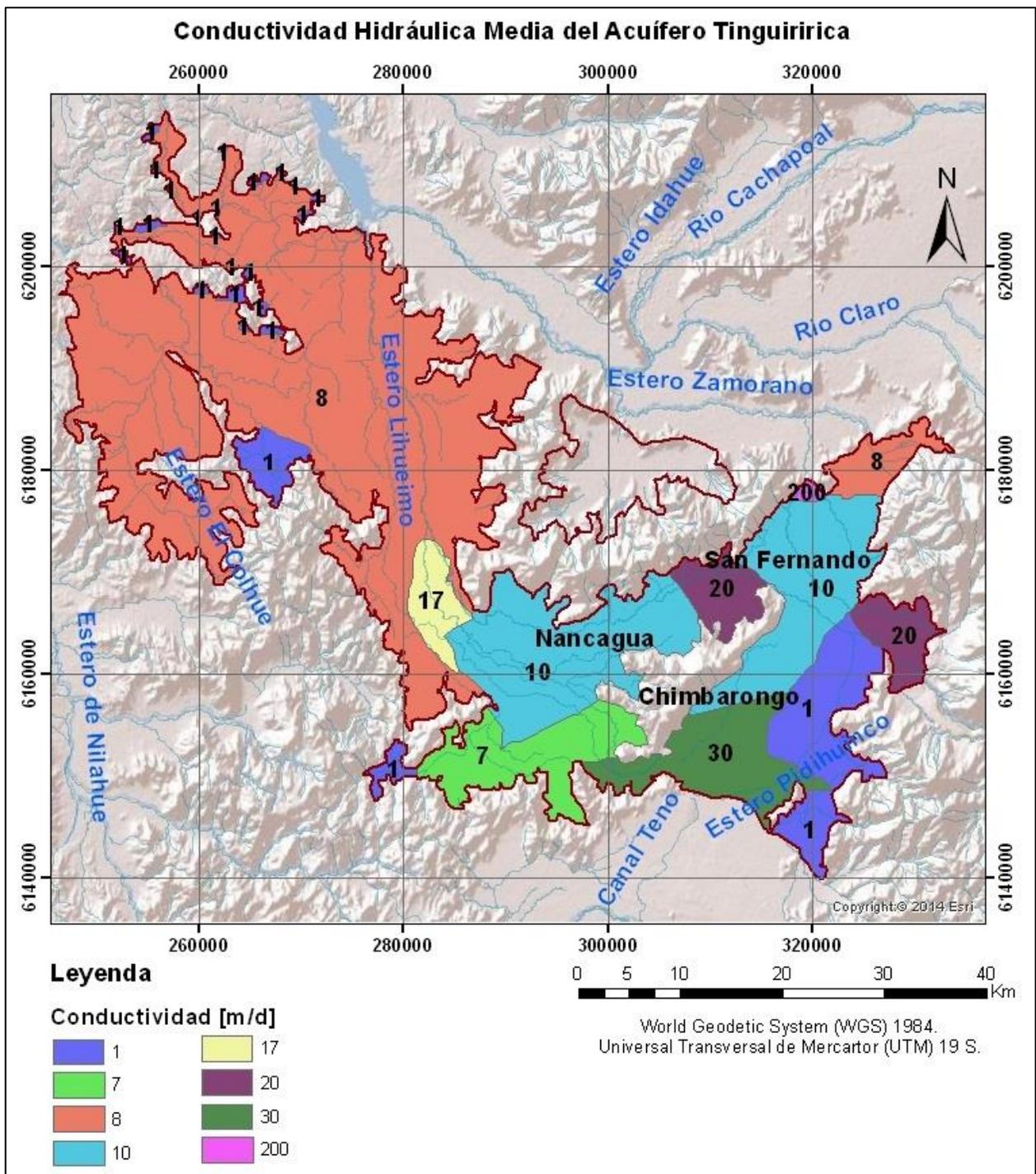


Figura 15: Conductividad Hidráulica media en el acuífero Tinguiririca en metros/día.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

4.5.2. Coeficiente de almacenamiento

El Coeficiente de almacenamiento o rendimiento específico se obtuvo en función de la conductividad hidráulica. Las pruebas de bombeo disponibles no permiten estimar en forma confiable el coeficiente de almacenamiento debido a que solo consideran mediciones de niveles en el pozo de producción. Por lo que, con base en las

características granulométricas de los rellenos, la experiencia existente en la zona y en otros de características similares, se optó en dicho informe por considerar que el rendimiento específico puede variar de 3 a 15%.

La Tabla 6 muestra la relación definida entre el coeficiente de almacenamiento y el valor de conductividad hidráulica del acuífero.

Tabla 6: Coeficiente de almacenamiento en función de la conductividad hidráulica.

Conductividad Hidráulica [m/día]	Coeficiente de Almacenamiento [%]
$k \leq 5$	3
$5 < k \leq 10$	5
$10 < k \leq 15$	8
$15 < k \leq 30$	10
$k > 30$	15

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VIª Región'. DGA, 2005.

En la Figura 16 se aprecian los valores de Coeficiente de almacenamiento en los diferentes subsectores. La mayor parte del acuífero presenta un rendimiento específico de 5%. En la localidad de Santa Cruz, Chimbarongo, estero Antivero y el sector ubicado entre San Fernando y Placilla, el coeficiente de almacenamiento arroja un 10%. Solo una zona alcanza un 15% de almacenamiento, esto se ubica en la localidad de Angostura.

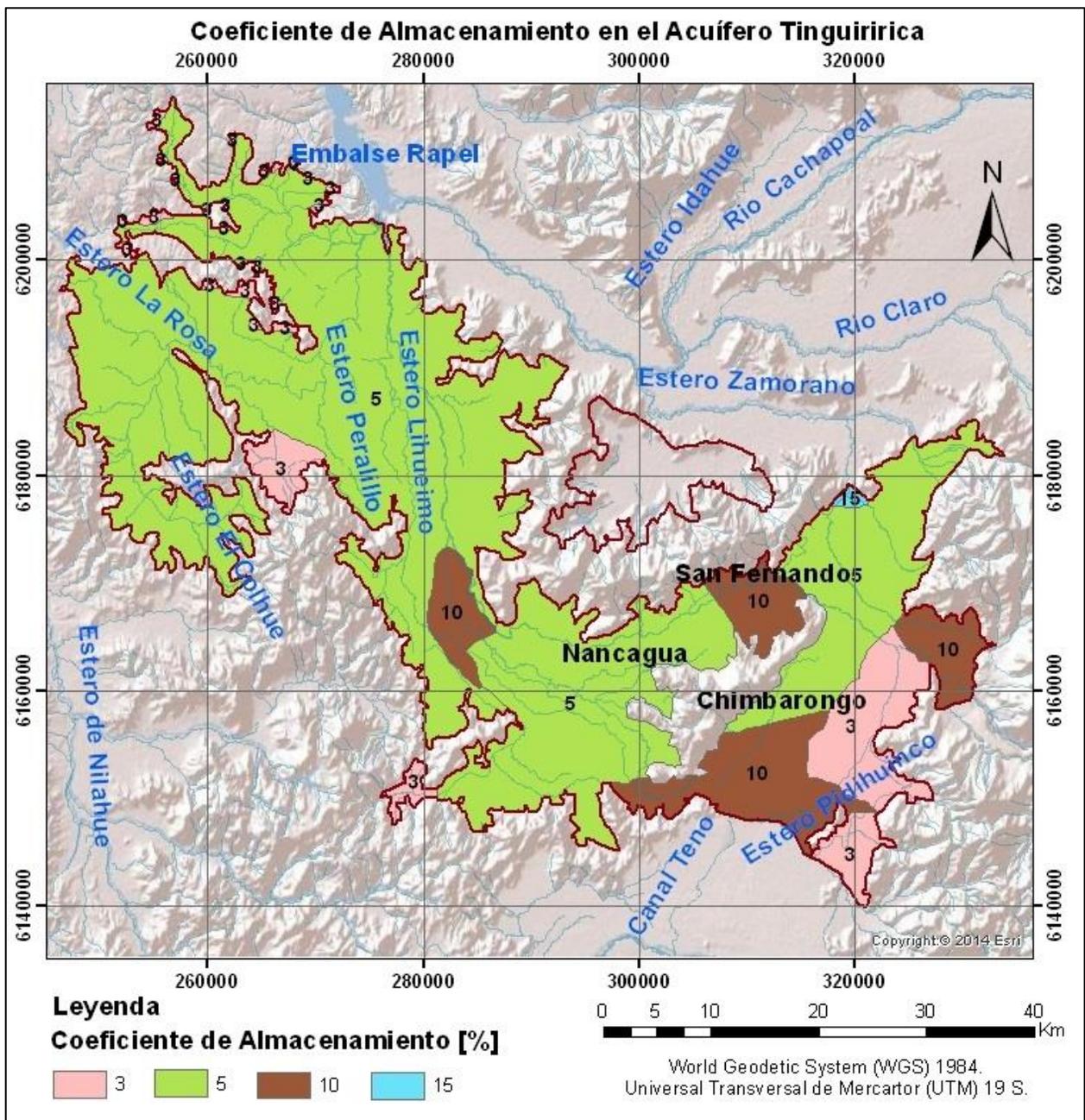


Figura 16: Coeficiente de Almacenamiento en función de la conductividad hidráulica en el acuífero Tinguiririca.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI^a Región'. DGA, 2005.

4.6. Flujos superficiales

Los flujos superficiales de aguas en la cuenca del Tinguiririca son:

Quebradas el Parrón, Estero Roma y el Estero Antivero se encuentran en la parte noreste de la cuenca. Al pie de la cordillera de Los Andes, en la zona central de la zona estudiada se encuentran el Estero Quintano, Estero El Buitre, Estero el Sauce y quebrada Sandoval.

Entre San Fernando y Chimbarongo se ubica Estero Los Canales (o El Molino) y hacia el Sur, el estero Chimbarongo. En la zona central de la cuenca están el Estero Guirivilo, Pudimavida, Chepica, y hacia el Sur los esteros Lima y San Antonio. Aguas abajo, se encuentra el Estero Las Toscas, el cual se une al río Tinguiririca para luego depositar sus aguas en el Embalse Rapel.

Si bien existe una gran cantidad de quebradas y esteros en la zona, los registros fluviométricos son escasos. Para el periodo comprendido entre 1996 y 2015, no hay registro fluviométrico para las comunas de Lolol, Palmilla, Peralillo ni Placilla. En San Fernando existe registro de 2 estaciones fluviométricas (Río Claro en el Valle(CV) y Río Tinguiririca bajo los Briones(TBB)), 1 en Santa Cruz (Estero Chimbarongo en Puente Huape(CHPH)), 1 en Chepica (Estero Chimbarongo Bajo Embalse Convento Viejo(CHCV)) y 1 en Chimbarongo (Estero Chimbarongo en Ruta 5(CHR5)). Finalmente, se cuenta con datos de 4 estaciones fluviométricas. En la Tabla 7 se aprecian estos datos y se completaron los registros ausentes en función lineal con respecto a la estación Río Claro en el Valle.

Tabla 7: Caudales promedios anuales en estaciones fluviométricas

Año	Caudales [m ³ /s]				
	CV	TBB	CHCV	CHR5	CHPH
1996	5,00	27,14	24,17	1,94	18,36
1997	18,88	67,31	22,89	7,18	43,51
1998	3,12	39,03	23,79	3,49	25,80
1999	7,57	35,62	23,90	3,04	23,67
2000	17,35	51,84	23,38	5,16	33,82
2001	15,17	65,43	22,95	6,93	42,34
2002	17,44	73,65	22,69	8,00	47,49
2003	8,30	63,94	23,00	6,74	41,41
2004	8,42	43,89	23,64	4,12	28,85
2005	17,62	54,95	23,28	5,56	35,77
2006	18,03	56,97	30,22	5,83	37,04
2007	4,87	41,09	34,22	3,76	27,09
2008	8,00	56,71	18,34	5,79	36,87
2009	12,76	74,64	19,07	8,18	44,13
2010	5,89	35,24	24,85	3,01	13,64
2011	5,36	27,51	13,34	1,14	9,39
2012	6,92	34,41	20,59	2,91	32,70
2013	3,43	28,02	32,33	2,57	18,49
2014	6,60	33,92	19,96	3,47	25,74
2015	8,91	44,32	23,62	3,77	39,57

Fuente: Datos tomados de DGA. Elaboración propia.

Con los datos completados, se puede determinar el Período de Retorno (Tr) y la Probabilidad de Excedencia (Pb). El primero corresponde al tiempo durante el cual se produce un determinado fenómeno, a lo menos una vez; y el segundo nos indica la probabilidad que existe para que se produzca el fenómeno en la magnitud correspondiente o supere este valor.

Para determinar la Pb, los valores de los caudales de cada estación se ordenan de mayor a menor. Luego se le asigna un número de orden a cada uno y posteriormente, se calcula la probabilidad de excedencia mediante la expresión de Weibull:

$$Pb = \frac{m}{n + 1} * 100 [\%]$$

donde m corresponde al número de orden y n es el número total de datos, en este caso 20.

El Tr se calcula de la siguiente manera:

$$Tr = \frac{1}{Pb} [\text{años}]$$

Los valores Pb y Tr de cada una de las estaciones fluviométricas utilizadas se encuentran en la Tabla 8.

Se destaca en rosa los caudales promedios anuales para una Pb de 20% y esto ocurriría aproximadamente cada 5 años. En verde se aprecian los caudales para un año promedio.

Para describir el flujo superficial de la cuenca, se divide en 5 sectores: S1, S2, S3, S4 y S5 (Figura 17).

Los caudales de los flujos superficiales en cada sector del acuífero se describen en 2 casos, para una Pb de 50%, el cual representa un caudal de un año promedio, y para una Pb de 20%, que representan caudales mayores, que pueden deberse a aumento en las precipitaciones y/o aumento en deshielo de glaciares.

Las estaciones fluviométricas consideradas en el análisis de flujos superficial son: Tinguiririca en Los Olmos (TLO), Chimbarongo en Santa Cruz (CHSC), Claro en el Valle, Tinguiririca Bajo Los Briones, Chimbarongo en Convento Viejo. Las ubicaciones de estas estaciones se pueden observar en la Figura 18. Los caudales de las 3 últimas estaciones fueron tomados de la Tabla 7. Los caudales de las estaciones TLO, CHSC, Calleque, Las Condenadas y Las Cadenas fueron tomados de DGA, 2005. Esto se debe a que no existe registro público de más estaciones fluviométricas en la zona. En dicho informe solo aparecen los flujos para una Pb de 50% y 85%. Al no contar con valores para una Pb de 20%, se considera el valor de 50%.

Tabla 8: Probabilidad de Excedencia Pb y Periodo de Retornos Tr, donde m corresponde al número de orden y n a la cantidad de datos, en este caso 20.

m	Caudales [m3/s]					Pb=m/(n+1)	Pb [%]	Tr=1/Pb [años]
	CV	TBB	CHCV	CHR5	CHPH			
1	18,88	74,64	34,22	8,18	47,49	0,05	5	21,00
2	18,03	73,65	32,33	8,00	44,13	0,10	10	10,50
3	17,62	67,31	30,22	7,18	43,51	0,14	14	7,00
4	17,44	65,43	24,85	6,93	42,34	0,19	19	5,25
5	17,35	63,94	24,17	6,74	41,41	0,24	24	4,20
6	15,17	56,97	23,90	5,83	39,57	0,29	29	3,50
7	12,76	56,71	23,79	5,79	37,04	0,33	33	3,00
8	8,91	54,95	23,64	5,56	36,87	0,38	38	2,63
9	8,42	51,84	23,62	5,16	35,77	0,43	43	2,33
10	8,30	44,32	23,38	4,12	33,82	0,48	48	2,10
11	8,00	43,89	23,28	3,77	32,70	0,52	52	1,91
12	7,57	41,09	23,00	3,76	28,85	0,57	57	1,75
13	6,92	39,03	22,95	3,49	27,09	0,62	62	1,62
14	6,60	35,62	22,89	3,47	25,80	0,67	67	1,50
15	5,89	35,24	22,69	3,04	25,74	0,71	71	1,40
16	5,36	34,41	20,59	3,01	23,67	0,76	76	1,31
17	5,00	33,92	19,96	2,91	18,49	0,81	81	1,24
18	4,87	28,02	19,07	2,57	18,36	0,86	86	1,17
19	3,43	27,51	18,34	1,94	13,64	0,90	90	1,11
20	3,12	27,14	13,34	1,14	9,39	0,95	95	1,05

Fuente: Elaboración propia.

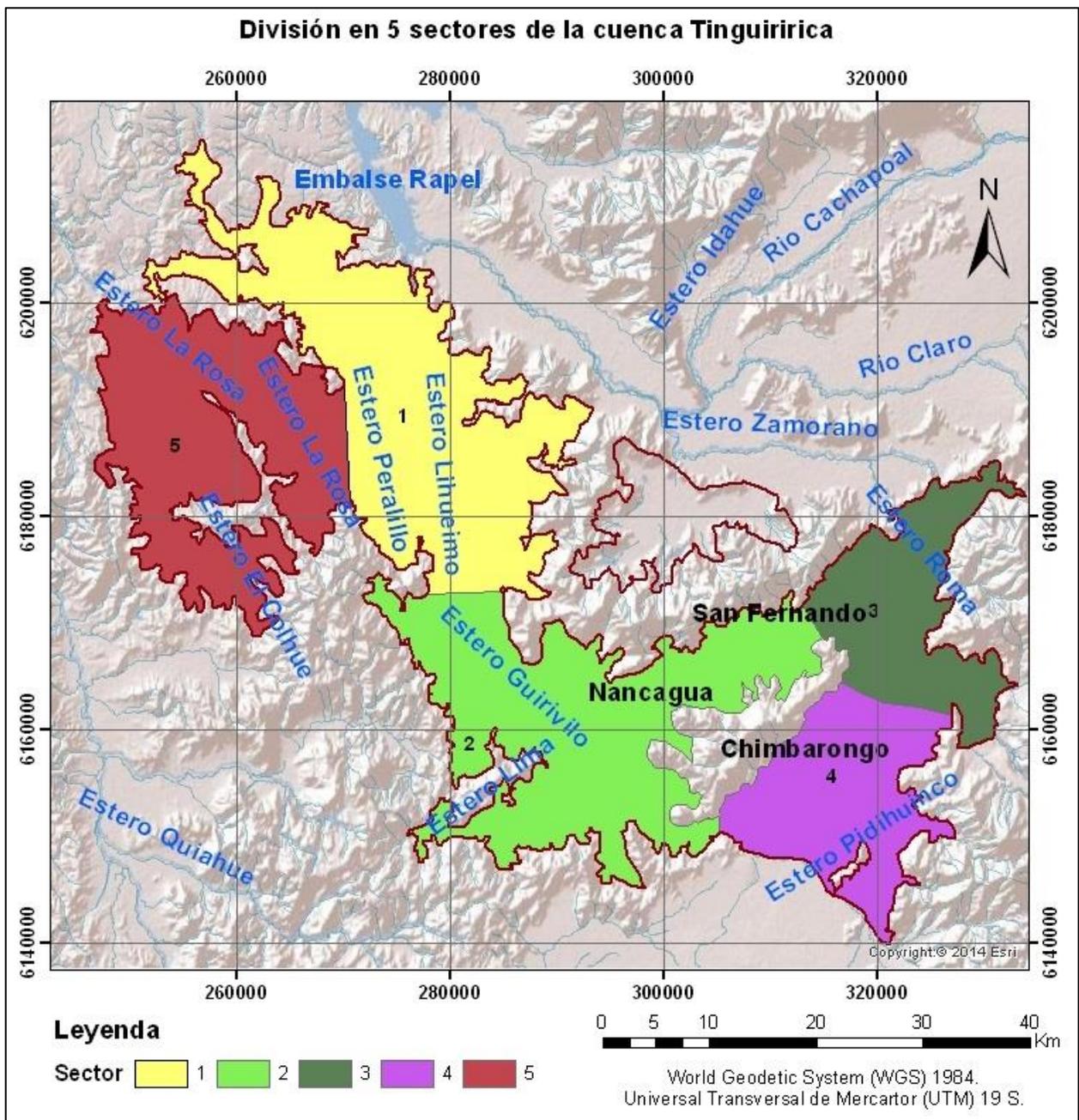


Figura 17: Ubicación de Sectores de la cuenca del Valle Tinguiririca.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

Tabla 9: Caudales con probabilidad de excedencia para 50% y 20% para los 5 sectores.

Sector	Estación	Caudales m3/s	
		Pb 50%	Pb 20%
S3	TBB	44,32	65,43
	CV	8,30	17,44
	Total	52,62	82,87
S4	CHCV	23,38	24,85
	Total	23,38	24,85
S2	TLO	48,00	48,00
	CHSC	20,50	20,50
	Total	68,50	68,50
S1	TLO	48,00	48,00
	Calleuque	6,80	6,80
	Las Condenadas	6,00	6,00
	Canales	-3,50	-3,50
	Total	57,30	57,30
S5	Las Cadenas	1,50	1,50
	Total	1,50	1,50

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Recarga y descarga del sistema

A continuación, se describe los factores que componen la recarga y descarga del acuífero Tinguiririca y su respectivo balance de masas.

4.7.1. Recarga del sistema

Hay tres tipos principales de recarga, definidos como recarga directa, indirecta y localizada. La recarga directa hace referencia al agua excedente que ingresa por percolación vertical a través de la zona no saturada y pasa a formar parte del agua subterránea luego de satisfacer el déficit de humedad del suelo y los requerimientos por evapotranspiración. La recarga indirecta consiste en la percolación hacia el nivel freático desde el lecho de cuerpos de agua superficial. La recarga localizada se debe a la concentración horizontal de agua en superficie en ausencia de canales bien definidos (Simmers, 1997).

4.7.1.1. Recarga Directa

Las fuentes de agua que intervienen en el proceso de recarga son múltiples y variadas y pueden agruparse en los siguientes tipos: agua de lluvia; agua superficial que circula por cauces permanentes, estacionales o efímeros o bien que se encuentra almacenada en lagos, lagunas o humedales; agua procedente de otros acuíferos y acuitardos; agua de riegos, fugas de redes de abastecimiento o infiltración de embalses artificiales (Schulz & García, 2015).

En el acuífero Tinguiririca la recarga directa corresponde a la infiltración de precipitación directa sobre el acuífero, la infiltración del riego agrícola, pérdida desde canales, la recarga de ríos y esteros.

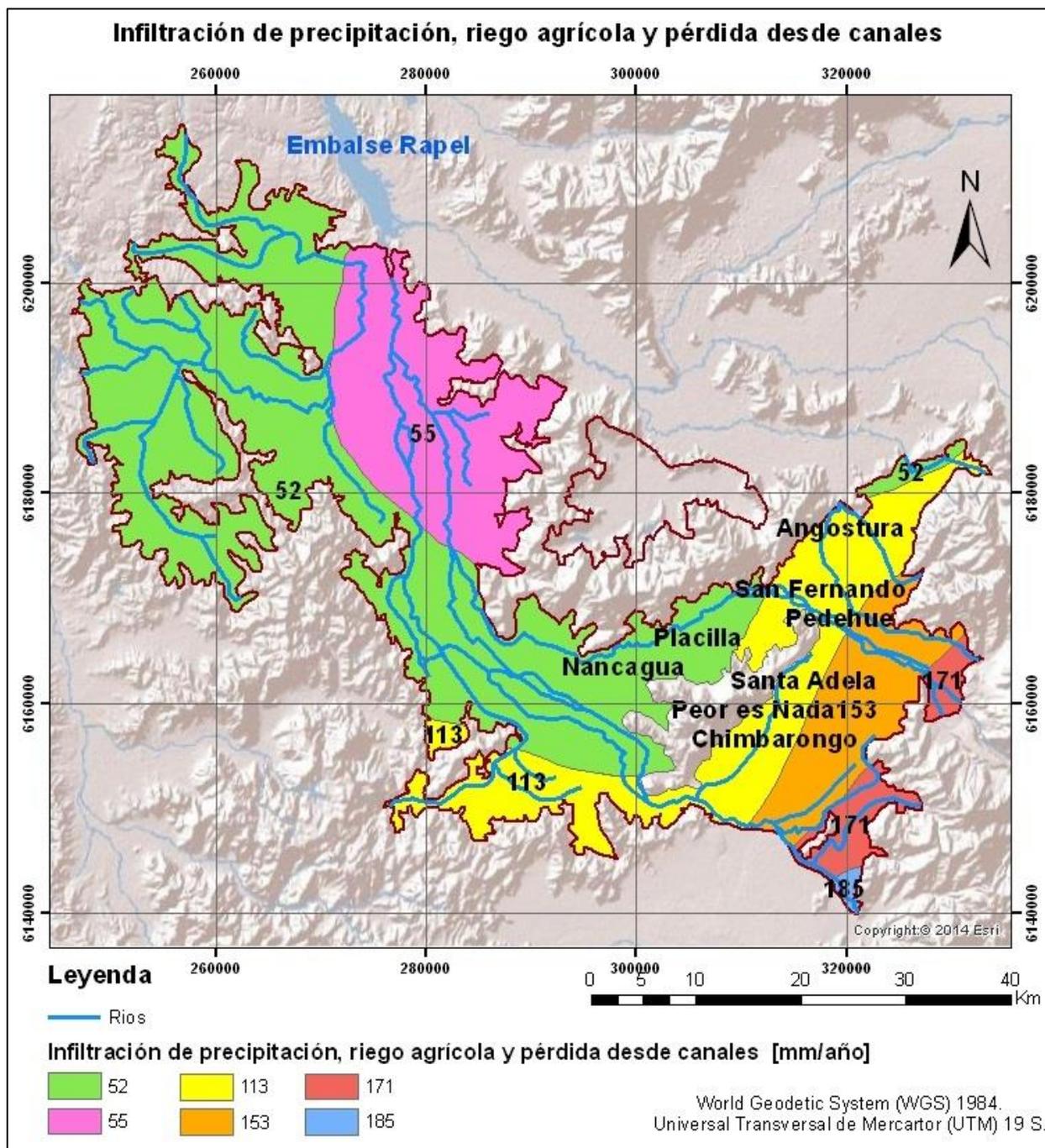


Figura 19: Infiltración de precipitación, riego agrícola y pérdida desde canales del Acuífero Tinguiririca.
Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

Debido a que no se dispone de registro de cobertura de canales, sistemas de riegos y de superficies regadas, la recarga directa que corresponde a los tres primeros factores mencionados en el párrafo anterior se estiman en DGA, 2005 como una fracción (variable entre un 10 y un 20 %) de la precipitación que cae sobre el área activa (Figura 19).

La recarga desde ríos y esteros es calculada por la DGA 2005, en función de la posición de la napa, de la conductancia del lecho y de la altura de agua en el río (bordes de ríos). La ubicación de los ríos incluidos en el modelo se presenta en la Figura 19.

4.7.1.2. Recarga indirecta

La recarga indirecta corresponde a la precipitación indirecta sobre las subcuencas y microcuencas ubicadas en el valle central y que drenan hacia el acuífero (recarga de piedemonte). En DGA 2005 esta recarga se representó mediante 2.401 pozos de inyección, todos ubicados bajo las áreas aportantes laterales en los bordes del acuífero (Tabla 10).

A la recarga de las subcuencas laterales se asignó una escurrentía variable entre 64 y 80% y una infiltración variable ente 15 y 25%, lo que da una tasa de infiltración que varía entre 10 y 20%. La distribución espacial de estas subcuencas se observa en la Figura 20.

Tabla 10: Recarga indirecta por cuencas aportantes y pozo de inyección.

N° Area	Area [Km ²]	P. Media [m/año]	Caudal [m ³ /d]	Fac. Esc. [%]	Fac. Inf [m ³ /d]	Caudal Infiltración [m ³ /d]	N° Pozos de Inyección	Caudal Infiltración unitario [m ³ /d]
T1	32,90	0,758	68.262	0,80	0,25	13.652	46	297
T2	29,00	0,870	69.234	0,80	0,25	13.847	49	283
T3	24,50	0,968	64.952	0,80	0,25	12.290	15	866
T4	11,70	0,968	314.733	0,80	0,25	62.947	107	588
T5	54,40	0,735	109.599	0,80	0,25	21.920	106	207
T6	66,30	0,780	141.653	0,80	0,25	28.331	77	368
T7	57,90	0,728	115.342	0,80	0,25	23.068	125	185
T8	38,80	0,653	69.414	0,80	0,25	13.883	52	267
T9	51,20	0,615	86.304	0,80	0,25	17.261	114	151
T10	21,30	0,615	35.901	0,80	0,25	7.180	90	80
T11	18,00	0,630	31.065	0,80	0,25	6.213	65	96
T12	51,90	0,630	89.594	0,80	0,25	17.919	139	129
T13	12,50	0,630	21.544	0,80	0,25	4.309	42	103
T14	24,60	0,645	43.539	0,80	0,25	8.708	99	88
T15	22,40	0,630	38.682	0,80	0,25	7.736	26	298
T16	11,40	0,645	20.138	0,80	0,25	4.028	22	183
T17	69,40	0,630	11.978	0,80	0,25	23.957	229	105
T18	45,50	0,653	81.336	0,80	0,25	16.267	93	175
T19	21,10	0,653	37.707	0,80	0,25	7.541	44	171
T20	40,30	0,615	67.949	0,80	0,25	13.590	93	146
T21	1,00	0,585	2.831	0,80	0,25	566	15	38
T22	63,40	0,563	97.638	0,80	0,25	19.528	175	112
T23	58,80	0,585	94.219	0,80	0,25	18.844	108	174
T24	61,00	0,615	10.277	0,80	0,25	20.554	102	202
T25	39,30	0,660	71.107	0,80	0,25	14.221	43	331
T26	17,60	0,683	32.912	0,80	0,25	6.582	26	253
T27	8,00	0,690	15.060	0,80	0,25	3.012	27	112
T28	16,60	0,690	31.323	0,80	0,25	6.265	32	196
T29	37,00	0,735	74.510	0,80	0,25	14.902	73	204
T30	36,60	0,683	68.377	0,80	0,25	13.675	75	182
T31	31,50	0,713	61.494	0,64	0,15	5.903	92	64

449.399 2.401

Fuente: Tomado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

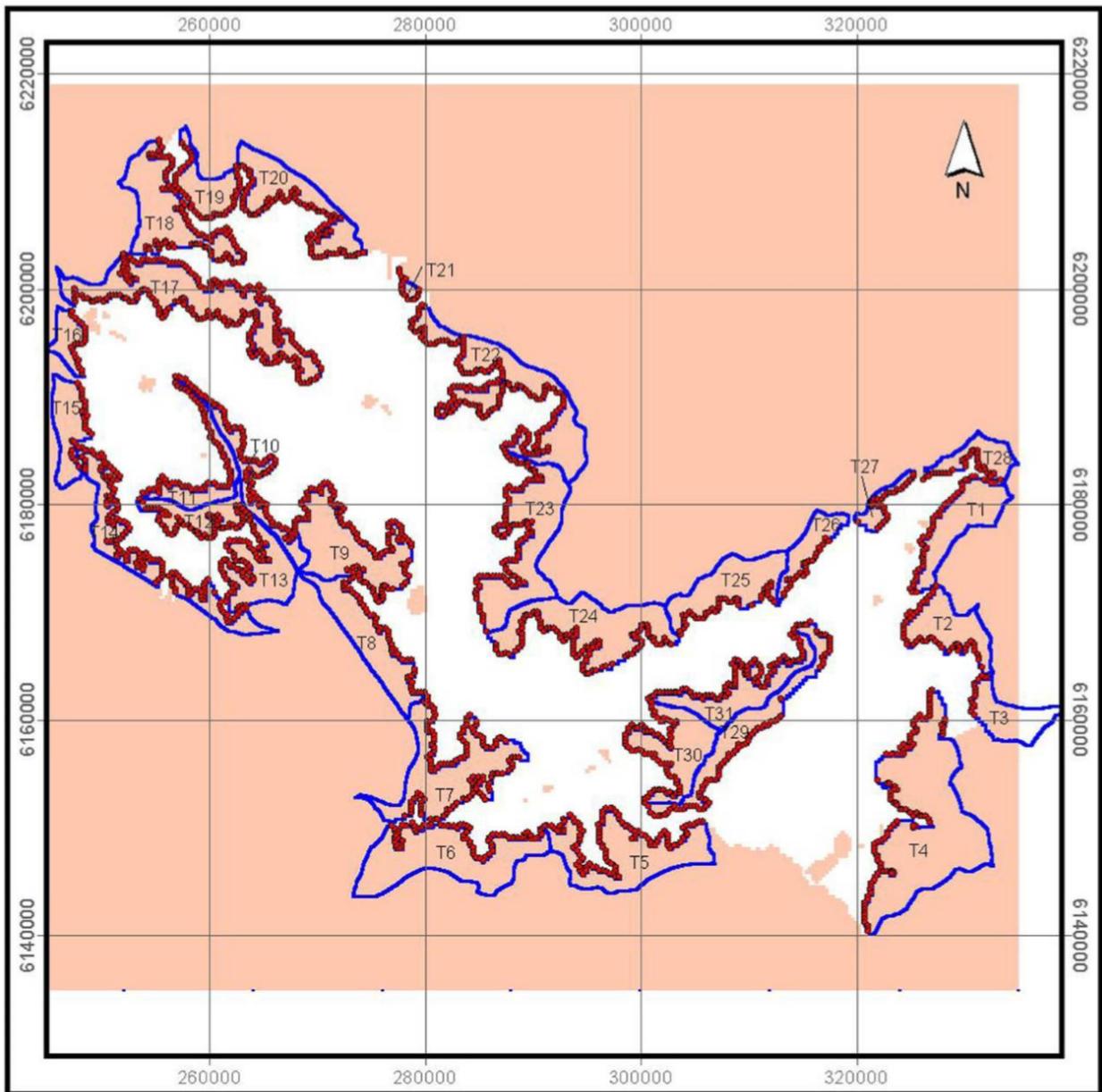


Figura 20: Recarga indirecta por cuencas aportantes (trazado azul) y pozo de inyección (puntos rojos).
Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

4.7.1.3. Recarga subterránea

En DGA, 2005, las recargas subterráneas corresponden a los ingresos desde las partes altas de los acuíferos asociados a los valles del río Tinguiririca. Estos fueron modelados como bordes de altura constante, cuya ubicación también se presenta en la Figura 20.

4.7.2. Descarga del sistema

Las descargas del acuífero se producen mediante: descarga subterránea hacia el embalse Rapel; descarga hacia los cauces superficiales y descarga desde pozos.

La descarga hacia el embalse Rapel fue modelada en DGA, 2005 como un borde de altura constante.

Al igual que para la recarga, la descarga desde río y estero es calculada en función de la posición de la napa, de la conductancia del lecho y de la altura de agua en el río.

La descarga desde pozos de bombeo se realizó con 407 pozos, y 36 en trámite, arrojando un total de 443 pozos y un caudal total de casi 17.400.000 l/s. Los pozos considerados en dicho estudio se encuentran en el ANEXO B: REGISTRO DE POZOS DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA.

4.7.3. Balance de masas.

Se presenta los balances de masas del acuífero Tinguiririca para régimen natural, demanda comprometida y demanda total. Luego se describe de la misma forma cada uno de los 5 sectores.

4.7.3.1. Balance de Masas de acuífero Tinguiririca en régimen natural

Se considera régimen natural, es decir, no considera explotaciones de las aguas subterráneas. En la Tabla 11 se muestran los resultados de balance de masa promedio para 50 años calculados en Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005). La segunda columna muestra los valores para un régimen natural.

El caudal de salida es el mismo que el de entrada al sistema y el error de balance de masas es menor a 0,01% por lo que el sistema se encontraría en equilibrio.

4.7.3.2. Balance de Masas de Acuífero Tinguiririca considerando demanda comprometida

En este balance se considera los derechos de agua otorgados, como extracción de agua mediante pozos de bombeo. (Columna 3, Tabla 11).

Se observa que, con el alza en el caudal de explotación, se incrementa el caudal promedio extraído del almacenamiento del acuífero, lo que indica que aumenta la profundidad de nivel estático.

Tabla 11: Balance hídrico promedio del acuífero para una explotación de 50 años

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0	0	0
Borde constante	0,7	0,7	0,7
Subcuencas aportantes	4,27	4,27	4,27
Infiltración de Precipitación, riego y canales	3,76	3,76	3,76
Ríos y esteros	1,78	2,66	2,73
Desde Acuífero Las Cadenas	0,04	0,04	0,05
Total IN	10,56	11,44	11,51
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0	0	0
Borde constante	0,14	0,14	0,14
Pozos	0	3,51	3,73
Ríos y esteros	9,91	7,32	7,16
Rapel	0,47	0,44	0,44
Hacia Acuífero Las Cadenas	0,03	0,05	0,06
Total OUT	10,55	11,46	11,53
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	0,01	-0,02	-0,02

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

4.7.3.3. Balance de Masas de Acuífero Tinguiririca considerando Demanda Total

En este balance de masas, se consideran los derechos otorgados y los derechos en trámite. Esto se observa en la 4 columna de la Tabla 11.

Con el aumento en el caudal de extracción, disminuye el caudal de los cursos superficiales de la zona, es decir (aumento de infiltración y disminución de afloramientos), debiendo conocerse el caudal de los distintos cursos para evaluar la importancia relativa de esta pérdida.

4.7.3.4. Balance de Masas en Sectores

A continuación, se muestran los balances de masas para cada sector. Este análisis sectorial permite entender de mejor manera el comportamiento de las aguas en el acuífero.

Sector 1

El balance de masa en régimen natural, demanda comprometida y total de este sector se encuentra en la Tabla 12.

En este sector se observa que la demanda de agua subterránea es mayor a la recarga superficial, pero con la demanda total la salida de agua a través de pozos crece, lo cual deja al sistema en equilibrio.

Tabla 12: Balance de Masas Sector 1, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	1,10	1,09	1,09
Infiltración de ppt, riego y canales	0,89	0,89	0,89
Ríos y esteros	0,29	0,67	0,72
Sector 2 a Sector 1	0,22	0,28	0,29
Sector 5 a Sector 1	0,03	0,05	0,06
Total IN	2,53	2,98	3,05
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,47	0,44	0,44
Pozos	0,00	1,29	1,41
Ríos y esteros	2,03	1,21	1,14
Sector 1 a Sector 2	0,00	0,00	0,00
Sector 1 a Sector 5	0,04	0,04	0,05
Total OUT	2,54	2,98	3,04
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	-0,01	0,00	0,01

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, (2005).

Sector 2

El balance de masa en régimen natural, demanda comprometida y total de este sector se encuentra en la Tabla 13.

La demanda de agua subterránea es levemente mayor a la recarga, no obstante, al igual que en el sector 1, la salida de agua por pozos aumenta, por lo que el balance arroja que el sector está en equilibrio.

Tabla 13: Balance de Masas Sector 2, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	1,68	1,68	1,68
Infiltración de ppt, riego y canales	1,03	1,03	1,03
Ríos y esteros	0,36	0,56	0,57
Sector 3 a Sector 2	0,49	0,39	0,39
Sector 4 a Sector 2	0,47	0,45	0,45
Total IN	4,03	4,11	4,12
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Pozos	0,00	1,03	1,11
Ríos y esteros	3,80	2,79	2,73
Sector 2 a Sector 1	0,22	0,28	0,29
Total OUT	4,02	4,10	4,13
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	0,01	0,01	-0,01

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

Sector 3

El balance de masa en régimen natural, demanda comprometida y total de este sector se encuentra en la Tabla 14.

La recarga superficial es un poco menor a la demanda de aguas subterráneas, pero al aumentar la salida de aguas del sistema por los pozos, el balance de masa de este sector arroja que está en equilibrio.

Tabla 14: Balance de Masas Sector 3, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,70	0,70	0,70
Pozos	0,75	0,75	0,75
Infiltración de ppt, riego y canales	0,72	0,72	0,72
Ríos y esteros	1,09	1,36	1,37
Sector 2 a Sector 3	0,00	0,00	0,00
Sector 4 a Sector 3	0,07	0,07	0,07
Total IN	3,33	3,60	3,61
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,14	0,14	0,14
Pozos	0,00	0,88	0,88
Ríos y esteros	2,41	1,90	1,90
Sector 3 a Sector 2	0,49	0,39	0,39
Sector 3 a Sector 4	0,29	0,29	0,30
Total OUT	3,33	3,60	3,61
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	0,00	0,00	0,00

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

Sector 4

El balance de masa en régimen natural, demanda comprometida y total de este sector se encuentra en la Tabla 15.

La demanda de aguas a través de pozos es ligeramente mayor a la recarga natural, pero se compensa con la salida de aguas a través de los pozos.

Tabla 15: Balance de Masas Sector 4, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,00	0,00	0,00
Pozos	0,75	0,75	0,75
Infiltración de ppt, riego y canales	1,12	1,12	1,12
Ríos y esteros	0,05	0,07	0,07
Sector 3 a Sector 4	0,29	0,29	0,30
Total IN	2,21	2,23	2,24
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,00	0,00	0,00
Pozos	0,00	0,31	0,34
Ríos y esteros	1,67	1,41	1,39
Sector 4 a Sector 2	0,47	0,45	0,45
Sector 4 a Sector 3	0,07	0,07	0,07
Total OUT	2,21	2,24	2,25
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	0,00	-0,01	-0,01

Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

Sector 5

El balance de masa en régimen natural, demanda comprometida y total de este sector se encuentra en la Tabla 16.

La demanda de agua mediante pozos es mayor a la recarga natural, pero se compensa con la salida de aguas a través de los pozos.

Cabe mencionar que estos valores no corresponden a la realidad, si no que a una modelación computacional. No obstante, estos valores se deben tener en cuenta, ya que ayuda a tener un mayor conocimiento de cómo se comporta el agua subterránea y permite determinar la cantidad de agua disponible para el uso y consumo, tanto de pozos de bombeo como de agua superficial.

Tabla 16: Balance de Masas Sector 5, Régimen Natural, Demanda Comprometida y Total.

Entradas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,00	0,00	0,00
Pozos	0,84	0,83	0,83
Infiltración de ppt, riego y canales	0,63	0,63	0,63
Ríos y esteros	0,06	0,16	0,18
Sector 1 a Sector 5	0,04	0,04	0,05
Total IN	1,57	1,66	1,69
Salidas [m³/s]			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
Almacenamiento	0,00	0,00	0,00
Borde constante	0,00	0,00	0,00
Pozos	0,00	0,84	0,89
Ríos y esteros	1,53	0,78	0,75
Sector 5 a Sector 1	0,03	0,05	0,06
Total OUT	1,56	1,67	1,70
Diferencia			
Componente	Régimen Natural	Demanda Comprometida	Demanda Total
IN - OUT	0,01	-0,01	-0,01

Fuente: Tomado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

4.8. Vulnerabilidad de acuíferos

Los registros, información y figuras de este subcapítulo y del siguiente, Calidad del agua, se obtuvieron del Informe desarrollado por la DGA en 2015, titulado 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'.

Según el SERNAGEOMIN un sistema acuífero es vulnerable ante cierta acción cuando ésta puede causar un perjuicio (daño, deterioro o degradación) del acuífero. La vulnerabilidad sería una medida cualitativa o cuantitativa, en general expresada mediante un índice sin dimensiones, de la mayor o menor facilidad con que se puede infligir ese perjuicio (Sernageomin, 2006). Para la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (AIH), la vulnerabilidad es definida como una propiedad intrínseca de un sistema de agua subterránea que depende de la sensibilidad de este frente a impactos humanos o naturales (DGA, 2015).

En la Figura 21 se muestra un mapa con las categorías de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos de la VI Región. En el estudio (Sernageomin, 2006) se utilizaron dos metodologías: GOD y SGFRA-BGR. El método GOD estima la vulnerabilidad de un acuífero considerando los parámetros "tipo de acuífero o modo de ocurrencia del agua subterránea", "litología de la zona no saturada", y la "profundidad del agua subterránea". El método SGFRA-BGR considera "permeabilidad del suelo orgánico

o agrícola en superficial”, “litología de cada estrato en la zona no saturada”, “espesor en metros de cada estrato hasta la zona no saturada” y “tasa de percolación o recarga al acuífero”. Los grados de vulnerabilidad obtenidos se dividen en las siguientes categorías:

- **Extrema:** vulnerable a la mayoría de los contaminantes del agua, con impacto rápido en muchos escenarios de polución.
- **Alta:** vulnerable a muchos contaminantes (a excepción de aquellos fuertemente absorbidos o rápidamente transformados) en muchos escenarios de polución.
- **Moderada:** vulnerable a algunos contaminantes, pero sólo cuando hay descargas continuas o lixiviados.
- **Baja:** sólo vulnerable a contaminantes conservativos, en el largo plazo, cuando son descargados continuamente.
- **Nula:** capas confinantes presentes, sin flujo vertical de agua subterránea de importancia.

En dicho informe, también se destaca que “en el largo plazo todos los acuíferos son vulnerables a contaminantes persistentes en el tiempo y no degradables, inclusive aquéllos que presentan una baja vulnerabilidad a la contaminación. Estos últimos tienden a ser los más difíciles de limpiar una vez contaminados, por lo que no existen sectores en el acuífero en los que el agua subterránea no se vea afectada por la presencia de contaminantes conservativos y persistentes” (Sernageomin, 2006).

De la Figura 21 es posible identificar que el acuífero Tinguiririca presenta mayormente, una vulnerabilidad alta. En el sector de San Fernando (S3) la vulnerabilidad es alta y extrema. En el sector de Chimbarongo (S4) se aprecia una vulnerabilidad principalmente alta, y hacia el sur es baja.

En el sector de Santa Cruz (S2), donde el río se dirige hacia el noroeste, la vulnerabilidad es alta y extrema.

El sector de Las cadenas (S5) presenta una vulnerabilidad moderada y baja. Finalmente, en el sector de Tinguiririca Superior (S1) es moderada y alta.

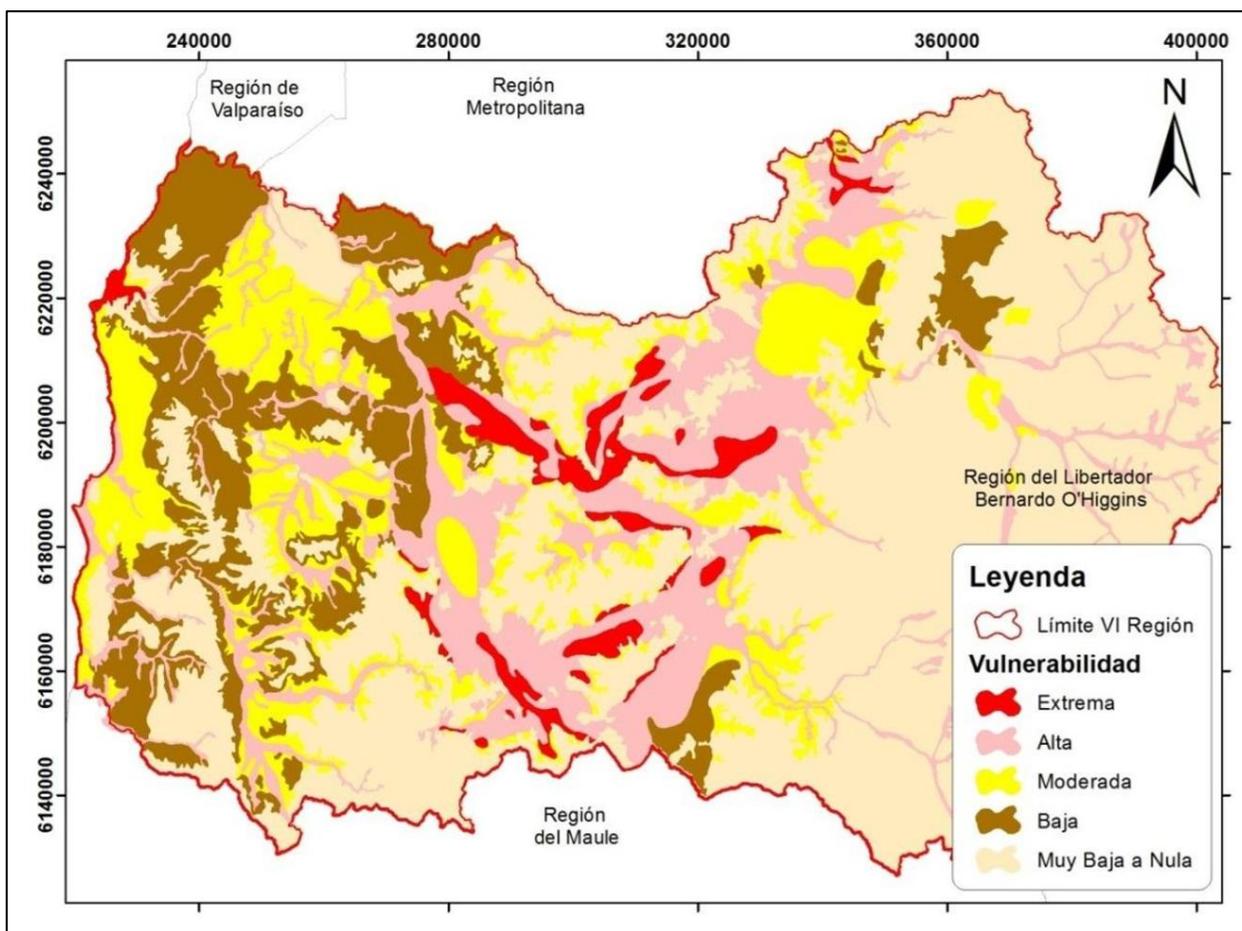


Figura 21: Vulnerabilidad a la Contaminación de los acuíferos en la VI Región.

Fuente: Informe 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins', DGA, 2015.

4.9. Calidad del agua

En DGA, 2015, se realizan diagramas de Stiff-modificado (Figura 22), en ellos se determinó que existen diferencias entre las aguas subterráneas en la zona del valle del río Tinguiririca y las aguas subterráneas que fluyen más al sur, por el valle del estero Chimbarongo (aguas abajo del embalse Convento Viejo).

En general las aguas del acuífero Tinguiririca se clasifican como Sulfatadas-Cálcicas a Sulfatadas-Cálcicas-Bicarbonatadas (Figura 23). Con los resultados químicos disponibles en dicho trabajo no fue posible distinguir una evolución química clara en la dirección del flujo del agua subterránea que permitiera su clasificación, lo cual podría deberse, por ejemplo, a mezclas de aguas del mismo acuífero con aportes superficiales del río Tinguiririca, estero Chimbarongo y la red de canales de riego.

Sin embargo, los diagramas de Stiff-modificado reflejan el incremento en la concentración total de iones y una mayor concentración de sulfato en el sector Tinguiririca Inferior respecto del sector Tinguiririca Superior (posiblemente atribuibles a procesos de disolución y/o contaminación agrícola/industrial).

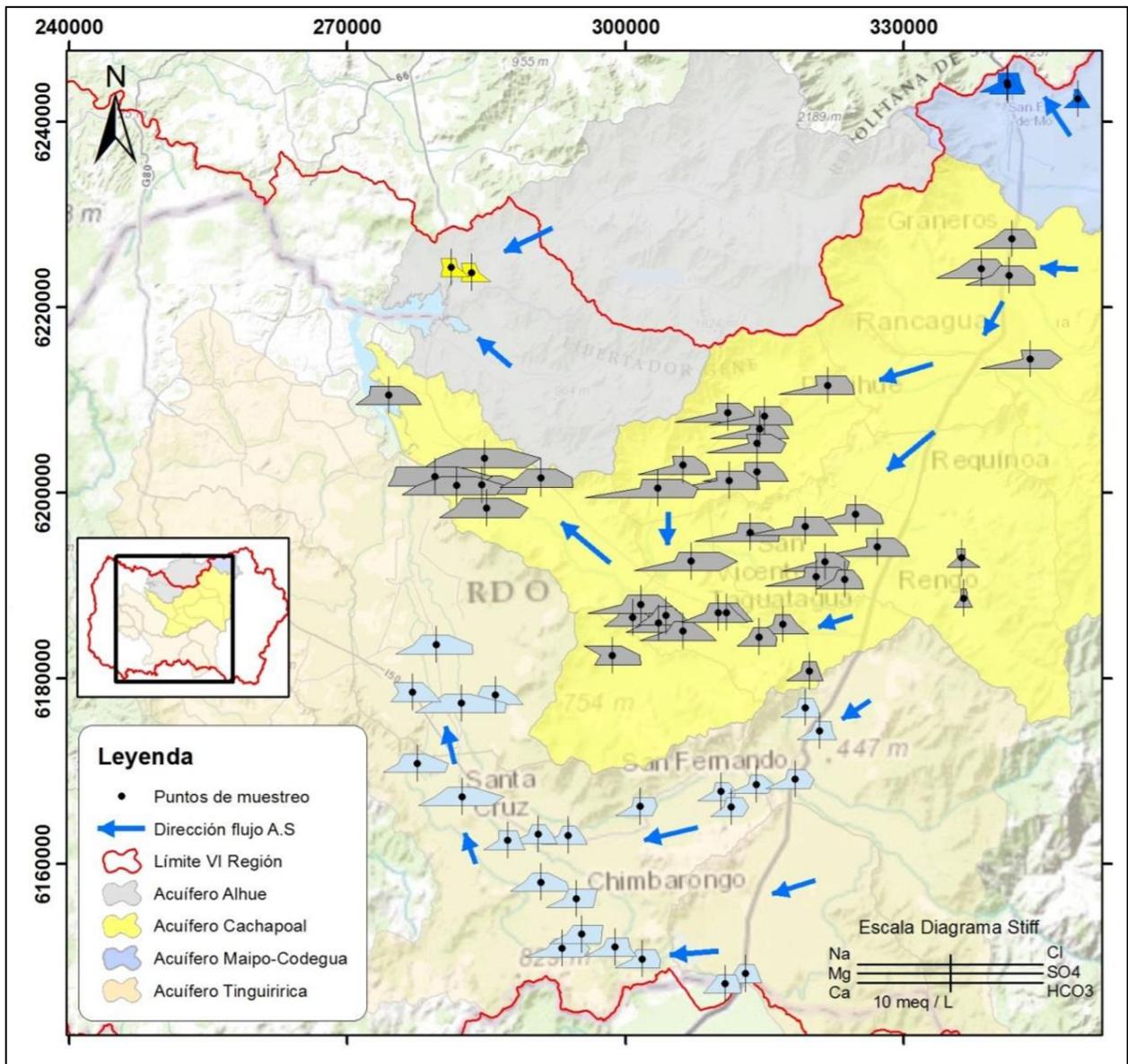


Figura 22: Diagramas de Stiff-modificado para 70 muestras tomadas en la VI región en octubre de 2014.
 Fuente: Informe 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.

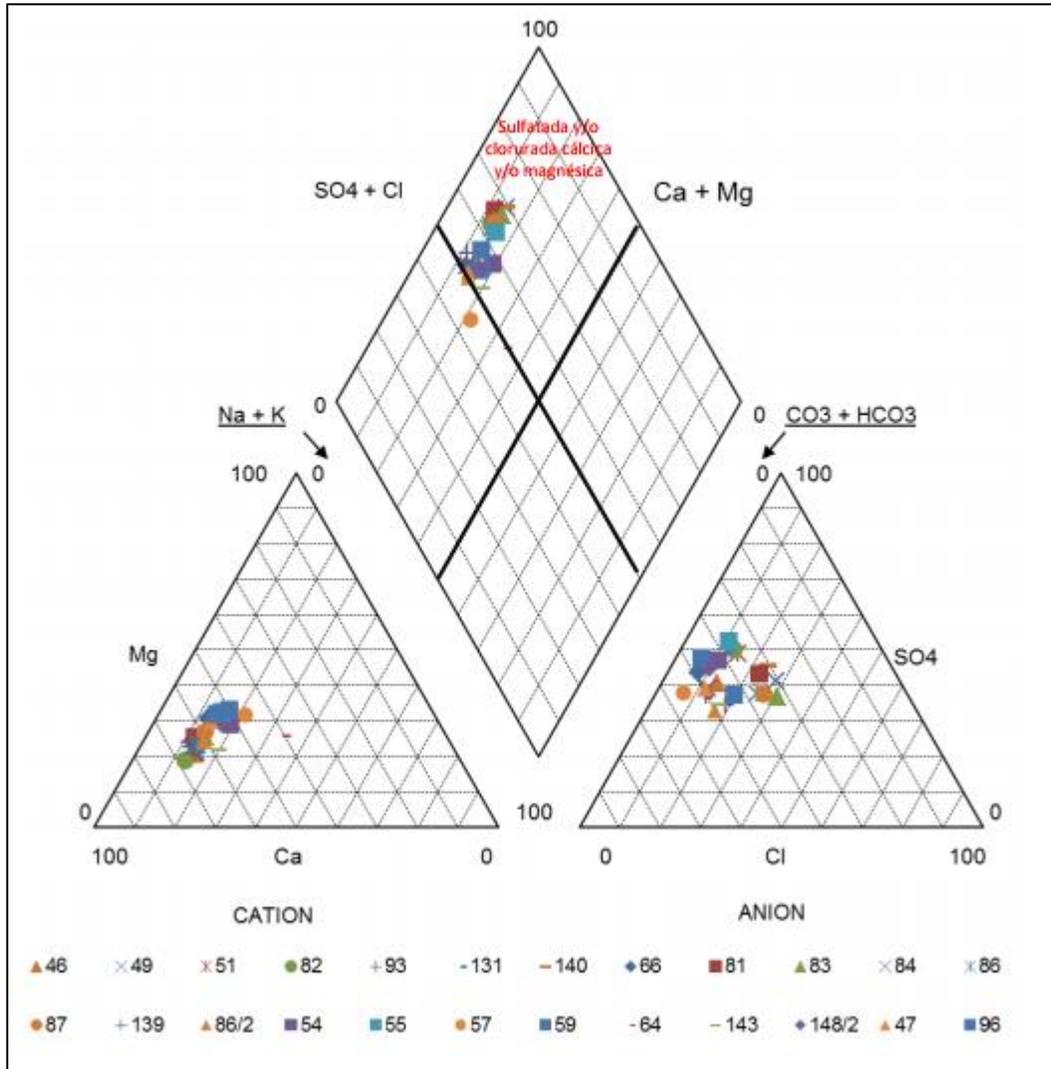


Figura 23: Representación mediante diagrama de Piper de las características químicas de las aguas subterráneas muestreadas en el acuífero Tinguiririca (Aguas Sulfatadas- Cálcidas – Bicarbonatadas). Fuente: Tomado de 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.

En la Figura 24 los puntos verdes indican cumplimiento en todos los parámetros de la Norma Chilena NCh 409, los puntos rojos indican que al menos un parámetro superó la norma y los puntos amarillos indican cumplimiento de la norma, pero presentaron concentraciones de nitrato en un rango considerado de atención.

Mayor detalle de la calidad del agua en la cuenca del río Tinguiririca se encuentra en el ANEXO C: CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA.

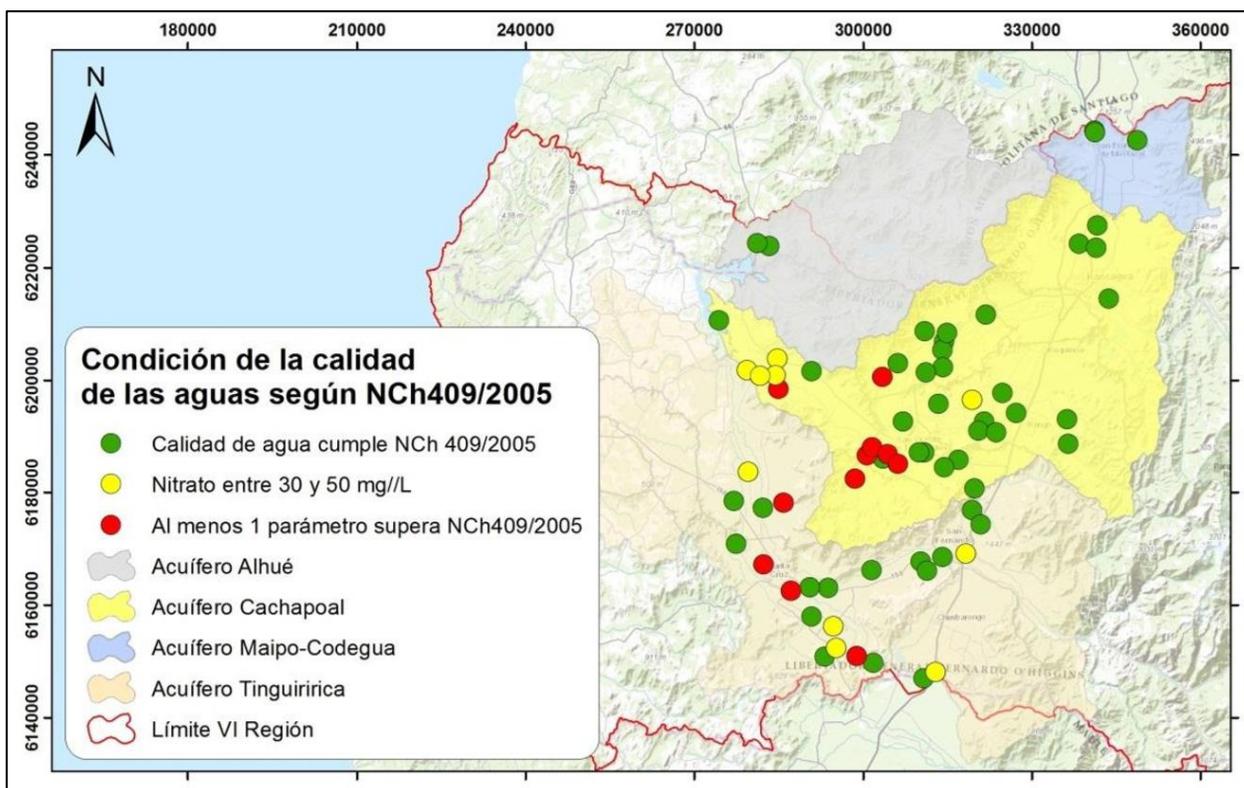


Figura 24: Clasificación de los 70 pozos muestreados según su condición de cumplimiento del estándar de calidad de agua potable NCh 409 Of.2005.

Fuente: Informe 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.

5. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados de la determinación del sector, el volumen de almacenamiento, el mecanismo a utilizar para gestionar la recarga del acuífero y la evaluación económica de la implementación de tal mecanismo en el sector óptimo escogido.

5.1. Determinación de Sectores

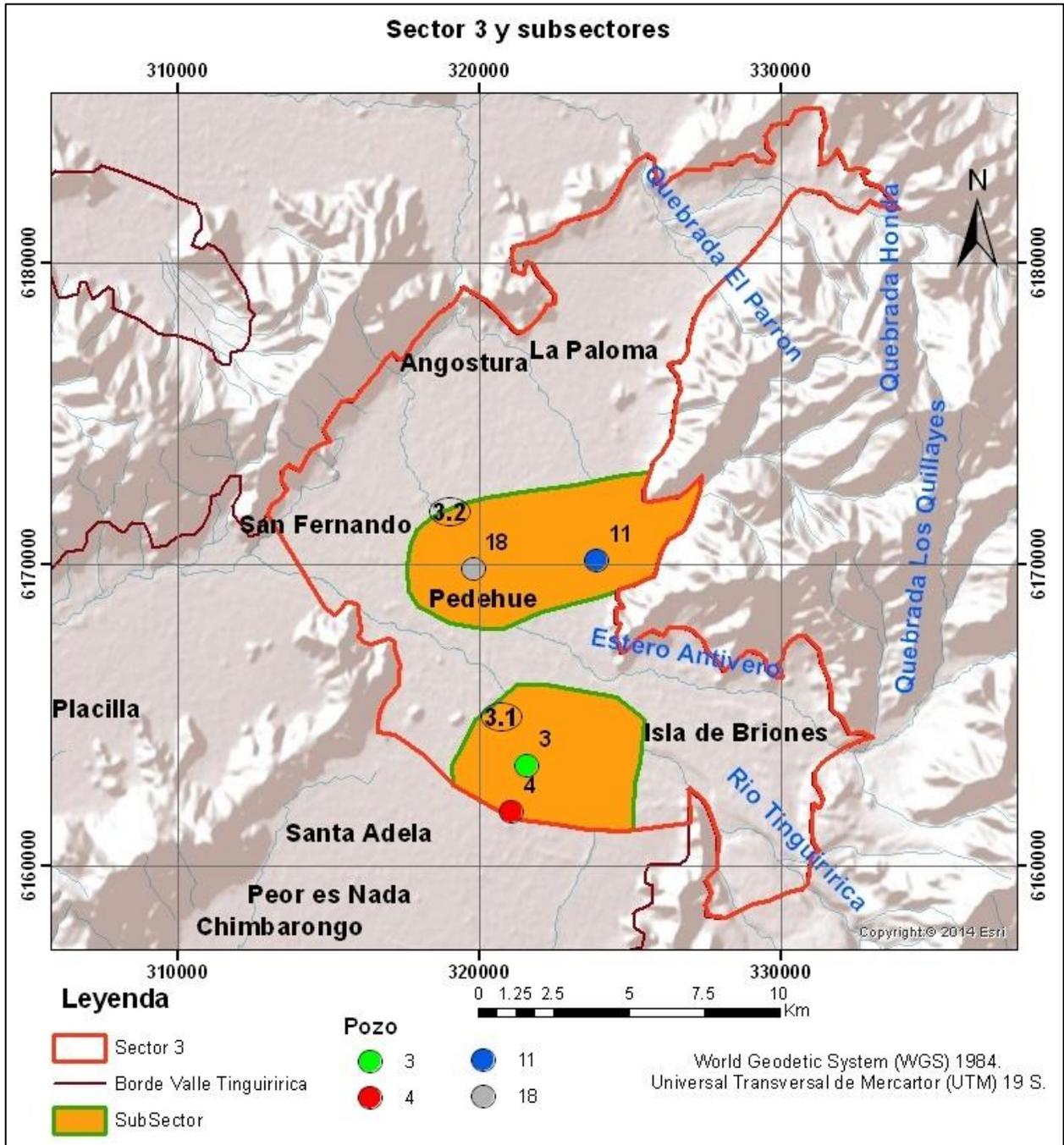


Figura 25: Sector óptimo para realizar la recarga artificial de aguas, Sector 3, marcado en rojo y los subsectores en verde.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar un proyecto de recarga gestionada, la cota hidráulica subirá, por lo que es recomendable escoger un sector donde el nivel estático sea profundo. Las mayores profundidades de nivel estático se encuentran en el sector S3. En este sector, es posible encontrar 2 zonas en las cuales la profundidad del nivel freático va desde 15 a 24 metros de profundidad.

Los subsectores óptimos se ubican en la zona central y sur del Sector de San Fernando S3 el cual comprende un área de 246 km². El Sector 3.1 se encuentra al este de la Ruta 5Sur, entre Pedehue y Santa Adela y cubre un área de 24 km². El sector 3.2 se ubica en la localidad de Pedehue y abarca un área de 33 km². (Figura 25).

5.2. Niveles estáticos de sectores 3.1 y 3.2

Los niveles estáticos en el Sector de San Fernando (S3), si bien son los más profundos de la cuenca del Valle del Tinguiririca, no superan los 25 metros.

En el sector 3.1, se encuentran los pozos 3 y 4 (Tabla 5), los cuales corresponden a APR Tinguiririca, con un nivel estático de 18.1 metros (punto verde en la Figura 25) y el Fundo La Macarena con una profundidad del agua subterránea de 22,3 metros (punto rojo en la Figura 25).

En el sector 3.2 existen 2 pozos, el pozo 11 y 18 (Tabla 5). El pozo 11 (punto azul en la Figura 25), corresponde a APR Roma Arriba con un nivel estático de 17,2 metros. El pozo 18 (punto gris en la Figura 25) representa al AP San Fernando y el nivel de aguas subterráneas se encuentra a 16,7 metros de profundidad.

En la Tabla 17 se observan los subsectores y sus pozos representativos con sus coordenadas UTM y la profundidad del nivel estático.

Tabla 17: Sectores óptimos y sus pozos representativos.

Subsector	Nº	Nombre	Norte	Este	N. E.	Fecha N.E.
3.1	3	APR Tinguiririca	6163335	321582	18,1	-
	4	Fdo. La Macarena	6161818	321071	22,3	01/11/1964
3.2	11	APR Roma Arriba	6170141	323869	17,2	01/10/1986
	18	AP San Fernando	6169892	319790	16,7	01/09/1958

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que estos niveles estáticos fueron tomados cuando la extracción de aguas por medio de pozos no influía de mayor manera en el sistema. Por lo que estos valores representan el nivel estático natural de la zona. Al realizar un proyecto de recarga gestionada de aguas en un acuífero, el nivel estático de aguas se encuentra más cerca de la superficie, por lo que se debe determinar cuánto se elevará el nivel estático, para evitar que esto afecte a la población. Esto debido a que, al aumentar el nivel estático puede generar que el agua subterránea alcance la superficie, lo cual afectaría de mala manera a la población y agricultura del sector.

Registros tomados por la DGA al 31 de abril de 2016 (Tabla 18), indican que el nivel estático se ha profundizado 1.5 metros en el Fundo La Macarena perteneciente al subsector 3.1 y en 8.7 metros en el pozo AP San Fernando del subsector 3.2.

Tabla 18: Registro actualizados de 2 pozos de los subsectores óptimos

Subsector	Nº	Nombre	Norte	Este	N. E.	Fecha N.E.
3.1	4	Fundo La Macarena	6161818	321071	23,8	31/04/2016
3.2	18	AP San Fernando	6169892	319790	25,4	31/04/2016

Fuente: Datos tomados de DGA. Elaboración propia.

5.2.1. Descensos en el acuífero

En DGA 2005, se determina que en el acuífero no se producen descensos significativos.

Al considerar tanto la demanda comprometida, como la demanda total para un periodo de 50 años, los descensos máximos en todo el acuífero es aproximadamente 20 metros (Figura 26).

Descensos de unos 15 metros, analizados para 50 años, se encuentran el norte del sector Tinguiririca Superior (S1).

En dicha proyección, se determina que la mayor parte del acuífero, los descensos no superan los 5 metros. Los mayores descensos se encuentran en el valle longitudinal, al norte del río Tinguiririca, en torno a la ciudad de San Fernando (S3).

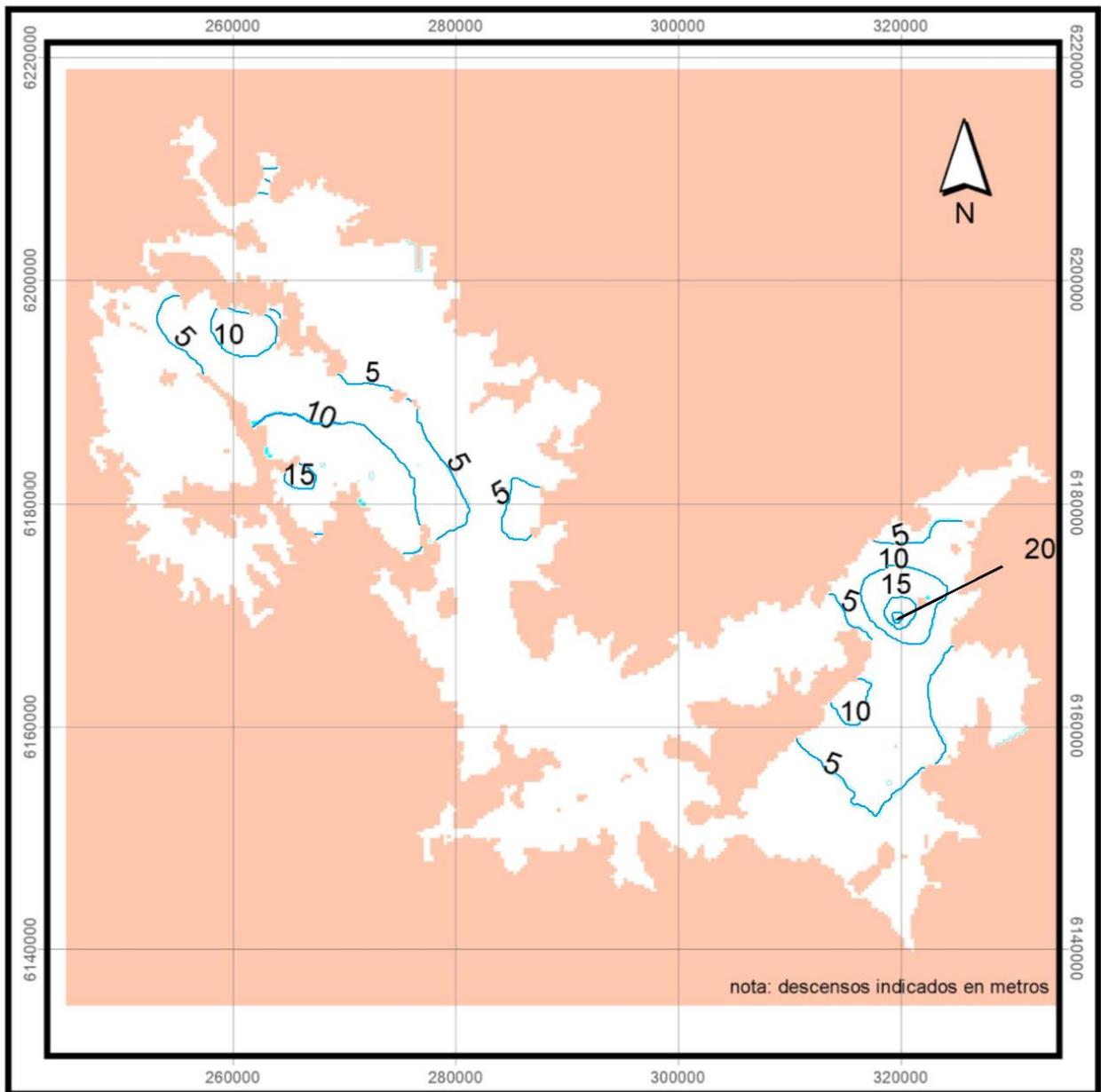


Figura 26: Descenso proyectados a 50 años a futuro considerando la demanda total.
 Fuente: Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005).

5.2.2. Variación de niveles estáticos interanuales

La recarga gestionada de aguas es un proceso que suele llevarse a cabo en ciertos periodos del año y cada una cierta cantidad de años. Para determinar el periodo del año en que debe realizarse, se estudian las variaciones estacionales que presentan los niveles estáticos durante el año en los pozos.

En la Figura 27 se encuentran los niveles estáticos de AP San Fernando (subsector 3.2) desde el año 2007 al 2014. Los niveles estáticos se encuentran medidos en metros. El nivel estático menor se registró a 17,49 metros bajo la superficie el 21/01/2011. Y el nivel

estático más profundo fue 34,94 metros el 21/01/2010. El promedio de variación anual de los niveles estáticos es aproximadamente 11 metros.

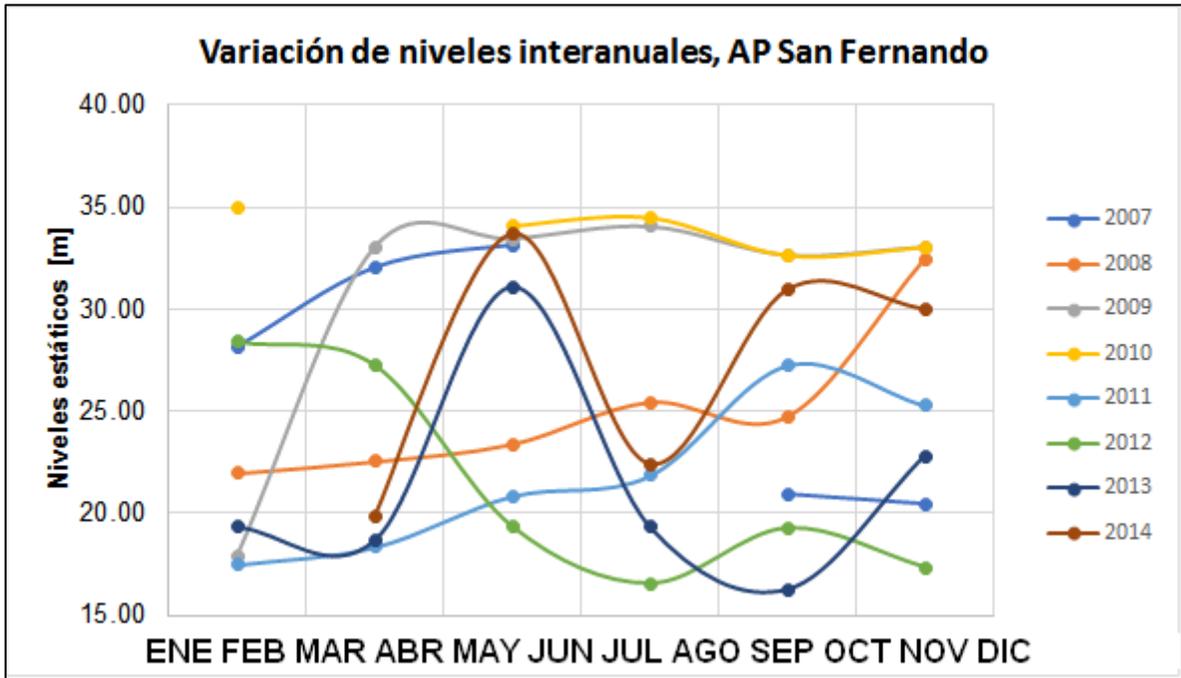


Figura 27: Variación de Niveles estáticos interanuales, AP San Fernando.
Fuente: Elaboración propia.

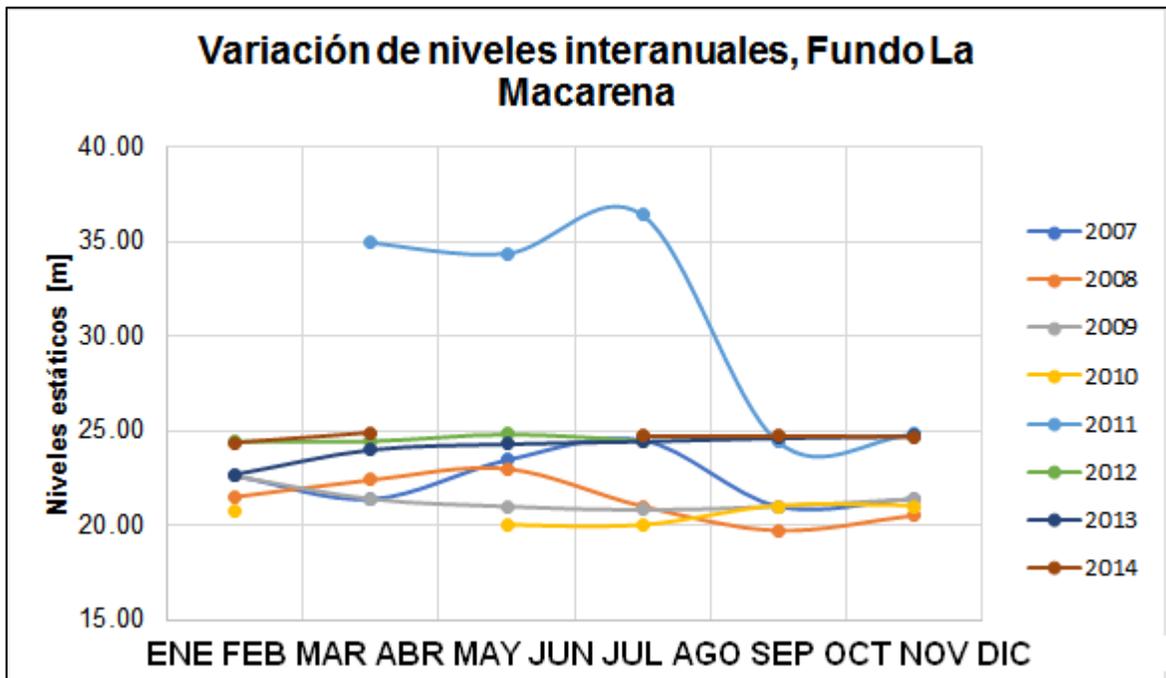


Figura 28: Variación de Niveles estáticos interanuales, Fundo La Macarena.
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 28 se aprecian los niveles estáticos del pozo Fundo La Macarena (subsector 3.1) en el periodo comprendido entre 2007 y 2014. El nivel estático más somero se registró 2 veces seguidas, el 27/05/2010 y el 12/07/2010. La mayor profundidad del agua

subterránea fue medida el 24/03/2011 a 34,93 metros. El promedio de variación anual de los niveles estáticos es aproximadamente 3 metros.

Al analizar los niveles estáticos interanuales, es posible definir un patrón de comportamiento. En el pozo AP San Fernando (Figura 27) al excluir el año 2012, el nivel estático es más profundo durante el mes de mayo. En el pozo Fundo La Macarena, excluyendo el año 2011, no se observa una variación clara de los niveles estáticos, por lo que no es posible definir un patrón.

No obstante, dado que los niveles estáticos de ambos pozos se encuentran a 20 metros de profundidad la mayor parte del tiempo, se podría implementar un proyecto de recarga gestionada de aguas en la zona, cuidando de no elevar el nivel estático a menos de 10 metros de profundidad. Por lo que el espacio disponible para almacenamiento de aguas es de 10 m.

5.3. Flujos Superficiales del sector óptimo

Para llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada de aguas, es necesario determinar el o los caudales superficiales en el sector. Esto se debe realizar para una probabilidad de excedencia (Pb) de 50% que representa un caudal anual promedio y para una Pb de 20%, la que corresponde a un año con grandes deshielos y/o altas precipitaciones y determinar los meses en los que se generan las mayores crecidas de caudal.

Los pozos AP Tinguiririca y Fundo La Macarena, pertenecientes al subsector 3.1, se encuentran cercanos al Río Tinguiririca y su caudal superficial se puede considerar como la suma de los caudales de la estación fluviométrica Río Claro en el Valle más la estación Tinguiririca Bajo Los Briones. De la Tabla 9 se tiene que para una Pb de 50% es de 52,62 m³/s y para una Pb de 20% es de 82,87 m³/s.

El pozo AP San Fernando se encuentra en las cercanías del Estero Antivero y el AP Roma arriba se encuentra cercano al estero Roma, ambos pertenecientes al subsector 3.2. Para este subsector no existen estaciones fluviométricas, por lo que no es posible determinar un caudal superficial en este sector. Si bien se puede estimar, esto escapa a las dimensiones de este trabajo. Debido a esto último, este sector se descarta. Por lo que a partir de este punto solo se trabaja con el sector 3.1.

Para determinar los meses en los que generan las mayores crecidas de caudal, se suman los caudales mensuales de las estaciones fluviométrica Río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca Bajo Los Briones, esto se observa en la Tabla 19. En la Figura 29 y Figura 30 se grafican la suma de estos caudales mensuales por cada año desde 1996 a 2005 y 2006 a 2015, respectivamente. Se observa que hay crecidas de caudal dos veces al año en la época estival de noviembre, diciembre, enero y febrero y una crecida, generalmente menor, en invierno en los meses de mayo, junio, julio y agosto.

El aumento de caudal en la época de verano se debe a los deshielos que se producen en la Cordillera de los Andes. Esto se produce ya que, en esta época, las temperaturas

aumentan y la isoterma 0°C sube y aumenta el escurrimiento de agua desde las altas cumbres hacia el valle.

La crecida de caudales en los meses de invierno se produce por el aumento de precipitaciones en esa época.

Dado que las crecidas son mayores en los meses de verano, noviembre, diciembre, enero y febrero, se determina llevar a cabo la recarga gestionada de aguas en este periodo del año.

Tabla 19: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones. Periodo 1996 – 2015. Fuente: Elaboración propia.

Año	Caudales [m3/s]												Prom anual
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1996	32,14	3,14	32,14	22,57	15,39	24,54	20,55	30,61	31,07	37,65	62,66	44,28	32,15
1997	58,21	48,12	31,58	19,77	52,06	146,10	54,47	99,99	122,57	102,26	129,35	169,71	86,18
1998	140,70	80,78	47,30	39,52	24,39	21,92	16,80	11,95	14,75	23,10	30,43	54,05	42,14
1999	52,70	47,51	25,60	13,34	11,06	10,90	18,11	28,51	69,21	74,59	93,32	80,95	43,82
2000	63,67	45,03	29,19	19,34	12,50	92,55	79,58	44,75	84,57	96,63	110,60	151,91	69,19
2001	118,95	99,09	59,80	19,98	37,16	54,16	116,64	110,67	62,77	67,84	83,09	137,01	80,60
2002	104,17	78,56	46,69	23,57	44,83	68,18	59,49	176,16	100,12	91,38	138,08	161,87	91,09
2003	216,44	106,92	72,71	36,16	25,47	82,07	46,58	23,91	40,65	59,60	75,76	80,65	72,24
2004	85,73	58,44	37,65	40,39	16,14	32,45	35,35	41,03	62,97	48,18	81,17	88,27	52,31
2005	63,05	45,22	28,33	11,90	37,40	109,49	71,06	132,72	68,10	67,42	107,74	128,38	72,57
2006	137,39	95,57	47,05	34,76	36,92	58,41	111,08	71,29	50,93	78,73	106,12	126,69	79,58
2007	126,96	68,21	43,44	21,21	15,11	15,76	23,21	19,94	32,22	52,84	67,02	65,62	45,96
2008	65,21	51,74	26,58	17,80	77,85	61,92	32,10	65,75	55,28	71,31	123,90	127,11	64,71
2009	101,94	87,39	87,39	87,39	87,39	87,39	87,39	89,58	99,02	89,71	57,39	86,74	87,39
2010	92,96	60,89	48,11	32,28	21,84	22,79	19,35	20,78	28,41	46,04	53,44	46,68	41,13
2011	47,26	37,62	25,02	17,57	11,71	12,44	15,57	26,57	36,57	43,29	55,67	65,20	32,87
2012	35,68	36,69	25,86	15,66	43,51	72,92	46,52	27,78	38,10	44,59	69,74	38,89	41,33
2013	29,65	28,80	24,59	17,82	16,93	19,78	19,70	27,20	30,53	41,99	56,40	63,95	31,45
2014	52,28	36,01	25,75	16,62	24,05	22,04	23,64	41,24	44,03	55,32	73,98	71,37	40,53
2015	67,49	43,12	31,20	17,05	12,82	12,58	51,72	56,38	48,83	74,46	103,07	120,02	53,23

Fuente: Datos tomados de DGA.cl. Elaboración propia.

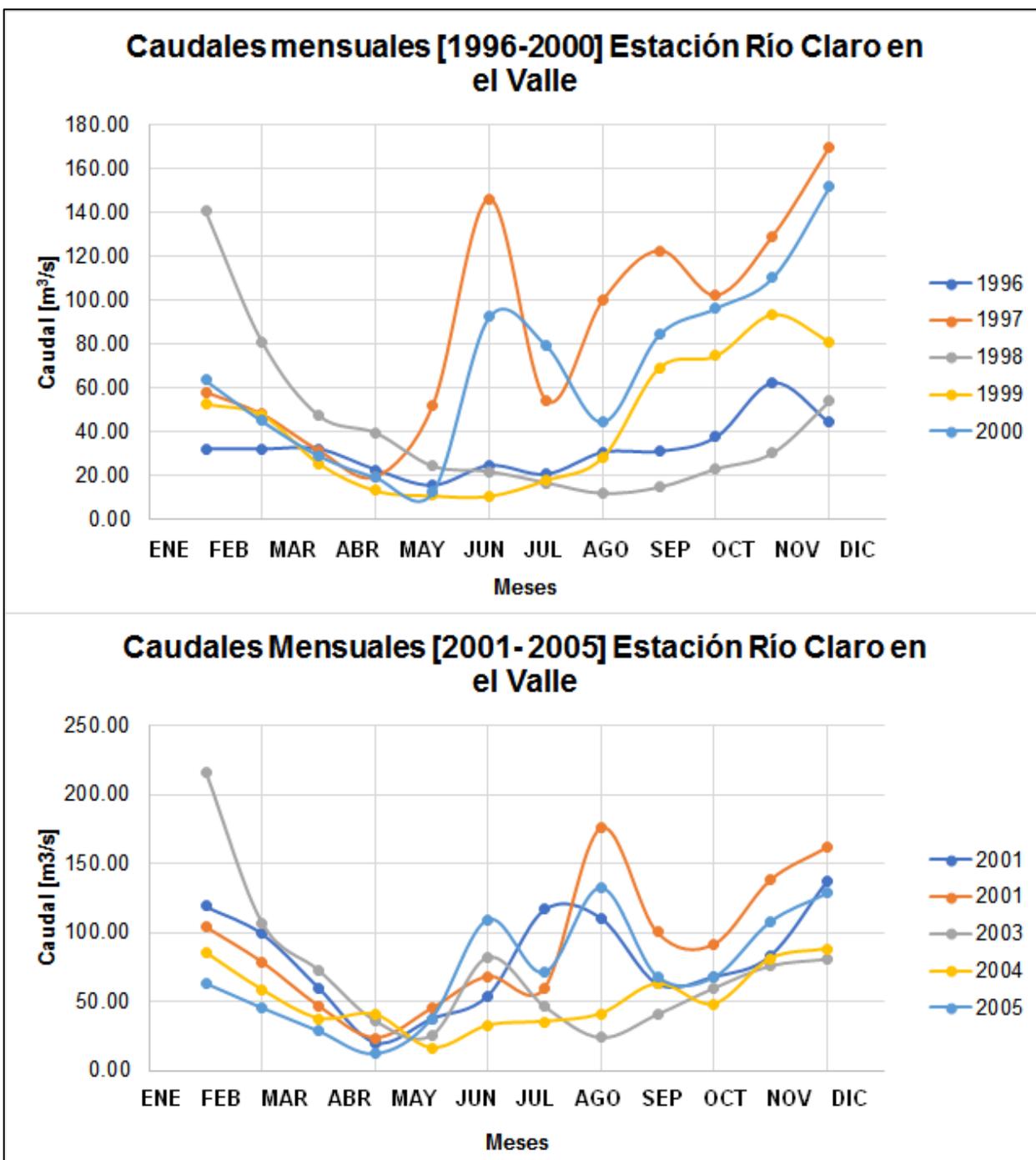


Figura 29: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones, para los periodos de 1996 a 2000 y 2001 a 2005. Fuente: Datos tomados de DGA.cl. Elaboración propia.

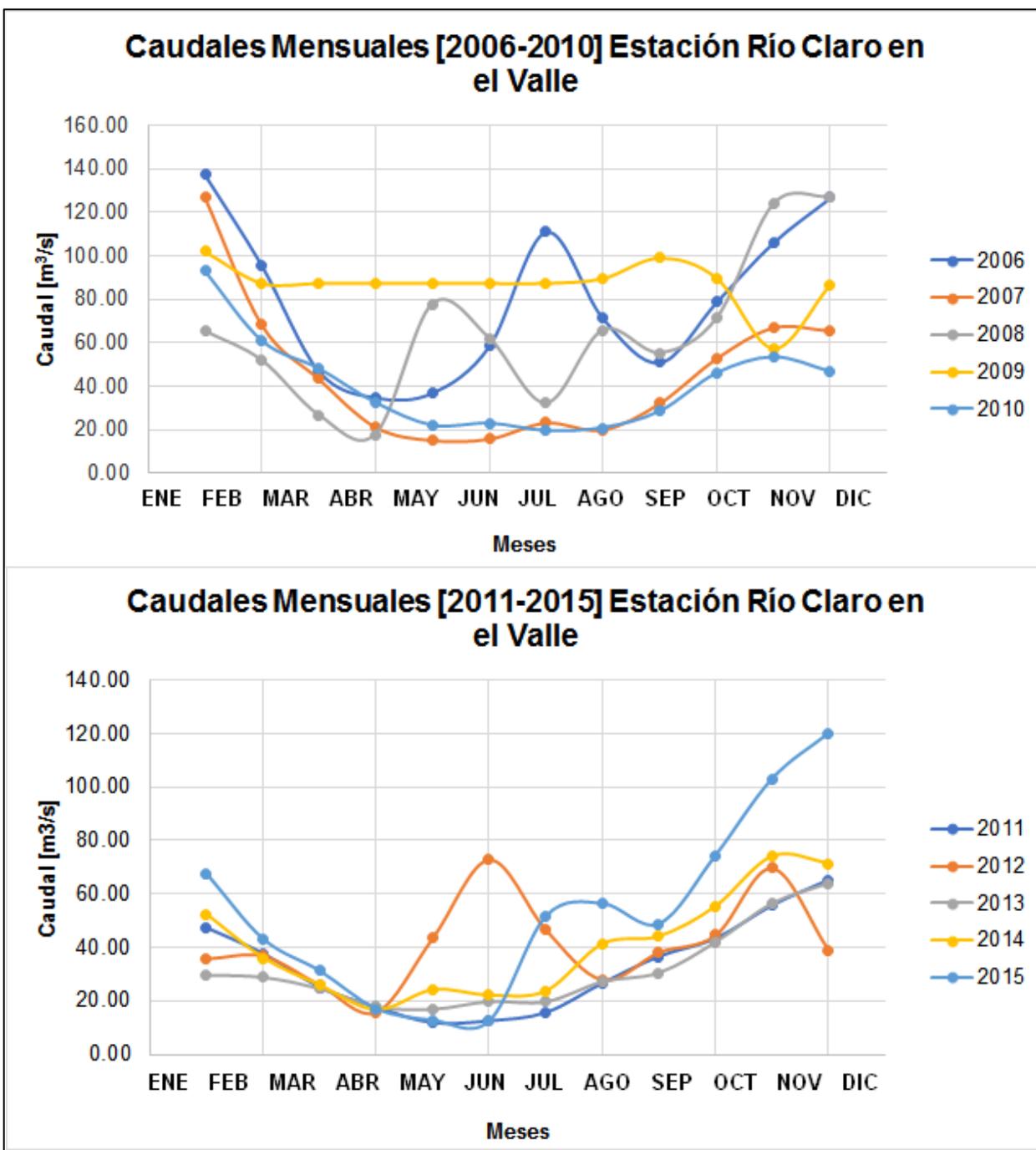


Figura 30: Suma de caudales mensuales de la estación fluviométrica río Claro en el Valle y la estación Tinguiririca en los Briones, para los periodos de 2006 a 2010 y 2011 a 2015. Fuente: Datos tomados de DGA.cl. Elaboración propia.

5.4. Constantes Elásticas del sector óptimo

5.4.1. Conductividad hidráulica del sector óptimo

El Sector S3 presenta conductividades hidráulicas muy variadas, desde 1 a 200 m/día, como se aprecia en la Figura 31.

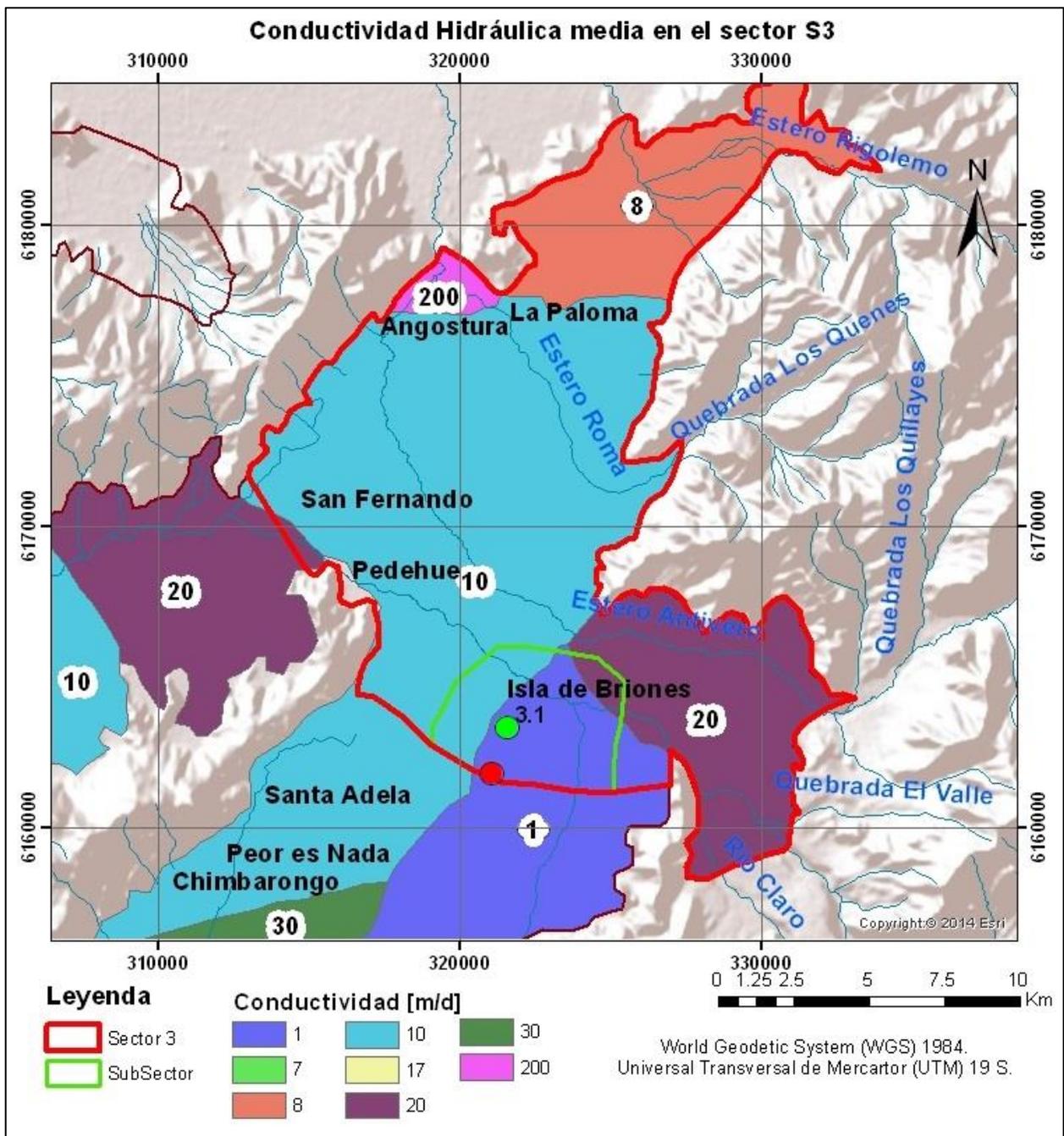


Figura 31: Conductividad Hidráulica media en el Sector S3.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005.

Para determinar la conductividad hidráulica del sector 3.1, se calcula el porcentaje del área que se encuentra en el sector de 10 m/día, 1 m/día y 20 m/día, luego se calcula la conductividad hidráulica promedio es 5,21 m/día.

5.4.2. Coeficiente de almacenamiento del sector óptimo

El coeficiente de almacenamiento, en este caso, se determina como función de la conductividad hidráulica. El coeficiente de almacenamiento del sector 3.1 es mayormente

3%, como se ve en la Figura 32. Finalmente se calcula un coeficiente de almacenamiento promedio del mismo modo que la conductividad hidráulica, arrojando un valor de 4,15%.

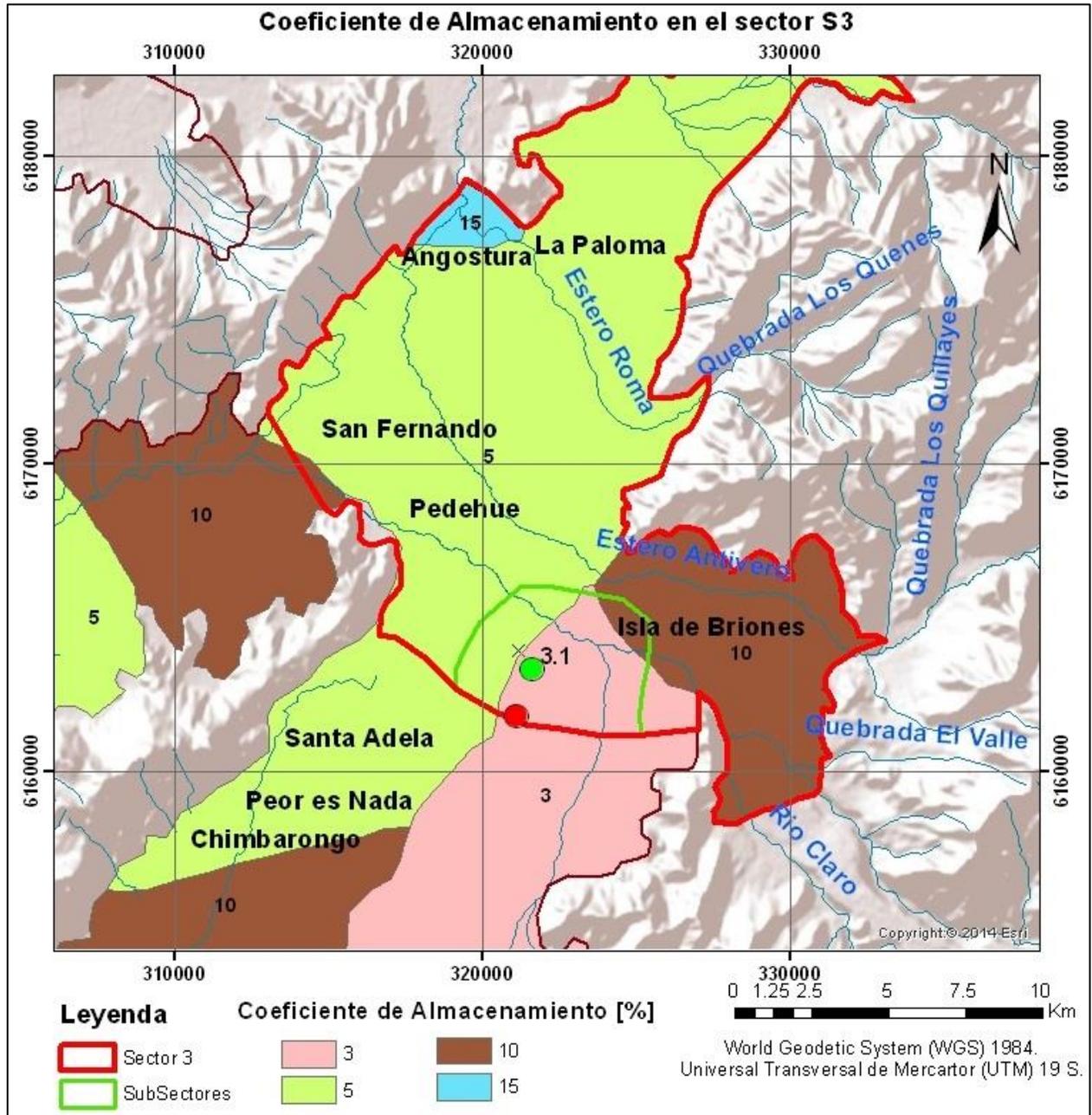


Figura 32: Coeficiente de Almacenamiento en el Sector S3.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI^a Región'. DGA, 2005.

Tanto la conductividad hidráulica, como el coeficiente de almacenamiento no son óptimos para realizar un proyecto de recarga gestionada de acuíferos.

5.5. Calidad del Agua

En la Figura 21 se observa que el subsector 3.1 se encuentra en una zona donde el acuífero tiene vulnerabilidad alta.

En general las aguas del acuífero Tinguiririca se clasifican como Sulfatadas-Cálcicas a Sulfatadas-Cálcicas-Bicarbonatadas (Figura 22).

De la Figura 24 se determina que los pozos cercanos al subsector 3.1 cumplen con la Norma Chilena NCh 409 Of.2005. Existe solo un pozo en las cercanías de San Fernando que arrojó valores ente 30 y 50 mg/L de NO_3^- .

Con lo descrito en el párrafo anterior, se determina que el agua del subsector 3.1 es apta para realizar un proyecto de recarga gestionada.

5.6. Volumen de Almacenamiento

El volumen de almacenamiento se calcula de la siguiente manera:

$$Va = A[m^2] \times S \times E[m]$$

donde A es el área del subsector 3.1, S es el coeficiente de almacenamiento del subsector 3.1 y E es el espacio disponible para almacenar agua. Al reemplazar los valores la ecuación queda:

$$Va = 24 \times 10^6[m^2] \times 4,15\% \times 10[m]$$

El volumen de almacenamiento del subsector 3.1 es de 9.960.000 m³.

5.7. Mecanismo de Recarga Gestionada de Aguas

La elección del método particular está gobernada por la topografía local, la geología, condiciones de suelo, la cantidad de agua a ser recargada y el uso último del agua. En circunstancias especiales, el valor del terreno, calidad del agua o incluso el clima pueden ser factores importantes (Fernández Escalante, 2010).

Se procede a analizar cada uno de los mecanismos de recarga gestionada y su aplicabilidad en el subsector 3.1. El dispositivo de pozos de inyección y zanjas o fosas de infiltración son los más adecuados al considerar las características del acuífero y del sector.

El sistema de recarga gestionada mediante pozos de inyección es más apropiado para aquellos casos en los que los parámetros hidrogeológicos del acuífero a recargar no son tan elevados en cuanto transmisividad y coeficiente de almacenamiento, y requieren la introducción de agua a presión para alcanzar tasas de recarga viables y rentables (Fernández Escalante, 2010).

Las zanjas de infiltración son estructuras excavadas, suficientemente profundas para penetrar las capas de baja permeabilidad que sobreyacen al acuífero. En muchas de estas estructuras, la mayoría de la infiltración ocurre lateralmente través de las paredes de la fosa, ya que, en general, en capas sedimentarias o materiales aluviales, la conductividad hidráulica lateral es considerablemente mayor que la conductividad hidráulica vertical. (Government of India, 2007).

5.8. Evaluación Económica del Subsector Óptimo

Se procede a evaluar económicamente el dispositivo elegido en la sección anterior. Los valores, datos y costos utilizados en la evaluación se encuentran en la Tabla 20.

Tabla 20: Datos, valores y costos utilizados en la evaluación económica.

Características de Subsector	Valor	Unidad
Área subsector 3.1	24	km ²
Espesor para almacenar	10	m
Coeficiente de Almacenamiento	1,73	%
Volumen de Almacenamiento	9.960.000	m ³
Costos		
Costo de Terreno en San Fernando	20.000.000	CLP/ha
Costo de agua en San Fernando	484	CLP/m ³
Caudales		
Caudales Pb 50%	52,62	m ³ /d
Caudales Pb 20%	82,87	m ³ /d

Fuente: Elaboración propia

5.8.1. Caudal de infiltración

El caudal promedio para una probabilidad de excedencia de 20% es de 83 m³/s, esto es para un año lluvioso y esto ocurre, aproximadamente, cada 5 años. Este caudal corresponde al 100% del caudal que pasa por el sector de San Fernando S3. Para realizar un proyecto de recarga artificial de aguas no se puede extraer el 100% del cauce. Se debe mantener un caudal mínimo que permita mantener las actividades presentes en la actualidad en el sector, tales como: riego, acequias, pozos de bombeo, etc.

El caudal mínimo se define, para este trabajo, como el caudal promedio anual, es decir, para una Pb de 50%, 53 m³/s (53.000 l/s). Por lo que el caudal disponible a infiltrar es 30 m³/s o 30.000 l/s. De este caudal disponible, solo se considera utilizar un 5%, lo que corresponde a 1.500 l/s.

Tabla 21: Resumen de caudales [l/s]

Datos	Valor	Unidad
Caudal mínimo cuenca del río Tinguiririca	53.000	l/s
Caudal máximo para utilizar en recarga gestionada	30.000	l/s
Caudal a infiltrar (5%)	1.500	l/s

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que este proceso de recarga gestionada se puede llevar a cabo en cualquier año en que en el periodo estival (noviembre, diciembre, enero y febrero) se supere el caudal promedio de 53 m³/s.

5.8.2. Pozo de Inyección

Los sondeos de inyección pueden utilizarse como una técnica de recarga artificial y de recuperación de medios naturales, aprovechando excedentes hídricos existentes en otros puntos de la cuenca, como puede ser la recuperación de humedales o zonas pantanosas, secadas por una extracción y bombeos excesivos (Fernández Escalante, 2010).

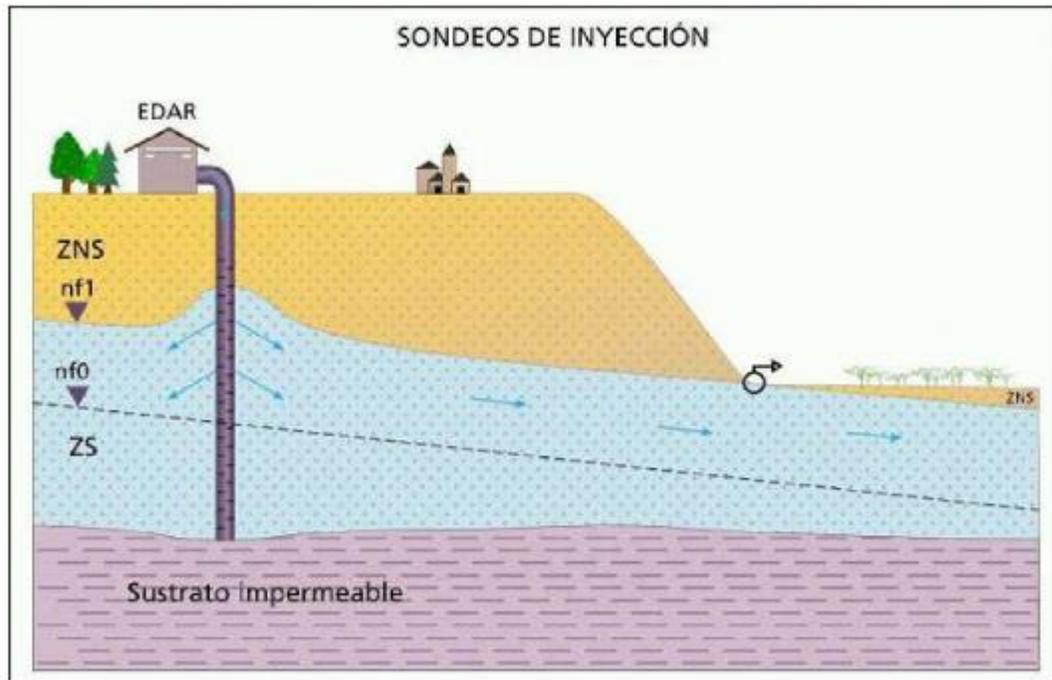


Figura 33: Esquema de pozos o sondeos de inyección.
Fuente: (Fernández Escalante, 2010).

El caudal máximo de infiltración en un pozo de inyección se calcula de la siguiente manera:

$$Q = K \times C \times H$$

donde:

- Q es el caudal infiltrado [m³/d]
- K Permeabilidad o conductividad hidráulica [m/d]
- C es el factor de forma [m]
- H es la altura sobre el nivel estático [m]

El factor de forma se determina mediante la siguiente ecuación:

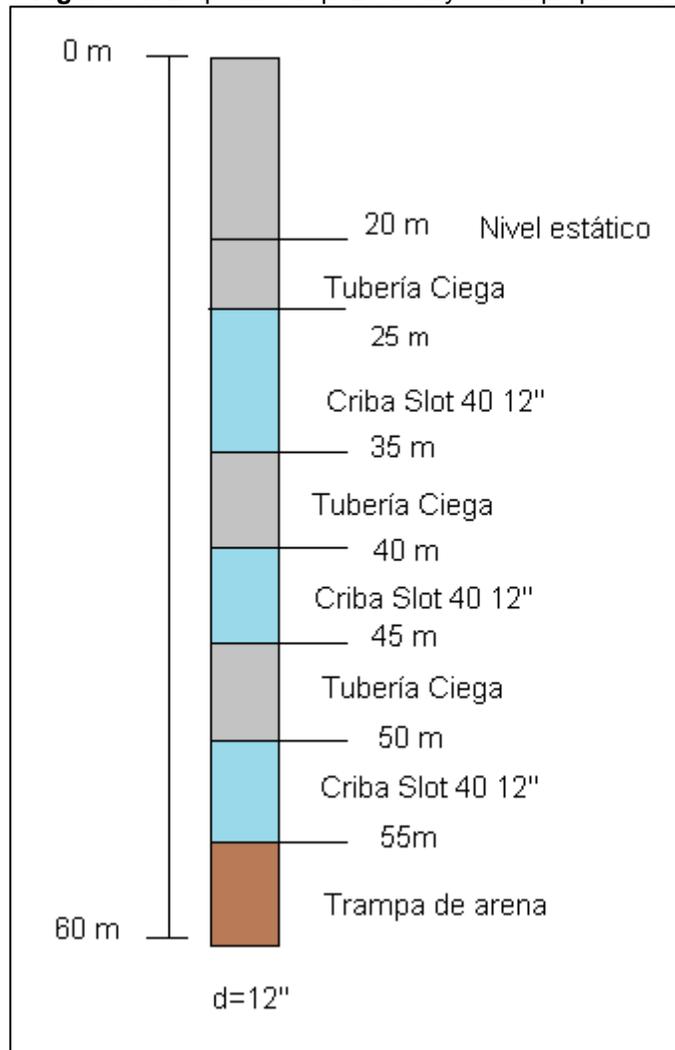
$$C = \frac{(2 \times \pi \times L \times F)}{(\ln(2 \times \frac{L}{d}))}$$

donde:

- L es la longitud del tramo filtrante o criba [m]
- F es el factor criba [%]
- d es el diámetro del pozo[m]

Para definir cada uno de estos parámetros, se debe definir las características del pozo. Estas se observan en la Figura 34 y Tabla 22.

Figura 34: Esquema de pozo de inyección propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: Resumen de valores y características del pozo tipo

Valores Pozo		Unidad
Diámetro de perforación	16	Pulgadas
Diámetro de entubamiento	12	Pulgadas
Profundidad total	60	metros
Tubería ciega	1 de 25 metros, 2 de 5 metros	
Cribas Slot 40 12"	1 de 10 metros, 2 de 5 metros	
Trampa de arena	5 metros	

Fuente: Elaboración propia.

En las Cribas Slot 40 12", el área abierta es un 25%. En la Tabla 23 se encuentran los valores de cada uno de los factores de las ecuaciones y se define un caudal máximo por pozo de 157,1 m³/d.

Tabla 23: Resumen de valores de cada una de las variables para determinar el caudal infiltrado para un pozo de inyección.

Factor	Valor	Unidad
F	25	%
L	20	m
d	0,30	m
C	6,44	m
K	5,21	m/d
H	20	m
Q	671,05	m ³ /d

Fuente: Elaboración propia.

El caudal necesario para un pozo es de 671,05 m³/d o 7,77 l/s. En la Tabla 24 se observa la cantidad de pozos de inyección necesarios para abastecer desde un 100 a 10% del caudal a infiltrar (1.500 l/s).

Tabla 24: Número de pozos de inyección (P.I.) que se necesitan para captar de 100 a 10% de caudal susceptible (1500 l/s).

Caudal Infiltrado por 1 P.I.[l/s]	Caudal a Infiltrar [l/s]	N° de P.I. necesarios para captar el caudal susceptible en un:									
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
7,77	1.500	193	174	154	135	116	97	77	58	39	19

Fuente: Elaboración propia

5.8.2.1. Costo de construcción de pozo de inyección

Se determinan los costos de la implementación de un pozo de inyección con los datos recogidos por CNR, 2013. (Tabla 25).

De la Tabla 25 se concluye que el valor de un pozo de inyección de diámetro de 12", de 60 metros de profundidad y 20 metros de criba tiene un valor estimado de \$ 57.522.993,5.

Tabla 25: Estimación de costo para la construcción de un pozo de inyección en la zona saturada de 60 metros de profundidad y cribas de 15 metros.

Servicio	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
A.- Instalación y levante de faenas				
Instalación y levante de faenas	gl	\$ 1.200.000	1	\$ 1.200.000
B.- Construcción del sondaje				
Perforación Dmin=16"	m	\$ 280.000	60	\$ 16.800.000
Entubación cañería de acero D=12", e=6,3mm	m	\$ 80.000	35	\$ 2.800.000
Cribas de acero al Carbono, Slot 40, D=12"	m	\$ 220.000	20	\$ 4.400.000
Suministro y colocación de filtro granular	m	\$ 46.700	60	\$ 2.802.000
Sello y brocal de hormigón	gl	\$ 225.000	1	\$ 225.000
Tapa del pozo según el plano del proyecto	gl	\$ 50.000	1	\$ 50.000
C.- Obra de captación y filtro, y caseta				
Obra de captación, bomba y obra de arte para tratamiento	gl	\$ 2.000.000	1	\$ 2.000.000
Recinto sólido y seguro de 3x6 m metálico	gl	\$ 3.000.000	1	\$ 3.000.000
D.- Interrupción de faenas				
Interrupción de faenas	hr	\$ 40.000	24	\$ 960.000
E.- Plano de construcción e informe final				
Plano de construcción e informe final	gl	\$ 300.000	1	\$ 300.000
Subtotal por pozo				\$ 33.337.000
Gastos generales, imprevistos y utilidades (45%)				\$ 15.001.650
Total Neto				\$ 48.338.650
I.V.A. (19%)				\$ 9.184.343,5
Total				\$ 57.522.993,5

Fuente: Modificado de CNR, 2013.

5.8.3. Zanjas de infiltración

Las dimensiones de estos dispositivos son típicamente de 1 metro de ancho y hasta 5 metros de profundidad. Son rellenadas con arena gruesa o grava fina. El agua normalmente es aplicada a través de una tubería perforada sobre la superficie del relleno y la zanja es cubierta para mimetizarla con el terreno (DGA, 2013).

El caudal máximo de infiltración para una zanja se determina mediante la fórmula, tomada de MINVU, 1996:

$$Q = 0,001 * C * f * A$$

donde:

- Q es el caudal a infiltrar [m³/h]
- C es el coeficiente de seguridad
- f es la tasa de infiltración [mm/h]

- A es el área total de percolación en la zanja [m²]

La zanja que se utilizará tendrá las dimensiones de la Figura 35.

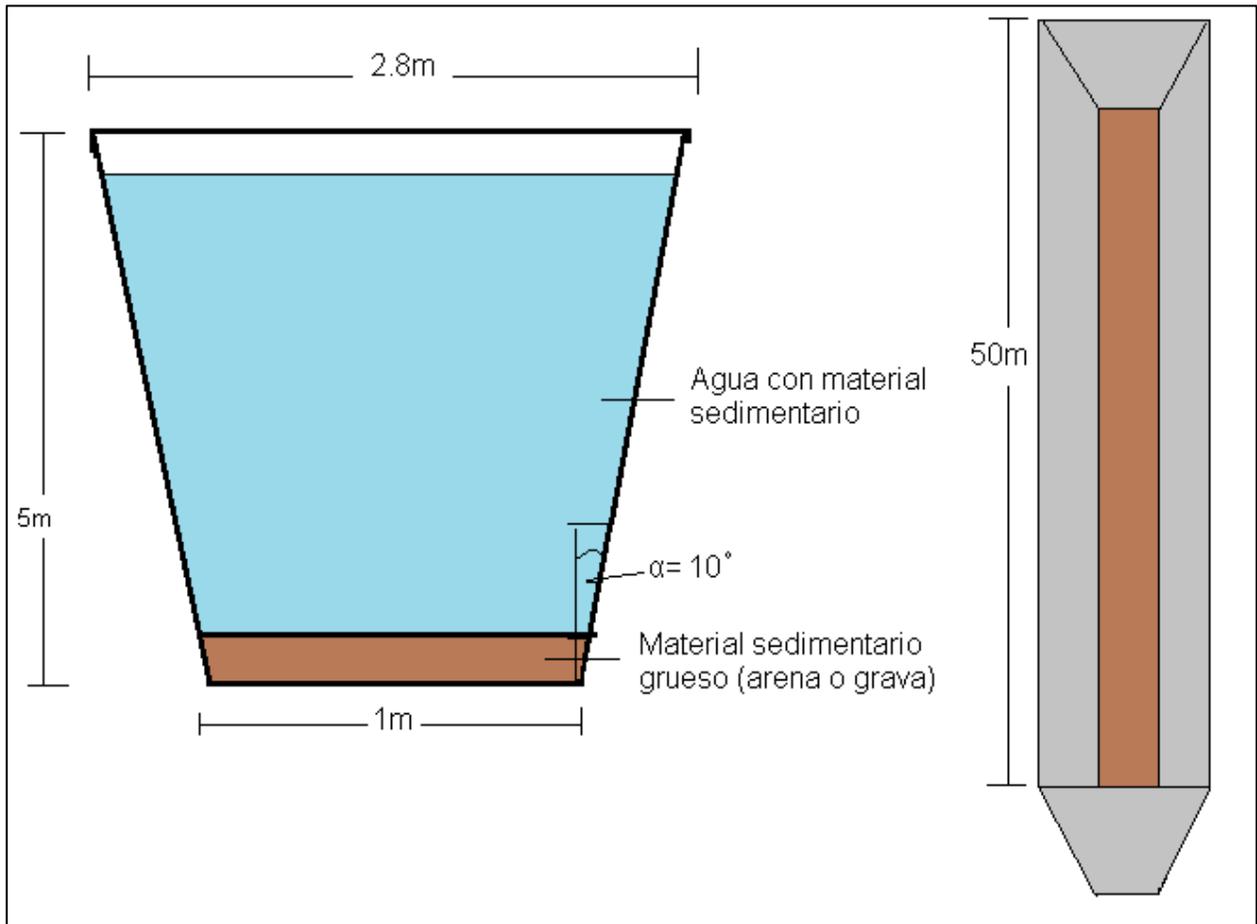


Figura 35: Esquema de Zanja de infiltración.
Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de seguridad se determina mediante una serie de preguntas. (Figura 36).

El caudal afluente presenta buena calidad, no existen dispositivos de tratamiento del agua, pero se plantea que haya una mantención regular, por lo que el coeficiente de seguridad es de 0,75.

La tasa de infiltración depende el tipo de suelo. De la Tabla 26 y con los registros descritos en Hidrogeología del acuífero Tinguiririca, se asigna un valor de 30 mm/h a f.

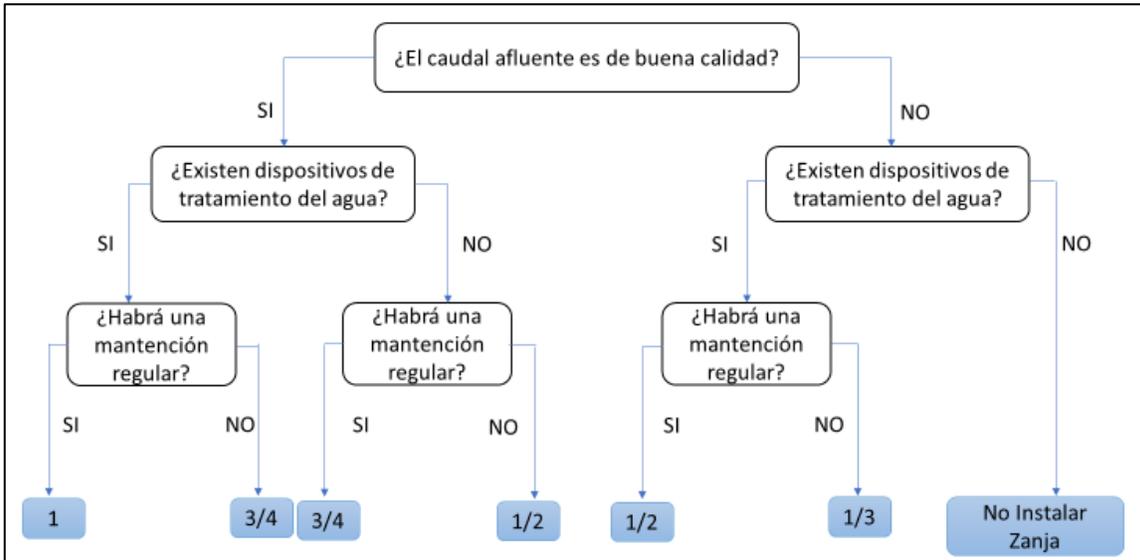


Figura 36: Valores de Coeficiente de Seguridad.
Fuente: Modificado de MINVU, 1996.

Tabla 26: Valores de tasas de infiltraci3n segùn tipo de suelo.

Tipo de suelo	Tasa de infiltraci3n [mm/h]
Arena	>30
Arena Limosa	20 - 30
Limo	10 - 20
Arcilla limosa	5 - 10
Arcilla	1 - 5

Fuente: MINVU, 1996

El àrea de una zanja como la planteada en la Figura 35 se puede determinar mediante la siguiente expresi3n:

$$A = 2 * H * \left(W + \frac{W'}{2} \right) + 2 * L * \frac{H}{\cos \alpha} + 0.5 * L * W$$

Donde:

- A es el àrea total de percolaci3n en la zanja [m²]
- H es la altura de la zanja [m]
- L es el largo de la zanja [m]
- W es el ancho inferior de la zanja [m]
- W' corresponde a la diferencia entre el ancho superior y el inferior [m]
- α es el àngulo entre la pared de la zanja y el eje vertical [grados]

Finalmente, los valores de cada una de estas variables se aprecian en la Tabla 27.

Tabla 27: Resumen de valores de cada una de las variables para determinar el caudal infiltrado para una zanja de infiltración.

Factor	Valor	Unidad
C	0,75	-
f	30	mm/h
H	5	m
L	50	m
W	1	m
W'	1,8	m
α	10	grados
A	551,71	m ²
Q	12,41	m ³ /h
Q	3,45	l/s

Fuente: Elaboración propia.

Para una zanja de infiltración con las características de la Figura 35, se determina que el caudal máximo es 551,71 m³/h o 3,45 l/s.

En la Tabla 28 se observa la cantidad de zanjas de infiltración necesarias según el porcentaje del caudal susceptible de infiltración que se utilizará.

Tabla 28: Número de zanjas de infiltración (Z.I.) que se necesitan para captar de 100 a 10% de caudal susceptible (1500 l/s).

Caudal Infiltrado por 1 Z.I. [l/s]	Caudal a Infiltrar [l/s]	N° de Z.I. necesarias para captar el caudal susceptible en un:									
		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%
3,45	1.500	435	391	348	304	261	217	174	130	87	43

Fuente: Elaboración propia.

5.8.3.1. Costo de construcción de zanja de infiltración

Los costos para la construcción de una zanja de infiltración fueron tomados del informe llamado 'Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos', MINVU, 1996.

Los valores de la Tabla 29, se calcularon con el valor de UF (Unidades de Fomento) del lunes 16 de octubre de 2017, \$ 26.660,71. En la misma tabla se observa que el costo para la construcción de una zanja es de \$ 8.469.574,35.

Tabla 29: Cubicación y presupuesto para una zanja de infiltración con las características de la tabla 15.

Servicio	Unidad	Precio Unitario [UF]	Cantidad	Precio Total [UF]	Precio Total [\$]
Excavación, en terreno blando, hecha a mano, sin agotamiento ni entibación, incluye el descepe y limpieza de terreno, así como el emparejamiento, nivelación y limpieza de fondo	m ³	0,252	700	176,4	\$ 4.702.949,24
Transporte de excedentes de la excavación incluyendo carguío y depósito, a distancia menor a 10 km	m ³	0,063	700	44,1	\$ 1.175.737,31
Suministro y colocación de geotextil colocado según las especificaciones del proyecto	m ²	0,096	1000	96	\$ 2.559.428,16
Suministro y colocación de material de filtro granular de grava, tamaño medio 1 cm, colocado en una capa de 10 cm sobre el filtro geotextil de la cubierta superior.	m ³	0,118	10	1,18	\$ 31.459,63
Costo Total de la Zanja					\$ 8.469.574,35

Fuente: "Lista Oficial de Precios de Obras de Pavimentación para Cobro por Gastos de Inspección año 1995", MINVU y el "Boletín de Precios N° 276 de mayo-junio de 1996" del SERVIU Metropolitano.

5.8.4. Proyectos de recarga gestionada

En esta sección se proponen 5 proyectos para la gestión de la recarga del agua en el sector 3.1.

En la Tabla 30 se encuentran los datos necesarios para evaluar necesarios para evaluar las diferentes alternativas de proyecto de recarga gestionada. En todas las propuestas se considera disponer del 100% del caudal a infiltrar, 1.500 l/s. El valor de venta del agua será 75% del precio actual en San Fernando.

Tabla 30: Datos necesarios para evaluar las diferentes alternativas de proyecto de recarga gestionada.

Dato	Valor	Unidad
Caudal a Infiltrar	1.500	l/s
Duración de la Infiltración	4 meses (noviembre, diciembre, enero y febrero)	-
Valor de agua en San Fernando	484	CLP/m ³
Valor de venta del agua en un proyecto de recarga gestionada	363	CLP/m ³
Porcentaje de agua infiltrada destinada a la venta	70	%
Tasa de interés anual	6	%
Costos anuales de mantención y operación	10	%

Fuente: Elaboración propia.

5.8.4.1. Propuesta de recarga gestionada 1

En esta propuesta se considera utilizar solo pozos de inyección. Esto se realiza con 192 pozos de inyección, para lo cual es necesario un área total de 62.500 m², tal como se aprecia en la Figura 37. Los valores de las inversiones y costos anuales se encuentran en la Tabla 31.

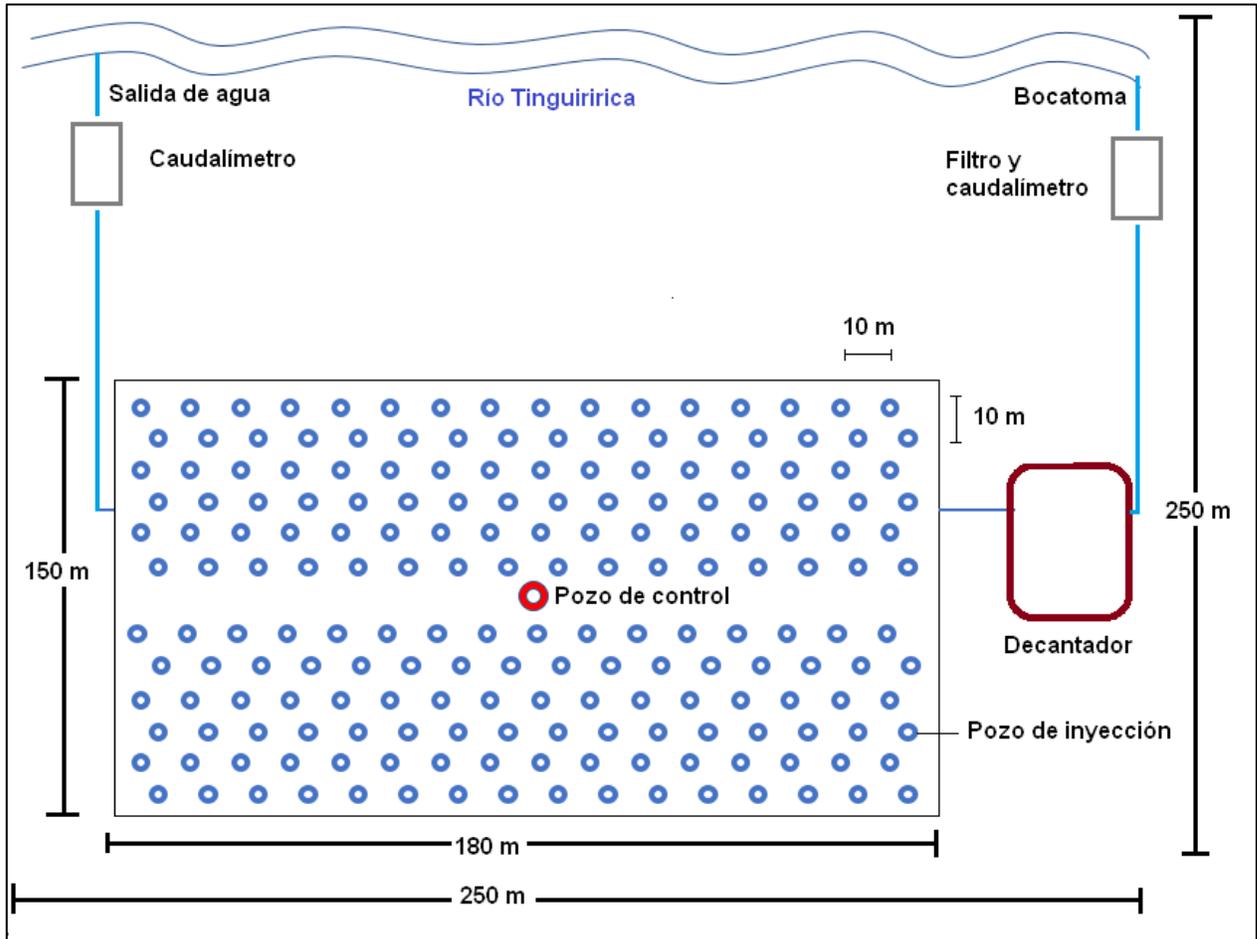


Figura 37: Esquema de la propuesta 1; 192 pozos de inyección y su ubicación espacial.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Inversión, Costos e Ingresos anuales para la propuesta 1.

Inversión			
Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pozo de inyección	192	\$ 56.315.144	\$ 10.812.501.888
Pozo de control	1	\$ 56.315.144	\$ 56.315.145
Caudalímetro	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Decantador	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Filtro	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Terreno	62500 m ²	20.000.000 CLP/Ha	\$ 125.000.000
Otros	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Inversión Total			\$ 11.024.817.032
Costos anuales			
			Precio total
Costos anuales (10% de la inversión)			\$ 1.102.481.703
Ingresos anuales			
Parámetro	Valor	Unidad	Precio total
Caudal Infiltrado	1.492	l/s	
Volumen total infiltrado	15.597.964.800	l	
Volumen infiltrado a la venta	10.918.575,36	m ³	
Precio de venta del agua	363	CLP/m ³	
Ingreso anual			\$ 3.963.442.856

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar si un proyecto es viable y poder compararlo con otro, es necesario determinar el valor actual neto (VAN). Esto se realiza en la Tabla 32.

Tabla 32: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 1.

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos [\$]		3.963.442.856	3.963.442.856	3.963.442.856	3.963.442.856	3.963.442.856
Costos [\$]		1.102.481.703	1.102.481.703	1.102.481.703	1.102.481.703	1.102.481.703
Inversión [\$]	11.024.817.032					
Total [\$]	11.024.817.032	2.860.961.152	2.860.961.152	2.860.961.152	2.860.961.152	2.860.961.152
VAN (6%) [\$]	1.026.592.119					

Fuente: Elaboración propia.

5.8.4.2. Propuesta de recarga gestionada 2

Esta opción considera solo zanjas de infiltración, para lo cual es necesario un total de 435 de estos dispositivos. En la Figura 38 se encuentra la ubicación esquemática de las zanjas.

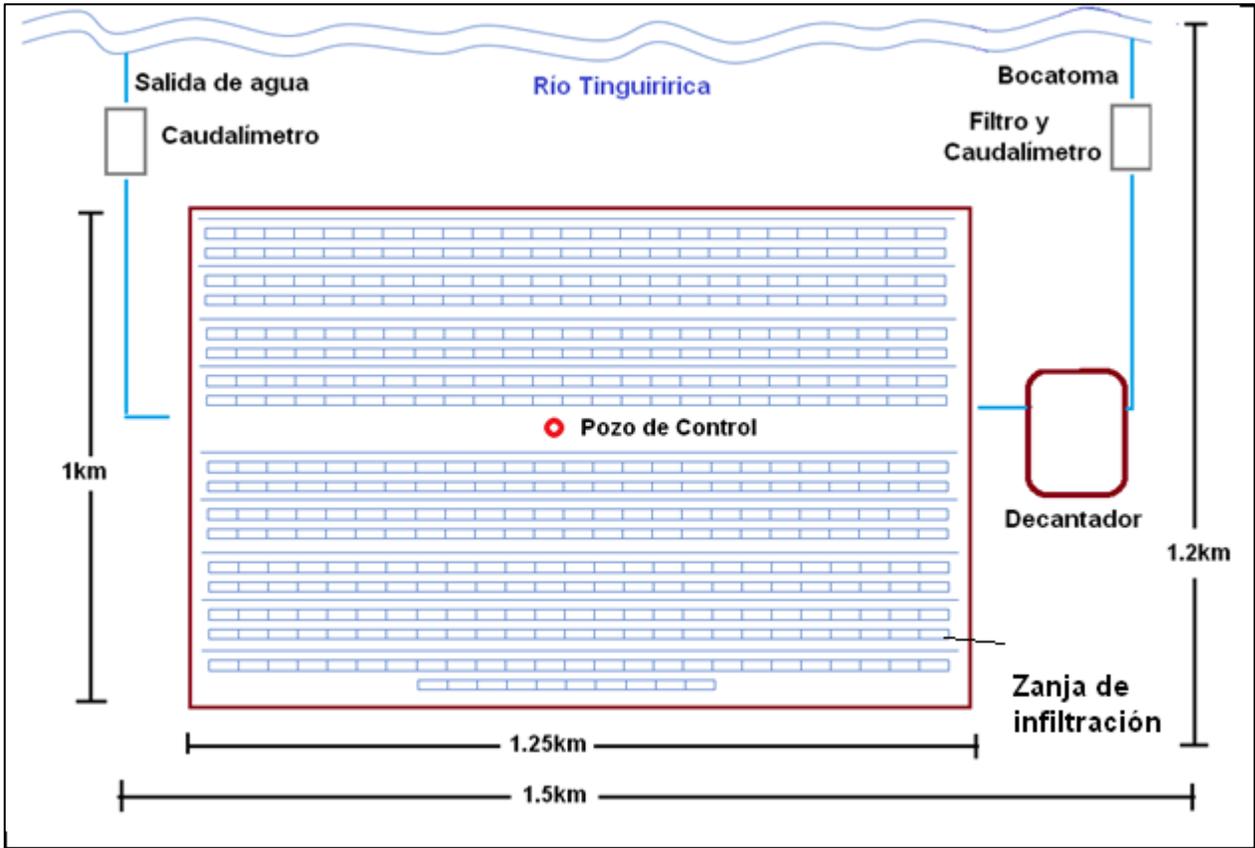


Figura 38: Esquema de la propuesta 2; 435 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 33 se encuentran las inversiones, costos e ingresos para esta propuesta. En la Tabla 34 se observan en VAN del proyecto.

Tabla 33: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 2.

Inversión			
Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Zanja de infiltración	435	\$ 8.469.574,35	\$ 3.684.264.842
Pozo de control	1	\$ 56.315.144	\$ 56.315.144
Caudalímetro	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Decantador	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Filtro	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Terreno	1,8 km ²	20.000.000 CLP/Ha	\$ 3.600.000.000
Otros	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Inversión Total			\$ 7.371.579.986
Costos anuales			
			Precio total
Costos anuales (10% de la inversión)			\$ 737.157.999
Ingresos anuales			
Parámetro	Valor	Unidad	Precio total
Caudal Infiltrado	1.500	l/s	
Volumen total infiltrado	15.681.600.000	l	
Volumen infiltrado a la venta	10.977.120	m ³	
Precio de venta del agua	363	CLP/m ³	
Ingreso anual			\$ 3.984.694.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 2.

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos [\$]		3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560
Costos [\$]		737.157.999	737.157.999	737.157.999	737.157.999	737.157.999
Inversión [\$]	7.371.579.986					
Total [\$]	7.371.579.986	3.247.536.561	3.247.536.561	3.247.536.561	3.247.536.561	3.247.536.561
VAN (6%) [\$]	6.308.225.417					

Fuente: Elaboración propia.

5.8.4.3. Propuesta de recarga gestionada 3

En esta propuesta 50% del caudal será ocupado en 97 pozos de inyección, y el caudal restante en 217 zanjas de infiltración. En la Figura 39 se observa el esquema y ubicación de estos dispositivos.

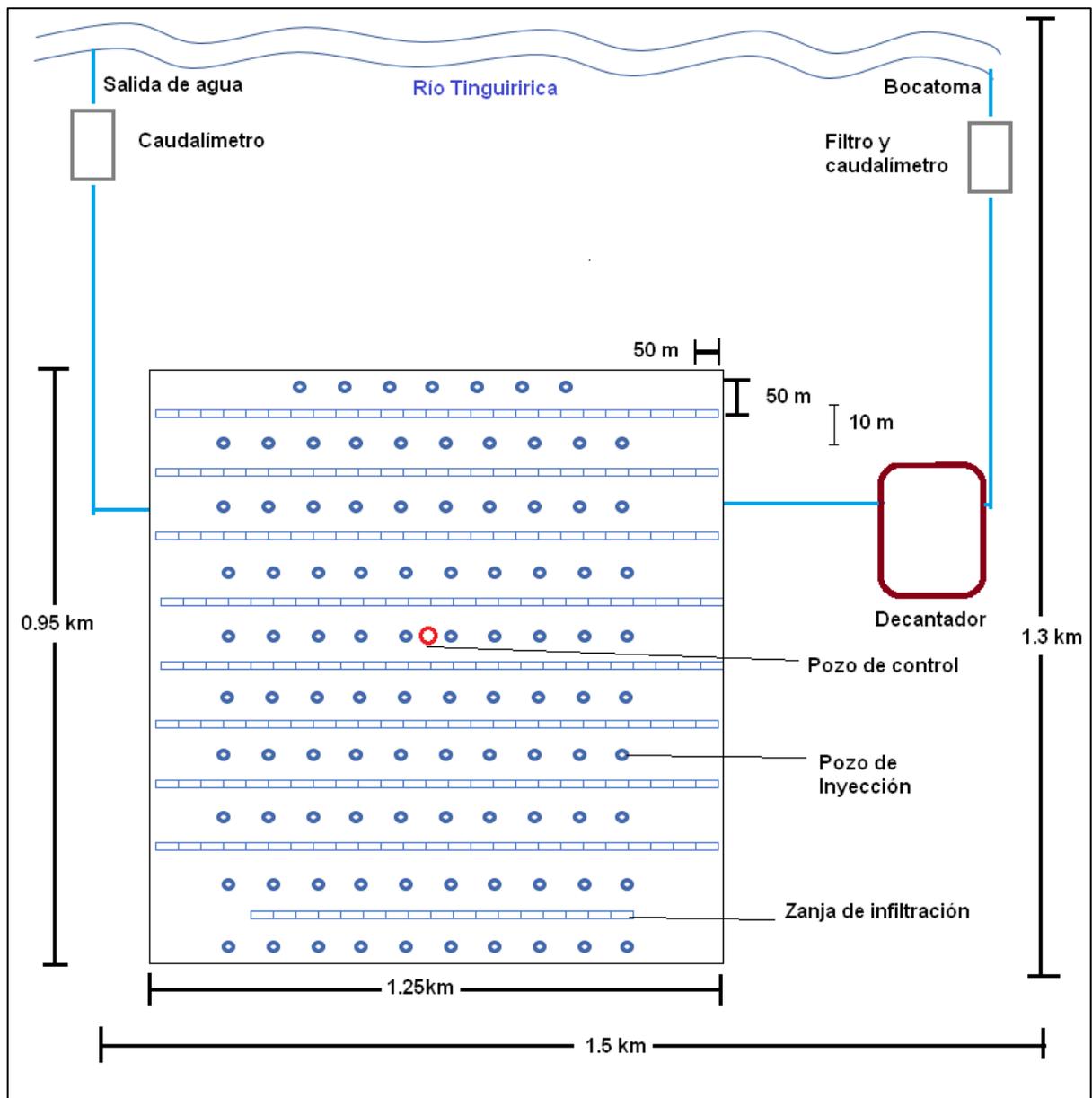


Figura 39: Esquema de la propuesta 3; 97 pozos de inyección y 217 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 35 se encuentran la inversión, costos e ingresos anuales de esta propuesta. Y en la Tabla 36 se encuentra el VAN de este proyecto.

Tabla 35: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 3.

Inversión			
Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pozo de Inyección	97	\$ 56.315.144	\$ 5.462.568.968
Zanja de infiltración	217	\$ 8.469.574,35	\$ 1.837.897.634
Pozo de control	1	\$ 56.315.144	\$ 56.315.144
Caudalímetro	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Decantador	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Filtro	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Terreno	1.95 km ²	20.000.000 CLP/Ha	\$ 3.900.000.000
Otros	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Inversión Total			\$11.287.781.746
Costos Anuales			
			Precio total
Costos anuales (10% de la inversión)			\$ 1.128.778.175
Ingresos anuales			
Parámetro	Valor	Unidad	Precio total
Caudal Infiltrado	1.500	l/s	
Volumen total infiltrado	15.681.600.000	l	
Volumen infiltrado a la venta	10.977.120	m ³	
Precio de venta del agua	363	CLP/m ³	
Ingreso anual			\$ 3.984.694.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 3.

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos [\$]		3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560
Costos [\$]		1.128.778.175	1.128.778.175	1.128.778.175	1.128.778.175	1.128.778.175
Inversión [\$]	11.287.781.746					
Total [\$]	11.287.781.746	2.855.916.385	2.855.916.385	2.855.916.385	2.855.916.385	2.855.916.385
VAN (6%) [\$]	742.377.010,5					

Fuente: Elaboración propia.

5.8.4.4. Propuesta de recarga gestionada 4

En esta propuesta 20% del caudal será ocupado en 39 pozos de inyección, y el caudal restante en 348 zanjas de infiltración. Su representación esquemática y ubicación se encuentra en la Figura 40.

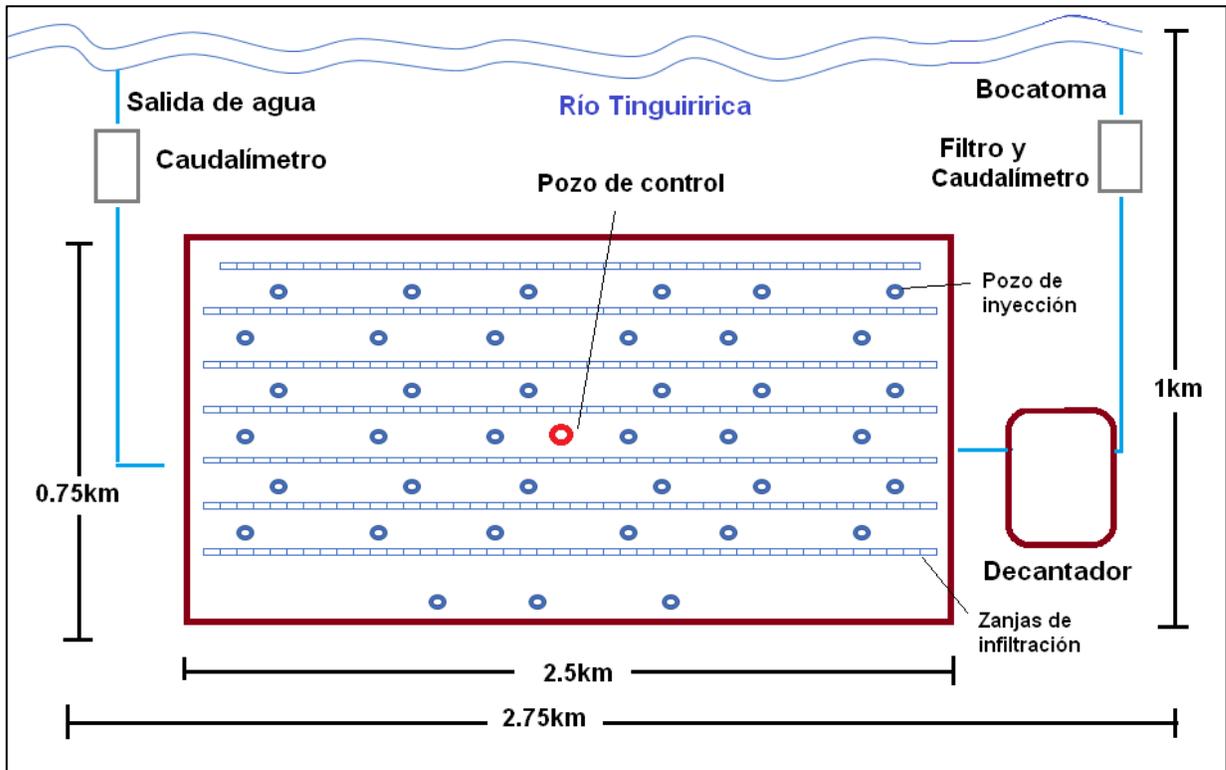


Figura 40: Esquema de la propuesta 4; 39 pozos de inyección y 348 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 37 se encuentra la inversión, costos e ingresos anuales de esta propuesta. Y en la Tabla 38 se encuentra su respectivo VAN.

Tabla 37: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 4.

Inversión			
Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pozo de Inyección	39	\$ 56.315.144	\$ 2.196.290.616
Zanja de infiltración	348	\$ 8.469.574,35	\$ 2.947.411.874
Pozo de control	1	\$ 56.315.144	\$ 56.315.144
Caudalímetro	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Decantador	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Filtro	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Terreno	2,75 km ²	20.000.000 CLP/Ha	\$ 5.500.000.000
Otros	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Inversión Total			\$ 10.731.017.634
Costos Anuales			
			Precio total
Costos anuales (10% de la inversión)			\$1.073.101.763
Ingresos anuales			
Parámetro	Valor	Unidad	Precio total
Caudal Infiltrado	1.500	l/s	
Volumen total infiltrado	15.681.600.000	l	
Volumen infiltrado a la venta	10.977.120	m ³	
Precio de venta del agua	363	CLP/m ³	
Ingreso anual			3.984.694.560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 4.

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos [\$]		3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560
Costos [\$]		1.073.101.763	1.073.101.763	1.073.101.763	1.073.101.763	1.073.101.763
Inversión [\$]	10.731.017.634					
Total [\$]	10.731.017.634	2.911.592.797	2.911.592.797	2.911.592.797	2.911.592.797	2.911.592.797
VAN (6%) [\$]	1.533.670.421					

Fuente: Elaboración propia.

5.8.4.5. Propuesta de recarga gestionada 5

En esta propuesta 80% del caudal será ocupado en 154 pozos de inyección, y el caudal restante en 87 zanjas de infiltración.

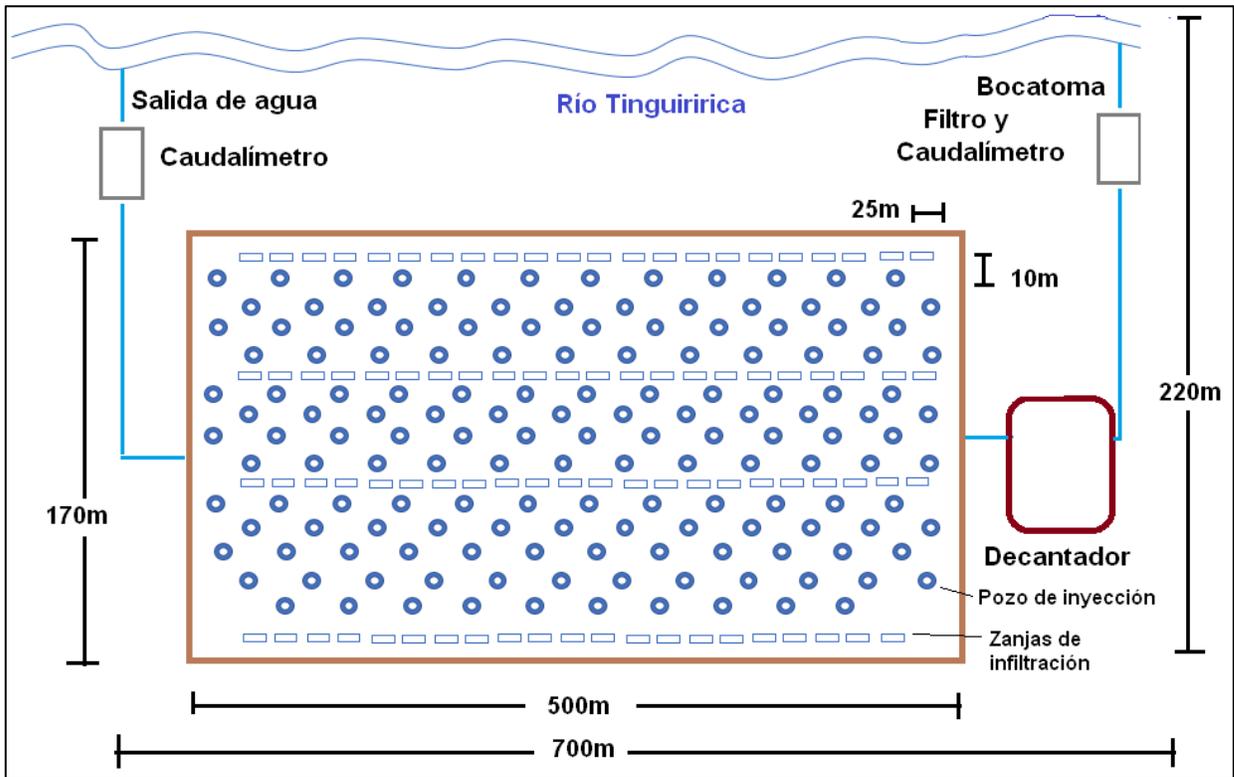


Figura 41: Esquema de la propuesta 5; 154 pozos de inyección y 87 zanjas de infiltración y su ubicación espacial.

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 39 se observan las inversiones, costos e ingresos anuales de esta propuesta. Y en la Tabla 42 se encuentra en VAN de este proyecto.

Tabla 39: Inversión, costos e ingresos anuales para la propuesta 5.

Inversión			
Producto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Pozo de Inyección	154	\$ 56.315.144	\$ 8.672.532.176
Zanja de infiltración	87	\$ 8.469.574,35	\$ 736.852.968,5
Pozo de control	1	\$ 56.315.144	\$ 56.315.144
Caudalímetro	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
Decantador	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Filtro	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Terreno	0,154 km2	20.000.000 CLP/Ha	\$ 308.000.000
Otros	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Inversión Total			\$ 9.804.700.288
Costos Anuales			
			Precio total
Costos anuales (10% de la inversión)			\$ 980.470.029
Ingresos anuales			
Parámetro	Valor	Unidad	Precio total
Caudal Infiltrado	1.500	l/s	
Volumen total infiltrado	15.681.600.000	l	
Volumen infiltrado a la venta	10.977.120	m3	
Precio de venta del agua	363	CLP/m3	
Ingreso anual			3.984.694.560

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 40: Valor Actual Neto a 5 años de la propuesta 4.

Año	0	1	2	3	4	5
Ingresos [\$]		3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560	3.984.694.560
Costos [\$]		980.470.029	980.470.029	980.470.029	980.470.029	980.470.029
Inversión [\$]	9.804.700.288					
Total [\$]	9.804.700.288	3.004.224.531	3.004.224.531	3.004.224.531	3.004.224.531	3.004.224.531
VAN (6%) [\$]	2.850.186.330					

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 41 se encuentra un resumen con los valores actuales netos de las 5 propuestas.

5.8.5. Comparación de propuestas

Es posible comparar la rentabilidad de las diferentes propuestas al comparar sus valores actuales netos.

Al observar la Tabla 41 es posible notar que el menor VAN es el de la propuesta 3. La propuesta más rentable es la 2, 100% del caudal infiltrado sea mediante zanjas de infiltración.

Con respecto a las áreas utilizadas para cada una de las propuestas, la propuesta 1, 100% del caudal infiltrado será por medio de pozos de inyección, es el que necesita menor área. Las propuestas 4 y 5, 80% del caudal infiltrado por medio de zanjas de infiltración y el resto por pozos de inyección y 80% del caudal infiltrado sería mediante pozos de inyección y el caudal restante por medio zanjas de infiltración, respectivamente, son los que necesitan un área mayor.

Tabla 41: Resumen de los Valores Actuales Netos de las 5 propuestas y las áreas necesarias.

Propuesta	VAN (6%) [\$]	Área [km ²]
1	1.026.592.119	0,0625
2	6.308.225.417	1,8
3	742.377.010,5	1,95
4	1.533.670.421	2,75
5	2.850.186.330	2,75

Fuente: Elaboración propia.

5.9. Efectos de la recarga gestionada en el subsector 3.1

Al llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada es importante tener en cuenta las consecuencias de este. Una de estas es la subida del nivel estático del sector.

También, es importante determinar cuánto tarda en desplazarse el agua en el acuífero. Esto último porque se propone que el agua infiltrada se distribuya mediante el acuífero y no por tuberías.

5.9.1. Subida de nivel estático del subsector 3.1

La subida del nivel estático se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta H = \frac{\text{Volumen Saturado}}{\text{Área de recarga}}$$

donde:

- ΔH es la subida del nivel estático [m]
- Área de recarga es el área considerada para almacenamiento [m²]
- Volumen Saturado es el volumen de agua y sedimentos [m³]

$$\text{Volumen saturado} = \frac{\text{Volumen de agua total infiltrado [m}^3\text{]}}{\text{Coeficiente de almacenamiento}}$$

Los valores de cada uno de los parámetros se encuentran en la Tabla 42. El área de recarga se considera como 275.000.000 m², ya que es la mayor área requerida en las propuestas estudiadas.

Tabla 42: Valores de los parámetros para determinar la subida promedio de nivel estático.

Parámetro	Valor	Unidad
Volumen de agua infiltrado	15.681.600	m ³
Coefficiente de almacenamiento	4,15	%
Volumen Saturado	377.869.879,5	m ³
Área de recarga	275.000.000	m ²
Subida promedio de nivel estático	1,37	m

Fuente: Elaboración propia.

El volumen saturado es de 377.869.879,5 m³, y la subida promedio del nivel estático es de 1,37 m.

5.9.2. Velocidad de desplazamiento del agua subterránea

La velocidad a la que se desplaza el agua en el acuífero se determina mediante la siguiente expresión:

$$Velocidad\ Real = \frac{Velocidad\ de\ Darcy}{Porosidad\ eficaz}$$

La velocidad de Darcy se calcula con la ecuación:

$$v = K * i$$

donde:

- K es la conductividad hidráulica [m/d]
- i es el gradiente hidráulico

La conductividad hidráulica varía a lo largo de la cuenca del río Tinguiririca, por lo que se divide en 4 tramos. Estos tramos van desde el sector 3.1, escogido como el sector óptimo hasta el embalse Rapel

La porosidad eficaz media se encuentra definida por Custodio-Llamas, 1983, en la Tabla 43.

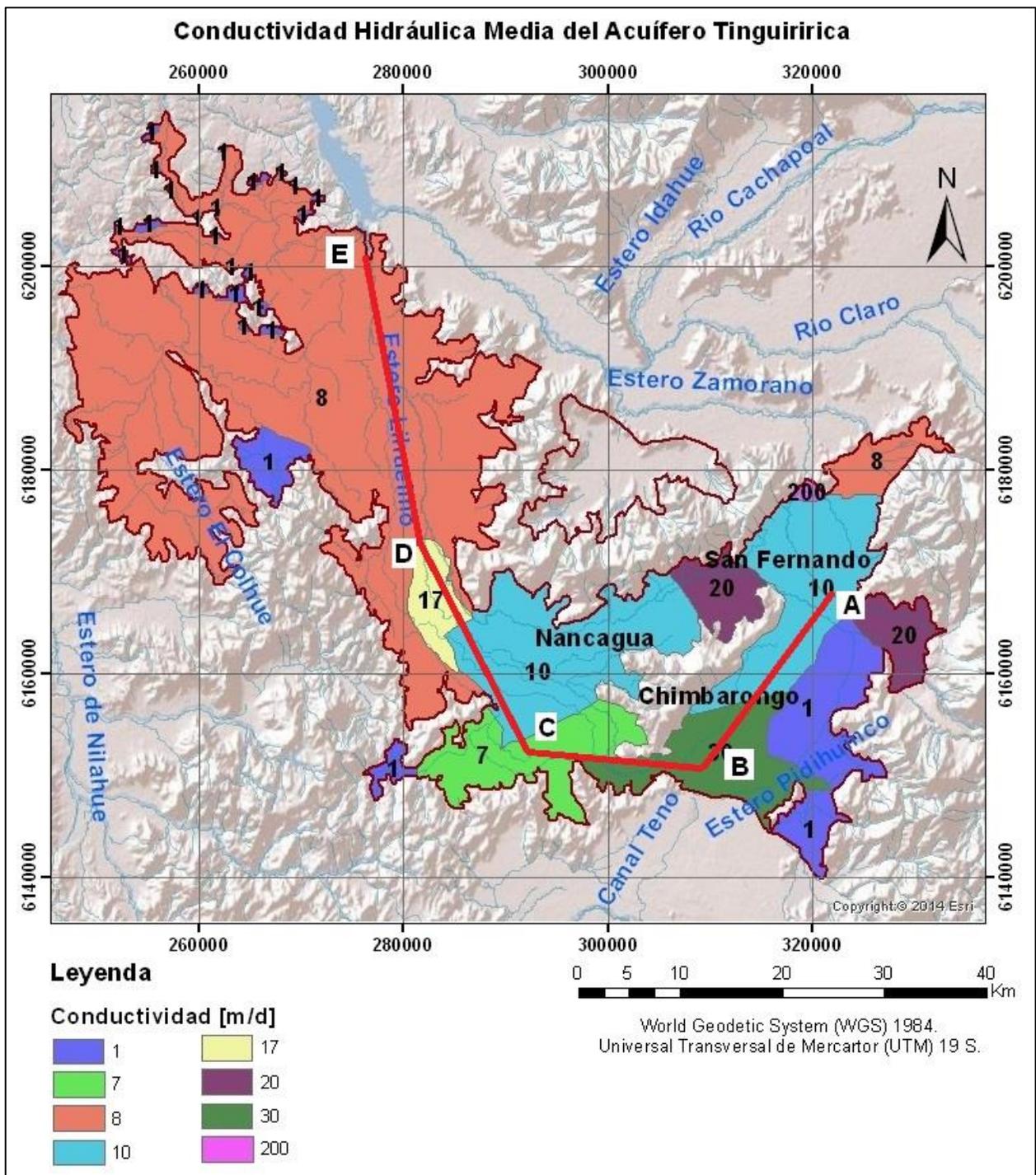


Figura 42: Conductividad hidráulica de la cuenca del río Tinguiririca [metros/días] y la división en 4 tramos desde el subsector óptimo 3.1 hasta el embalse Rapel.

Fuente: Modificado del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI° Región'. DGA, 2005

Tabla 43: Valores medios, mínimos y máximos de la porosidad eficaz según tipo de sedimento.

Material	Porosidad eficaz [%]		
	Media	Máxima	Mínima
Arcilla arenosa	7	18	3
Arena fina	21	28	10
Arena media	26	32	15
Arena gruesa	27	35	20
Arena con grava	25	35	20
Gravas finas	25	35	21
Gravas medias	23	26	13

Fuente: Custodio-Llamas, 1983.

En la Tabla 44 se encuentra los valores de la gradiente hidráulica (i), conductividad hidráulica (k), velocidad de Darcy (v), velocidad real (VR) y tiempo en los 4 tramos. Se considera una porosidad eficaz media de 26%.

Tabla 44: Distancia, gradiente hidráulica (i), conductividad hidráulica (k), velocidad de Darcy (v), velocidad real (VR) y tiempo en los 4 tramos.

A-B			C-D		
Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Cota A	450	m.s.n.m.	Cota C	173	m.s.n.m.
Cota B	310	m.s.n.m.	Cota D	142	m.s.n.m.
Distancia A-B	20.736,74	m	Distancia C-D	21.886,49	m
i	0,68	%	i	0,14	%
k	15,67	m/d	k	12,00	m/d
v	0,11	m/d	v	0,02	m/d
VR	0,41	m/d	VR	0,07	m/d
Tiempo	50.963	días	Tiempo	334.798	días
B-C			D-E		
Datos	Valor	Unidad	Datos	Valor	Unidad
Cota B	310	m.s.n.m.	Cota D	142	m.s.n.m.
Cota C	173	m.s.n.m.	Cota E	116	m.s.n.m.
Distancia B-C	15.899,95	m	Distancia D-E	28.394,74	m
i	0,86	%	i	0,09	%
k	24,25	m/d	k	8,00	m/d
v	0,21	m/d	v	0,01	m/d
VR	0,80	m/d	VR	0,03	m/d
Tiempo	19.785	días	Tiempo	1.007.827	días

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 45 se encuentran los años que tarda una gota en desplazarse desde el punto A hasta los puntos B, C D y E.

Se observa que los tiempos en los tramos C-D y D-E son elevados, esto se debe a que los gradientes hidráulicos son bajos.

Finalmente, una gota que parte en el sector óptimo 3,1 tardará 3.872 años en llegar al embalse Rapel.

Tabla 45: Tiempo en años del recorrido desde el tramo A al B, C, D y E.

Distancia	Tiempo [años]
A-B	140
A-C	194
A-D	1.111
A-E	3.872

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES

El acuífero presente en la cuenca del valle del río Tinguiririca presenta condiciones para llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada de aguas. Esta cuenca presenta variados valores de conductividades hidráulicas y coeficientes de almacenamiento, los cuales no son muy elevados. El nivel estático es muy somero, llegando a una profundidad máxima de 25 metros. Esto hace que volumen de almacenamiento sea muy bajo.

Por otra parte, el río Tinguiririca presenta un caudal abundante, por lo que, si bien, la cuenca no presenta valores óptimos para las constantes elásticas, ni un nivel estático profundo, es posible encausar parte de este caudal para recargar el acuífero mediante un proyecto de recarga gestionada.

El sector óptimo, denominado como subsector 3.1, fue elegido, principalmente, por que presentaba registro de los niveles estáticos más profundos de toda la cuenca, 23,8 metros. Dicho sector consta con una conductividad hidráulica promedio de 5,21 m/día y un coeficiente de almacenamiento de 4,15%.

Se determina que cada 5 años, hay un excedente de 30,000 l/s, y que, para llevar a cabo el proyecto de recarga gestionada, solo se utilizaría un 5% de este excedente (1,500 l/s), lo que no afectaría al caudal del río Tinguiririca.

Con respecto a las 5 propuestas de recarga gestionada, todas presentan un VAN positivo, por lo que todas son rentables. La propuesta 3 es la menos rentable, y la 2 la más rentable. En relación con el área utilizada para llevar a cabo estas propuestas, la 1 es la que necesita menor área, por lo que tendría un impacto menor en la zona. Las propuestas 4 y 5 son las que necesitan un área importante, por lo que, si bien son rentables, el impacto en la zona será mayor.

Se debe tener en cuenta que solo se considera un 75% del caudal infiltrado a la venta, por lo que el 25% restante recarga al acuífero de manera gratuita, trayendo consigo beneficios económicos y ecológicos a la zona.

Finalmente, se concluye que al implementar un proyecto de recarga gestionada de aguas en la cuenca del río Tinguiririca, con un área de 2,75 km² (la mayor área determinada en las 5 propuestas), el nivel estático subiría solo 1,37 metros, lo cual no traería efectos negativos a la zona.

7. RECOMENDACIONES

Antes de llevar a cabo un proyecto de recarga gestionada en el acuífero Tinguiririca, se debe volver a realizar el análisis con datos más precisos y actuales, ya que muchos de los datos utilizados para este trabajo son del Informe Técnico 'Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos de la VI Región' (DGA, 2005). Para la obtención de datos más certeros es necesaria la recopilación de datos más abundantes de estaciones fluviométricas y aumentar la cantidad de estas.

El acuífero Tinguiririca está clasificado como un acuífero de alta vulnerabilidad, por lo que, al realizar proyectos de recarga artificial de aguas en acuíferos, se debe ser muy cuidadosos de cumplir con la NCh409. EL sector elegido, San Fernando, cumple con dicha Normal Chilena, no obstante, presenta valores un tanto elevados de nitrato. Se recomienda que, al momento de infiltrar agua, se considere agua con concentraciones bajas de este ion.

Otra cosa para tener en cuenta es que los cálculos de los flujos de cajas y los valores actuales netos se realizaron con registros de diferentes épocas, por lo que no representan necesariamente valores exactos. Estos valores solo deben ser considerados como estimaciones. Y para realizar efectivamente un proyecto de estas características es necesario un estudio económico más detallado.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (2011). *Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos*. Departamento de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Región para América Latina y el Caribe.
- BCN Biblioteca del Congreso Nacional. (n.d.). <http://www.bcn.cl>. Retrieved from <http://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region6>
- Bouwer, H. (2002). Artificial recharge of groundwater: hydrology and engineering. *Hydrology Journal*, 121-142.
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)2. (2015). *La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*.
- Charrier, R., Baeza, O., Elgueta, S., Flynn, J., Gans, P., Kay, S., . . . Zurita, E. (2002). Evidence for Cenozoic extensional basin development and tectonic inversion south of the flat-slab segment, southern Central Andes, Chile (33° - 36° S.L.). *Journal of South American Earth Sciences* , 117-139.
- CNR. (2002). *Situación del ámbito del riego en la vi región y propuesta de rediseño institucional*.
- CNR. (2013). *Estudio diagnóstico de zonas potenciales de recarga de acuíferos en las regiones de Arica y Parinacota a la región del Maule*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Organización. (2016). *Evaluaciones del Desempeño Ambiental: Chile 2016*. Santiago.
- Contreras F., J. P., & Schilling D., M. (2012). *Geología del área San Fernando-Curicó*.
- DGA. (2005). *Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la vi° región. Modelación hidrogeológica de los valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca*. Santiago.
- DGA. (2011). *Diagnóstico de la red de aguas subterráneas región del Libertador Bernardo O'higgins*. Santiago.
- DGA. (2013). *Análisis y síntesis preliminar de iniciativas sobre recarga artificial en Chile*. Santiago.
- DGA. (2015). *Diagnóstico de la calidad de aguas subterráneas de la región Libertador Bernardo O'higgins*. Santiago.
- DGA. (2016). *Pronóstico de disponibilidad de agua temporada de riego 2016-2017*. Santiago.
- Fernández Escalante, e. (2010). *La gestión de la recarga artificial de acuíferos en el marco del desarrollo sostenible*. Madrid: GRAFINAT C.

- Godoy Tognarely, F. (2016). *Estudio para la realización de un proyecto de recarga gestionada en la cuenca del río Cachapoal: determinación del sector óptimo para su realización y evaluación económica*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Government of India. (2007). *Manual in artificial recharge of ground water*. Ministry of water resource.
- Hauser, A. (1990). *Hauser, A. 1990. Carta Hidrogeológica de Chile, Hoja Rancagua, VI Región. Sernageomin. Escala 1:250.000*. Santiago.
- Minería, S. N. (1990). *Carta Hidrogeológica de Chile, Hoja Rancagua VI Región. Hauser A. Escala 1:250.000*. Santiago.
- Ministerio de Vivienda, M. (1996). *Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos, guía de diseño*. Santiago: Realizado por DICTUC Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.
- MMA España. (2000). *Libro Blanco del Agua en España*. Madrid.
- Moreno Pavez, D. (2015). *Recarga artificial de acuíferos en la cuenca del río Maule: determinación de sectores favorables y evaluación económica*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Rauld, R. (2011). *Deformación cortical y peligro sísmico asociado a la falla San Ramón en el frente cordillerano de Santiago, Chile Central (33°S) Tesis de Doctorado (Inédito)*. Santiago.
- Schulz , C. J., & García , R. F. (2015). *Balance hídrico y recarga de acuífero*. ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGOS, GRUPO CHILENO.
- Simmers, I. (1997). Groundwater recharge principles, problems and developments. *Recharge of phreatic aquifers in (Semi) arid areas*, 1-18.
- Todd, D. K., & Mays, L. (2004). *Groundwater Hydrology*.
- Urtubia Villagrán, B. (2015). *Análisis para la infiltración artificial de agua en la cuenca de Santiago*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- vivastreet. (2017). <http://www.vivastreet.cl>. Retrieved from <<http://www.vivastreet.cl/loteos-lotes/colchagua/parcelas-en-la-paloma-de-5-000-m2/151134828>>

ANEXO A: RECARGA GESTIONADA DEL ACUÍFERO

Aspectos técnicos

Tal como se mencionó en el Capítulo 3, para llevar a cabo las obras de recarga gestionada de acuíferos es necesario análisis de usos y demandas, caracterización hidrológica, climatológica e hidroquímica; caracterización hidrogeológica, modelación numérica del sistema hidrogeológico (simulación para diseño, operación y gestión), desarrollo de estudios hidrogeológicos de detalle; levantamiento de información de terreno; idealmente la construcción de una instalación piloto y, su seguimiento y control.

Lo anterior permite disponer de un conocimiento básico para la evaluación de la obra de recarga e identificar de forma adecuada los factores que condicionan su realización.

Dichos factores corresponden a: características del agua de recarga; características del acuífero receptor; condiciones meteorológicas y ambientales del entorno, y características de la instalación y método de recarga.

i. Características del agua de recarga

El agua de recarga puede tener diferentes orígenes, desde aguas de escorrentía superficial; distinguiendo las de deshielo, las de crecidas y las de flujo base; aguas procedentes de plantas de tratamiento (sanitarias o riles); aguas lluvias urbanas; aguas de desalinización, entre otras.

Resulta fundamental conocer adecuadamente la evolución temporal de esa agua, tanto en cantidad como en su constitución físico-química, lo anterior incluye el análisis de la situación de extracciones y descargas, por cuanto pueden incidir en cantidad y calidad (incluyendo los aspectos sedimentométricos).

La información necesaria para estos efectos corresponde a:

- Caudales medios, máximos y mínimos.
- Concentración de sólidos en suspensión.
- Composición físico-química incluyendo macroelementos, metales pesados, compuestos orgánicos, compuestos nitrogenados y fósforo.
- Análisis bacteriológico y virológico.
- Contenido en gases disueltos.

Probablemente no se cuente con toda la información requerida a través de las redes de monitoreo públicas; lo que requerirá el levantamiento de información de campo y evaluar la necesidad de implementar mediciones sistemáticas para el desarrollo del proyecto y para posteriormente el seguimiento y control de su desempeño.

ii. Características del acuífero receptor

En principio, la recarga artificial puede realizarse sobre cualquier formación permeable, que tenga condiciones de almacenamiento y transmisión adecuadas. El éxito de la operación depende, en gran medida, de sus características hidrogeológicas e hidrodinámicas, así como del régimen de explotación al que esté sometido.

Normalmente, la recarga artificial se realiza sobre acuíferos libres, con nivel piezométrico a profundidad intermedia o somera, bien en materiales granulares (depósitos aluviales o areniscas), bien en materiales consolidados (calizas y dolomías fracturadas y/o karstificadas), aun cuando también puede ser aplicada a acuíferos confinados a cierta profundidad y bajo presiones elevadas.

Los datos del acuífero que es necesario conocer corresponden a:

- geología, litología (formaciones, fallas, volcanismo, etc.)
- hidrogeología (extensión rellenos, naturaleza y estructura, espesor, granulometría, compactación, transmisividad, porosidad, coeficiente de almacenamiento, permeabilidad, dirección del flujo, niveles, etc.)
- calidad del agua almacenada y potencial respuesta o reacciones frente a cambios de parámetros físico-químicos (quimismo)
- ubicación de afloramientos y zonas de pérdida del cauce

En lo referente a los aspectos hidrodinámicos la respuesta del acuífero frente a la señal hidrológica es relevante. Esto, en el sentido de que existen sistemas de respuesta rápida, con vaciamientos y llenado frecuente, incluso en casos donde la explotación puede ser intensiva, frente a otros de mayor volumen, o con una razón “volumen de recarga/volumen almacenado” mucho menor cuyas fluctuaciones son más lentas.

iii. Características hidroclimatológicas

La meteorología condiciona la oferta de agua; también las condiciones de flujo de infiltración en los primeros horizontes del suelo. Los factores hidrometeorológicos más relevantes que inciden en el balance hídrico, especialmente en su distribución temporal y en las variaciones de almacenamiento que son las relevantes en este tipo de proyectos, son:

- Pluviometría
- Evaporación
- Evapotranspiración
- viento, temperatura, insolación.

iv. Características ambientales del entorno

El relieve del entorno condiciona las posibilidades de recarga, así como el método y las instalaciones más apropiadas. Los factores ambientales más relevantes que deben ser considerados, son los referentes a:

- topografía y pendiente
- cobertura vegetal
- red de drenaje superficial

v. Alternativas de instalaciones de recarga

El análisis de la técnica y método de recarga apropiado, para cada caso, debe ser analizado teniendo en cuenta los siguientes factores:

- diferentes alternativas de instalaciones de infiltración,
- necesidad y tipo de instalaciones auxiliares (decantadores, filtros, balsas de sedimentación, electrificación, sistema de inyección a presión, conducción, etc.)
- métodos, equipos de control y seguimiento (caudalímetros, piezómetros, presión de inyección, toma de muestras, etc.)
- elementos de conducción del agua de recarga (acequias, canales, tuberías, etc.)

Mecanismos de Infiltración

Dispositivos Superficiales

i. Ubicados dentro del cauce

Los principales tipos de instalaciones de recarga superficial, en cauces, son los siguientes:

- **Serpenteos y barreras o diques:** Se basan en aumentar el tiempo de permanencia y la superficie de contacto, entre el agua y el terreno, mediante la construcción de diques; espigones, o barreras, transversales al cauce, que obligan a que el agua serpenteo incrementando la infiltración natural del río. Naturalmente para estos efectos el cauce natural (río, estero, quebrada) debe ser perdedor o curso influente.
- **Escarificación del lecho del cauce:** Busca mejorar las condiciones de infiltración a través de la limpieza, rascado o arado del lecho del cauce; a objeto de remover el asentamiento o depositación de materiales finos. Es una alternativa sencilla y económica que aplica cuando el cauce infiltra.

- **Zanjas filtrantes en cauces:** Consiste en zanjas excavadas dentro del lecho del cauce y perpendicularmente al sentido del flujo. Por lo general no son muy profundas; se rellenan con piedras de cantos rodados para facilitar la infiltración.; puede considerarse relleno graduado en la parte superior para un mejor control de la colmatación. La incorporación de barreras inmediatamente aguas abajo favorece la infiltración. Es importante el análisis de la variabilidad de los flujos y la torrencialidad del cauce para los fines de la estabilidad de la obra; dependiendo de esta condición puede tratarse de obras que requieran rehacerse año a año; en estos casos la construcción de barreras debe considerar tramos fusibles para evitar golpes de agua. También es una alternativa sencilla y económica aplicable cuando el cauce infiltra.
- **Barreras en cauces:** Corresponde a barreras de pequeña envergadura; el objeto es aumentar el tiempo de retención del flujo de agua, especialmente en épocas de lluvia. Puede haber de carácter permanente o de carácter provisorio; estas últimas resultan más económicas y sencillas. Dentro de este caso se pueden distinguir distintas opciones: Barrera impermeable; barrera permeable; barrera con orificios o ranuras; cada alternativa aplica según las condiciones del cauce en términos de la variabilidad o asimetría de los caudales; torrencialidad del cauce (pendiente, arrastre; proporción de finos respecto de fracción gruesa). En general aplica a cauces ubicados en zonas áridas, semiáridas y de transición; en particular en cauces de menor orden son recomendables ya que no implican tamaños importantes; como efecto adicional permiten amortiguamiento de las crecidas. Debe tenerse precaución en su diseño, especialmente cuando se contempla este tipo de obras en serie para evitar fallo secuencial en caso de tormentas intensas.

ii. Ubicados fuera del cauce

El fundamento de estos sistemas es ampliar el área de recarga buscando una superficie de terreno propicia para la infiltración al acuífero, que para estos efectos corresponde a un acuífero libre. Las principales obras de recarga desde superficie y fuera de cauces son:

- **Zanjas, acequias o canales:** Corresponden a obras lineales de conducción de agua, de poca profundidad, que siguen la topografía del terreno (curvas de nivel); cumplen la función de interceptar el flujo superficial producido por la precipitación generalmente, la infiltración se produce por el fondo y por las paredes de la canalización.
- **Balsas, lagunas o piscinas de infiltración:** Corresponde a obras, por lo general de geometría rectangular y de tierra, de poca profundidad destinadas a almacenar agua para su infiltración; la profundidad además del volumen asociado permite contar con “carga hidráulica” para reforzar el proceso de infiltración que se produce por el fondo. Estas obras de recarga suelen construirse en grupo ya sea en serie o con líneas en paralelo. La vida útil, con un adecuado mantenimiento, suele estar entre 10 y 20 años.

- **Superficies de recarga:** Se trata de extender agua por la superficie del terreno, normalmente mediante aspersión, de forma que se oxigena mucho el agua, creando un ambiente oxidante, que mejora la calidad bacteriológica del agua. Un caso particular corresponde a los denominados “campos de extensión o inundación”, que son campos de labor agrícola sobre los que se aplican elevadas dotaciones de forma intencional, de modo de aprovechar la superficie existente para infiltración; esta técnica sólo es posible en situaciones de excedencia hídrica.
- **Filtración inter-dunar:** En este método, los valles entre dunas costeras de arena son inundados con agua de ríos; el agua se infiltra al interior de los sedimentos subyacentes y crea un volumen de agua de recarga. Este volumen puede tener un rol importante en cuanto a prevenir la intrusión salina, además de ser una fuente de agua para utilizar tierra adentro. Un objetivo principal de este tipo de obras es la mejora de la calidad de agua del cuerpo receptor usualmente con niveles de salinidad importantes.

Dispositivos en la zona no saturada

Corresponde a la infiltración de agua por sobre el nivel estático.

- **Zanjas o fosas de recarga:** sus dimensiones son típicamente de 1 metro de ancho y hasta 5 metros de profundidad. Son rellenadas con arena gruesa o grava fina. El agua normalmente es aplicada a través de una tubería perforada sobre la superficie del relleno y la zanja es cubierta para mimetizarla con el terreno.
- **Pozo en la zona vadosa:** Los pozos en la zona vadosa (también llamados pozos secos), son pozos de 1 metro de diámetro y 60 metros de profundidad como máximo. Se rellenan con arena gruesa o grava fina. El agua normalmente se introduce a través de una tubería ubicada en el centro del pozo. Debe evitarse que el agua caiga en caída libre para evitar la entrada de aire, lo que produce aire atrapado entre el relleno y el suelo alrededor del pozo. Para hacer esto, el agua es suministrada a través de una tubería más pequeña dentro de la tubería perforada, que se extiende bajo el nivel de agua del pozo.

Dispositivos Profundos

El propósito es la introducción de agua de recarga en forma directa al acuífero; se realiza a través de pozos o sondajes profundos. Aplica a acuíferos libres con cierta profundidad y acuíferos confinados. Las principales obras de recarga profunda son:

- **Pozos de inyección:** La inyección se realiza a través de pozos o sondajes profundos, por gravedad o mediante presión. El agua se inyecta bajo el nivel piezométrico. Es importante cuidar la forma de inyección de forma de evitar turbulencias y desprendimiento de CO², que podría ocasionar la formación de incrustaciones calcáreas en los filtros. Por lo general la vida útil de obras adecuadamente operadas suele ser de 5-10 años.

- **Balsas o zanjas con pozos de infiltración:** Corresponde a un sistema mixto, que considera las balsas y zanjas descritas previamente, a los que se incorporan pozos de inyección.
- **Galerías filtrantes:** Corresponde a pozos horizontales, socavones, túneles filtrantes; existiendo una gran diversidad de denominaciones; la utilización de estas obras es ancestral para el aprovechamiento de aguas subterráneas. En este caso el principio es similar, pero en sentido inverso. Puede aplicarse en zonas donde se dispone de escorrentía, pero los suelos someros son poco permeables, esto en combinación con zanjas o fosos que concentran y conducen el flujo hacia el punto de infiltración.
- **Pozos con galerías:** Considera dos componentes; una perforación vertical a partir de la cual desde el fondo se desarrollan galerías o pozos horizontales, lugar donde se produce el proceso de infiltración al acuífero. En diversos casos se entiende forma parte dentro del concepto galería filtrante.
- **Simas y dolinas:** En acuíferos kársticos, en los que existen cavidades verticales que alcanzan a la superficie, se pueden aprovechar estas depresiones kársticas, a modo de sumideros, para la recarga artificial.
- **Filtración en el lecho de los ríos:** Consiste en inducir la infiltración en el lecho del río induciendo un gradiente por bombeo desde un pozo cercano. Al igual que en la mayoría de los casos, el inconveniente principal es la génesis de procesos de colmatación (tanto biofilms, como relleno de los poros por partículas de arcilla, limo o carbono orgánico), y además la acumulación de metales y compuestos orgánicos en el lecho. La conductancia del lecho y la capacidad de depuración están condicionadas, entre otros factores, por la distribución de los granos del acuífero, la calidad del agua y la temperatura. Los procesos colmatantes reducen la capacidad de infiltración del lecho, pero también contribuyen a la biodegradación de contaminantes.

ANEXO B: REGISTRO DE POZOS DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA.

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA INFERIOR														
Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal soliciado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Acom. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible	Uso Existente y Previsible Acom. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	Sl. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
1	6-0-159	13-12-1987	JULIA ECHENIQUE DE GARCIA	180,00	180,00	180,00	R	36,00	36,00	6182000	285000	A	1197	05-05-1989
2	6-0-161	13-12-1987	JULIA ECHENIQUE DE GARCIA	180,00	180,00	180,00	R	0,00	0,00	6182000	286000	A	1197	06-06-1989
3	6-0-162	04-01-1987	RENATO SANCHEZ ERRAZURIZ Y OTROS	180,00	180,00	180,00	R	0,00	0,00	6172900	283650	A	1349	07-07-1980
4	6-0-188	30-03-1981	VIRGINIA VIAL DE NIXON	180,00	180,00	330,00	R	36,00	36,00	6178100	288600	A	744	04-04-1981
5	6-0-207	15-01-1987	GABRIEL CERDA SANCHEZ Y OTRO	90,00	420,00	420,00	R	18,00	84,00	6161950	276500	A	1015	25-04-1984
6	6-0-223	19-01-1987	JOSE OTERO ALAMOS	360,00	360,00	780,00	R	72,00	156,00	6163500	276500	A	34	01-02-1987
7	6-0-223	19-01-1987	JOSE OTERO ALAMOS	780,00	780,00	780,00	R	0,00	156,00	6161950	276500	A	34	01-02-1987
8	6-0-223	19-01-1987	JOSE OTERO ALAMOS	780,00	780,00	780,00	R	0,00	156,00	6163500	274000	A	34	01-02-1987
9	M-8-195	09-04-1980	SENDOS EL HUIQUE	8,60	8,60	788,60	AP	6,45	162,45	6177250	282500	A	467	24-10-1983
10	M-9-888	23-07-1980	SENDOS EL BARCO	3,20	3,20	791,80	AP	2,40	164,85	6184100	279600	A	453	02-11-1983
11	M-VI-9-39	23-07-1980	SENDOS PERAILLO (POZO 872)	3,20	3,20	791,80	AP	0,00	164,85	6182120	272332	A	480	31-10-1983
12	M-VI-9-39	23-07-1980	SENDOS PERAILLO (POZO 871)	3,20	3,20	791,80	AP	0,00	164,85	6182145	272179	A	480	31-10-1983
13	M-VI-9-39	23-07-1980	SENDOS PERAILLO (POZO 766)	3,20	3,20	791,80	AP	0,00	164,85	6182296	272624	A	480	31-10-1983
14	M-VI-9-39	23-07-1980	SENDOS PERAILLO (POZO 765)	3,20	3,20	791,80	AP	0,00	164,85	6182350	272586	A	480	31-10-1983
15	ND-0602-41	19-12-1987	SENDOS PERAILLO	55,00	55,00	846,80	AP	41,25	206,10	6182710	272510	A	31	26-01-1988
16	ND-0602-41	19-12-1987	SENDOS PERAILLO	39,00	39,00	908,80	AP	29,25	263,35	6182710	272510	A	31	26-01-1988
17	ND-0602-367	09-03-1992	JOSE BISQUERT URRUTIA	85,00	75,00	985,80	R	15,20	268,55	6180340	280850	A	533	04-11-1992
18	ND-0602-367	09-03-1992	BLANCA SAENZ OLAVARRIETA	13,50	13,50	999,30	R	2,70	271,25	6174850	280075	A	533	16-12-1993
19	ND-0602-401	08-10-1993	AGR SAN JOSE DE PERAILLO S.A.	35,00	35,00	1034,30	R	7,00	278,25	6173290	279630	A	45	24-01-1995
20	ND-0602-408	17-07-1995	SOC AGR ALTO JAHUEL LTDA.	80,00	80,00	1114,30	R	16,00	284,25	6173000	284000	A	297	26-04-1996
21	ND-0602-420	17-07-1995	SOC AGR ALTO JAHUEL LTDA.	120,00	110,00	1234,30	R	22,00	316,25	6173000	283000	A	297	26-04-1996
22	ND-0602-420	24-04-1996	JUAN SUTIL SERVOIN	60,00	60,00	1284,30	R	12,00	328,25	6188700	279660	A	689	23-08-1996
23	ND-0602-640	17-08-1996	VICUÑA GARCIA-HUIDOBRO Y CIA. LTDA	58,00	58,00	1342,30	R	11,60	338,85	6179275	286900	A	509	19-08-1998
24	ND-0602-640	17-08-1996	VICUÑA GARCIA-HUIDOBRO Y CIA. LTDA	52,00	52,00	1394,30	R	10,40	350,25	6180480	286950	A	509	19-08-1998
25	ND-0602-665	23-10-1996	INV Y ASESORIAS PUPILLA S.A.	76,00	76,00	1470,30	R	15,20	365,45	6163990	278980	A	417	26-08-1997
26	ND-0602-716	05-01-1997	MANUEL LIZAMA SEGUEL	70,00	70,00	1540,30	R	14,00	379,45	6182890	289700	A	455	10-07-1997
27	ND-0601-892	08-01-1997	SOC AGR LAS PATAGUAS LTDA	12,80	12,80	1682,80	R	2,60	381,95	6199222	276098	A	28	07-08-2000
28	ND-0601-892	05-01-1997	SOC AGR LAS PATAGUAS LTDA	4,00	4,00	1556,80	R	0,80	382,75	6199559	279359	A	28	07-08-2000
29	ND-0602-730	19-02-1997	SOC COLECTIVA CIVIL INMI SAN DIEGO	80,00	80,00	1636,80	AP	60,00	442,75	6181860	271970	A	117	30-01-1998
30	ND-0602-771	22-04-1997	VIÑA SANTA RITA S.A.	120,00	120,00	1756,80	R	24,00	466,75	6179400	279560	A	1088	06-11-1998
31	ND-0602-790	26-08-1997	VIÑA UNDIRRAGA S.A.	84,00	84,00	1840,80	R	16,80	483,55	6175460	281680	A	167	11-02-1998
32	ND-0602-790	08-08-1997	VIÑA CALTERRA S.A.	80,00	72,00	1912,80	R	14,40	497,95	6178110	285570	A	932	16-10-1998
33	ND-0602-750	06-06-1997	VIÑA CALTERRA S.A.	108,00	108,00	2020,80	R	21,60	519,55	6178950	285130	A	932	16-10-1998
34	ND-0602-751	06-06-1997	AGR AGUA SANTA LTDA	83,00	83,00	2103,80	R	16,60	536,15	6173165	283650	A	274	10-03-1998
35	ND-0602-866	07-10-1997	OSCAR PEREZ PEREZ Y OTROS	75,00	75,00	2178,80	R	15,00	551,15	6179385	280270	P-DARH		
36	ND-0602-913	19-12-1997	VIÑA UNDIRRAGA S.A.	42,00	42,00	2220,80	R	8,40	599,65	6182048	286170	A	1	17-01-2003
37	ND-0602-930	10-02-1998	INV EL MANZANO LTDA	18,00	15,00	2235,80	R	3,00	562,55	6174450	285338	A	24	29-05-2000
38	ND-0602-948	16-02-1998	VIÑA UNDIRRAGA S.A.	80,00	66,00	2290,80	R	11,00	573,65	6180900	284898	A	861	21-09-2001
39	ND-0602-948	24-02-1998	SOC AGR LAS ROSAS Y CIA. LTDA	30,00	30,00	2320,80	R	6,00	579,55	6180460	279560	A	10	27-12-1999
40	ND-0602-952	07-04-1998	SOC VILU MANET Y COMPAÑIA LTDA	58,50	58,50	2379,30	R	11,70	591,25	6180157	274797	A	6	07-01-2000
41	ND-0601-990	06-08-1998	JOSE LYON KERVYN	63,00	63,00	2442,30	R	12,60	603,85	6190460	279600	A	195	26-03-2001
42	ND-0603-1107	29-09-1998	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	27,00	27,00	2469,30	R	5,40	609,25	6195630	273060	A	21	18-03-2002
43	ND-0603-1107	29-09-1998	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	18,00	18,00	2487,30	R	3,60	612,85	6196320	272480	A	21	18-03-2002
44	ND-0603-1144	07-01-1999	URETA S.A.	100,00	72,00	2559,30	R	14,40	627,25	6181810	277670	A	705	22-11-2000
45	ND-0603-1239	06-04-1999	AGR SUPER LTDA	30,00	30,00	2689,30	I	30,00	697,25	6193138	276626	A	336	16-08-2000
46	ND-0603-1239	05-04-1999	AGR SUPER LTDA	40,00	40,00	2629,30	I	40,00	697,25	6194144	276700	A	335	16-08-2000
47	ND-0603-1274	06-04-1999	VIÑA SANTA RITA S.A.	108,00	108,00	2727,30	R	21,60	718,85	6179628	282082	A	230	02-04-2001
48	ND-0603-1251	06-04-1999	SOC AGR SAN JOSE DE PERAILLO S.A.	113,00	113,00	2880,30	R	22,60	741,45	6174150	279650	A	413	17-07-2001
49	ND-0603-1279	23-04-1999	URETA S.A.	65,00	65,00	2915,30	R	13,00	754,45	6178400	284900	A	544	06-09-2000

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA INFERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Asum. (l/s)	Uso	Uso Existentes y Previsible (l/s)	Uso Existentes y Previsible Asum. (l/s)	UTM Norte 68	UTM Este 68	3il. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
50	ND-0603-1302	21-06-1999	ESSEL S.A.	20,00	20,00	2995,30	AP	15,00	769,45	61826396	272593	A	337	01-06-2001
51	ND-0603-1302	21-06-1999	ESSEL S.A.	32,00	32,00	2967,30	AP	24,00	793,46	61826666	272582	A	337	01-06-2001
52	ND-0603-1324	06-07-1999	MARIANA PRIETO PIZARRO	27,00	27,00	3594,30	R	5,40	796,85	61727165	279872	A	17	05-05-2000
53	ND-0603-1372	22-07-1999	MARIA EDUARDO ERRAZURIZ	63,00	42,00	3096,30	R	8,40	807,26	61800800	281960	A	1	06-02-2001
54	ND-0603-1362	26-07-1999	AGR SUPER LTDA	45,00	45,00	3061,30	I	45,00	852,25	61910113	276787	A	49	28-08-2001
55	ND-0603-1367	26-07-1999	AGR SUPER LTDA	45,00	45,00	3126,30	I	45,00	897,25	61900664	277232	A	48	28-08-2001
56	ND-0603-1368	26-07-1999	AGR SUPER LTDA	40,00	40,00	3166,30	I	40,00	937,25	61910000	276667	A	47	28-08-2001
57	ND-0603-1356	10-08-1999	AGR SUPER LTDA	30,00	30,00	3196,30	I	30,00	967,25	61964000	276870	A	1	22-11-1999
58	ND-0603-1387	10-08-1999	AGR SUPER LTDA	35,00	35,00	3231,30	I	35,00	1001,25	61962840	276910	A	2	22-11-1999
59	ND-0603-1402	22-09-1999	JOSE BISOQUETT URRUTIA	95,00	95,00	3326,30	R	19,00	1021,25	61801110	280950	A	640	26-10-2001
60	ND-0603-1434	27-10-1999	RAUL VALINZUELA CANUS	31,00	31,00	3387,30	R	6,20	1027,46	61871000	279200	A	20	23-06-2000
61	ND-0603-1472	28-12-1999	ALBERTO TAGLE VALDES	27,00	27,00	3384,30	R	5,40	1032,85	61919200	276120	A	51	20-10-2000
62	ND-0603-1477	28-12-1999	MIGUEL TAGLE VALDES	16,00	16,00	3400,30	R	3,20	1036,06	61947668	272893	A	34	03-10-2000
63	ND-0603-1565	07-04-2000	MARIANA PRIETO PIZARRO	46,00	46,00	3446,30	R	9,20	1045,25	61822765	276522	A	40	03-10-2000
64	ND-0603-1577	17-04-2000	AGR SUPER LTDA	42,00	42,00	3488,30	I	42,00	1087,25	62107950	262650	A	11	02-05-2001
65	ND-0603-1589	23-04-2000	RAMON CESPEDES LORCA	41,00	41,00	3529,30	R	8,20	1096,45	61814022	278464	A	57	08-07-2002
66	ND-0603-1541	31-05-2000	SOC AGR LAS PATAGUAS LTDA	40,00	40,00	3569,30	R	8,00	1103,45	61990076	277388	A	382	30-04-2002
67	ND-0603-1542	31-05-2000	SOC AGR LAS PATAGUAS LTDA	40,00	40,00	3609,30	R	8,00	1111,45	61993328	277300	A	382	30-04-2002
68	ND-0603-1542	31-05-2000	SOC AGR LAS PATAGUAS LTDA	40,00	40,00	3649,30	R	8,00	1119,45	61990076	277368	A	382	30-04-2002
69	ND-0603-1681	14-06-2000	SOC OLIVICOLA LA ESTRELLA	0,10	0,10	3649,40	R	0,03	1119,47	62139628	268333	A	31	22-06-2001
70	ND-0603-1644	27-06-2000	CRISTIAN VALDES URRUTIA	85,00	85,00	3734,40	R	17,00	1136,47	61862326	274604	A	42	31-01-2003
71	ND-0603-1646	24-07-2000	AGR ESTACION SOC LTDA	28,00	28,00	3769,40	R	5,00	1141,47	61738170	281106	A	97	08-07-2002
72	ND-0603-1687	10-08-2000	ALBERTO SIEGEL DAVELBERG	27,00	27,00	3796,40	R	5,40	1146,87	61727722	281796	A	24	23-06-2001
73	ND-0603-2007	12-10-2000	ALBERTO SIEGEL DAVELBERG	34,00	34,00	3820,40	R	6,80	1153,87	61872311	271368	A	6	19-01-2002
74	ND-0603-1691	13-10-2000	ALBERTO TAGLE VALDES	70,00	63,00	3883,40	R	12,60	1166,27	61868721	279908	A	243	11-06-2003
75	ND-0603-1693	23-10-2000	JUAN LLADOSER PRADO	41,00	41,00	3924,40	R	8,20	1174,47	61872687	270590	A	251	12-06-2003
76	ND-0603-1693	23-10-2000	JUAN LLADOSER PRADO	17,00	16,90	3940,90	R	3,30	1177,77	61876886	270623	A	261	12-06-2003
77	ND-0603-2018	22-11-2000	AGR SANTA ANA DEL HUIQUE LTDA	40,00	16,00	3958,90	R	3,60	1181,37	61828911	282148	A	57	06-11-2001
78	ND-0603-2017	29-11-2000	PAULA CORNEJO CRUZ	84,00	84,00	4012,90	R	10,80	1192,17	61812180	278600	A	888	30-09-2002
79	ND-0603-2015	30-11-2000	PATRICIO VALDES URRUTIA	72,00	72,00	4084,90	R	14,40	1206,57	61898001	278923	A	36	31-01-2003
80	ND-0603-2021	30-11-2000	VIÑA BISQUETT LTDA	61,00	61,00	4146,90	R	12,20	1218,77	61770000	279600	A	260	12-06-2003
81	ND-0603-2022	04-12-2000	VIÑA PERALILLO LTDA	84,00	84,00	4229,90	R	16,80	1236,57	61880094	270628	A	211	08-10-2003
82	ND-0603-2013	07-12-2000	ALBERTO TAGLE VALDES	45,00	45,00	4274,90	R	9,00	1244,57	61884222	271307	A	60	08-07-2002
83	ND-0603-2013	17-01-2001	AGR SUPER LTDA	7,00	7,00	4281,90	I	7,00	1251,57	62091855	263440	A	34	24-07-2001
84	ND-0603-2014	17-01-2001	AGR SUPER LTDA	24,00	24,00	4305,90	I	24,00	1275,57	62107100	263582	A	35	24-07-2001
85	ND-0603-2015	02-02-2001	AGR SUPER LTDA	9,00	9,00	4314,90	I	9,00	1284,97	62106911	263198	A	36	24-07-2001
86	ND-0603-2044	07-02-2001	AGR SUPER LTDA	10,00	10,00	4324,90	I	10,00	1294,97	62106862	263383	A	53	22-10-2001
87	ND-0603-2048	09-02-2001	MIGUEL TAGLE VALDES	20,00	20,00	4344,90	R	4,00	1298,97	61948211	273663	A	70	06-08-2002
88	ND-0603-2044	13-02-2001	AGR Y GANADERA LAS CASAS DE CALLEQUE LTDA	90,00	90,00	4484,90	R	18,00	1316,57	61887885	271109	A	442	01-09-2003
89	ND-0603-2047	13-02-2001	JUAN VALDES URRUTIA	59,00	59,00	4493,90	R	11,80	1328,37	61837346	273656	A	782	22-09-2003
90	ND-0603-2033	26-03-2001	AGR SUPER LTDA	8,00	8,00	4501,90	I	8,00	1336,37	62109465	263693	A	51	22-10-2001
91	ND-0603-2034	26-03-2001	AGR SUPER LTDA	30,00	30,00	4531,90	I	30,00	1366,37	62109055	262605	A	52	22-10-2001
92	ND-0603-2072	07-06-2001	MARIA FERNANDEZ M.	29,00	29,00	4560,90	R	5,80	1372,17	61843119	283523	A	134	20-11-2002
93	ND-0603-2087	03-07-2001	GANADERA Y FORESTAL NACIONAL LTDA	4,00	4,00	4564,90	R	0,80	1372,57	61997200	267160	A	82	13-06-2002
94	ND-0603-2079	04-07-2001	SOC INM Y DE INV PEREZ Y LEON	82,00	82,00	4646,90	AP	61,60	1434,47	61814488	271948	A	806	06-09-2002
95	ND-0603-2086	16-08-2001	SOC AGR Y GANADERA EL OLIVAR LTDA	24,00	24,00	4670,90	R	4,80	1439,27	61788000	273230	A	147	09-12-2002
96	ND-0603-2081	30-08-2001	ELIAS VALDES URRUTIA	14,00	14,00	4684,90	R	2,80	1442,07	61886847	278202	A	116	19-11-2002
97	ND-0603-2082	30-08-2001	AGR Y GANADERA LAS CASAS DE CALLEQUE LTDA	45,00	45,00	4729,90	R	9,00	1451,07	61902933	276704	A	146	09-12-2002
98	ND-0603-2095	22-11-2001	IGNACIO VALDES URRUTIA	28,00	28,00	4757,90	R	5,60	1456,87	61899338	278063	A	53	08-07-2002

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA INFERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal Solicitado (l/s)	Caudal Oforgado (l/s)	Caudal Nominal Acom. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Acom. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	3rd. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
99	ND-0603-2092	12-12-2001	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	22,00	22,00	4779,90	R	4,40	1461,07	6195387	273260	A	58	01-04-2003
100	ND-0603-2092	12-12-2001	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	13,00	13,00	4792,90	R	2,60	1463,67	6196700	271767	A	98	01-04-2003
101	ND-0603-2092	12-12-2001	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	13,00	13,00	4805,90	R	2,60	1466,27	6195711	275255	A	58	01-04-2003
102	ND-0603-2092	12-12-2001	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	16,00	16,00	4820,90	R	3,00	1469,27	6196661	273276	A	98	01-04-2003
103	ND-0603-2114	07-02-2002	AGR SUPER LTDA	15,00	15,00	4835,90	I	15,00	1484,27	6190864	277232	A	39	14-05-2002
104	ND-0603-2121	19-04-2002	CARMEN VALDES URRUTIA	72,00	72,00	4907,90	R	14,40	1488,67	6189676	277694	A	239	11-06-2003
105	ND-0603-2139	04-07-2002	LUIS MUÑOZ ARAYA	60,00	60,00	4967,90	R	12,00	1510,67	6180446	277286	A	405	14-08-2003
106	ND-0603-2144	18-07-2002	JORGE JORQUERA VARGAS Y OTROS	60,00	33,00	5000,90	R	6,60	1517,27	6180875	275690	A	14	29-01-2004
107	ND-0603-2142	05-08-2002	SOC AGR SAN JOSE DE PERALILLO S.A.	105,00	105,00	5105,90	R	21,00	1538,27	6173262	280001	A	490	15-09-2003
108	ND-0603-2115	06-08-2002	COMITE DE A.P.R. EL CALEUCHE-SAN ROBERTO-	30,00	30,00	5125,90	AP	15,00	1553,27	6190717	279524	A	61	14-07-2003
109	ND-0603-2160	21-08-2002	CAMILO BARRIOS GONZALEZ	77,00	77,00	5202,90	R	15,40	1568,67	6178260	282690	A	344	23-07-2003
110	ND-0603-2151	27-08-2002	INGENIERIA Y CONSTRUCCION J. DE LA RIVA Y CIA. LTD	20,00	20,00	5222,90	R	4,00	1572,67	6178730	277097	A	28	15-05-2003
111	ND-0603-2160	10-12-2002	ALBERTO DIEGEL DAVELBERG	60,00	60,00	5282,90	R	12,00	1584,67	6166881	271424	A	366	10-11-2003
112	ND-0603-2179	24-02-2003	AGR LA TRINIDAD LTDA	40,00	40,00	5322,90	R	8,00	1592,67	6192068	275339	A	58	10-11-2003
113	ND-0603-2180	24-02-2003	AGR LA TRINIDAD LTDA	40,00	40,00	5362,90	R	8,00	1600,67	6192716	275471	A	59	10-11-2003
114	ND-0603-2181	24-02-2003	AGR LA TRINIDAD LTDA	43,00	43,00	5405,90	R	8,60	1609,27	6191123	275484	A	100	11-11-2003
115	ND-0603-2182	24-02-2003	AGR LA TRINIDAD LTDA	39,00	39,00	5444,90	R	7,80	1617,07	6191381	275484	A	101	11-11-2003
116	ND-0603-2183	24-02-2003	AGR LA TRINIDAD LTDA	23,40	23,40	5468,30	R	4,68	1621,75	6194777	275502	A	102	11-11-2003
117	ND-0603-2190	21-04-2003	LUIS EDWARDS MERY	105,00	55,00	5523,30	R	11,00	1632,75	6178100	281370	A	86	10-12-2004
118	ND-0603-2200	08-07-2003	VIÑA BISQUERTT LTDA	81,00	81,00	5604,30	R	16,20	1648,96	6178791	278968	A	314	06-08-2004
119	ND-0603-2200	08-07-2003	VIÑA BISQUERTT LTDA	80,00	80,00	5684,30	R	16,00	1654,95	6179585	280253	A	314	06-08-2004
120	ND-0603-2200	08-07-2003	VIÑA BISQUERTT LTDA	80,00	80,00	5764,30	R	16,00	1660,95	6178814	276062	A	314	06-08-2004
121	ND-0603-2205	09-07-2003	AGR LA ESPERANZA LTDA	10,00	10,00	5774,30	R	2,00	1662,96	6181768	278897	A	22	22-03-2004
122	ND-0603-2201	11-07-2003	SOC RENCORET Y VILLAFRANCA LTDA Y OTROS	54,00	54,00	5828,30	R	10,80	1693,75	6185300	285196	A	48	01-08-2004
123	ND-0603-2191	18-08-2003	SOC AGR VIÑEDOS MARCHIGUE S.A.	23,00	23,00	5851,30	R	4,60	1698,35	6195311	274608	A	110	19-11-2003
124	ND-0603-2161	23-09-2003	JUAN FERNANDEZ PADILLA	7,00	7,00	5870,30	R	1,40	1702,15	6212169	287727	A	18	22-03-2004
125	ND-0603-2161	23-09-2003	JUAN FERNANDEZ PADILLA	19,00	19,00	5889,30	R	3,80	1705,95	6218668	258316	A	18	22-03-2004
126	ND-0603-2228	09-10-2003	NEFTALI CORNEJO LIZANA	13,00	13,00	5902,30	R	2,60	1708,66	6178202	278464	A	61	16-07-2004
127	ND-0603-2209	05-11-2003	JOSE CASTRO MARQUEZ Y OTROS	10,80	10,80	5913,10	R	2,16	1710,71	6203135	275202	A	9	20-01-2004
129	ND-0603-2174	10-11-2003	IRIS VIDAL GONZALEZ	24,00	24,00	5937,10	R	4,80	1715,51	6207970	285609	A	83	25-11-2004
131	ND-0603-2248	10-02-2004	COMITE DE A.P.R. LA TROYA SUR-SAN JAVIER	16,00	16,00	5995,10	AP	13,60	1759,01	6181459	272971	P-REG		
132	ND-0603-2173	03-03-2004	AGR Y FORESTAL EL CAJON S.A.	2,70	2,70	5997,80	R	0,54	1759,55	6207629	287159	P-REG		
133	ND-0603-2173	03-03-2004	AGR Y FORESTAL EL CAJON S.A.	1,80	1,80	5999,60	R	0,36	1759,91	6207630	287110	P-REG		
134	ND-0603-2261	29-03-2004	COMITE DE A.P.R. EL HUIQUE	40,00	40,00	6039,60	AP	30,00	1789,91	6177687	282438	P-REG		
135	ND-0603-2262	29-03-2004	COMITE DE A.P.R. SAN RAFAEL - COLCHAGUA - PUPILLA	15,00	15,00	6054,60	AP	11,25	1801,15	6173339	281253	P-REG		
136	ND-0603-2263	31-03-2004	COMITE DE A.P.R. EL BARCO	14,00	14,00	6068,60	AP	10,80	1811,66	6184001	279776	P-REG		
137	ND-0603-2275	12-04-2004	ANA AGUILERA TEBRICH Y OTROS	10,00	10,00	6078,60	R	2,00	1813,66	6182273	278960	P-REG		
138	ND-0603-2202	20-04-2004	ANA CORNEJO TOBAR	1,50	1,50	6080,10	R	0,30	1813,96	6197707	285748	P-REG		
139	ND-0603-2202	20-04-2004	ANA CORNEJO TOBAR	3,00	3,00	6083,10	R	0,60	1814,55	6197886	284816	P-REG		
140	ND-0603-2268	03-05-2004	VIÑA BISQUERTT LTDA	6,30	6,30	6089,40	R	1,26	1815,82	6177621	278193	P-REG		
141	NR-0603-2007	04-05-2004	INGRID SMOJE TICO	1,50	1,50	6090,90	R	0,30	1816,12	6212400	284600	A		
142	ND-0603-2195	28-05-2004	AGR GANADERA Y FORESTAL LAS CRUCES LTDA	5,40	5,40	6096,30	R	1,08	1817,20	6200339	287288	P-REG		
143	ND-0603-2283	14-06-2004	COMITE DE A.P.R. LINHUIMO RINCONADA	6,60	6,60	6102,90	AP	4,96	1822,15	6178817	276269	P-REG		
144	ND-0603-2284	14-06-2004	FRANCISCO TAGLE DARTNELL Y OTROS	28,00	28,00	6130,90	R	5,60	1827,75	6190381	276331	P-REG		
145	ND-0603-2294	29-07-2004	COMITE DE A.P.R. EL HUIQUE	16,00	16,00	6146,90	AP	12,00	1839,76	6177616	282434	P-REG		
146	ND-0603-2313	26-07-2004	AGR LAS ROSAS Y CIA LTDA	61,00	61,00	6207,90	R	12,20	1851,95	6180525	278114	P-REG		
147	ND-0603-2314	26-07-2004	AGR LAS ROSAS Y CIA LTDA	60,00	60,00	6267,90	R	12,00	1863,95	6180694	276617	P-REG		

RIO TINGUIRICA, SECTOR TINGUIRICA INFERIOR

N°	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal Solicitado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Asum. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Asum. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	Alt. Actual	N° Res.	Fecha Res.
148	ND-0601-2382	29-07-2004	SOC AGR. SANTILLANA DEL MAR LTDA	20,00	6307,90	R	4,00	1887,95	6200679	277092	P-REG			
149	ND-0602-2397	04-08-2004	COMITE DE A.P.R. LOS OLMOS-TALHUEIN-STA. ANA	20,00	6307,90	AP	16,00	1882,96	6180913	283384	P-REG			
150	ND-0602-2396	05-08-2004	VINA CONO SUR S.A.	100,00	607,90	R	20,00	1902,95	6185882	272831	P-REG			
151	ND-0602-2390	09-08-2004	AGR SANTA MARIA DE PUGUILLAY LTDA	110,00	6617,90	R	22,00	1924,96	6181424	271902	P-REG			
152	ND-0602-2320	28-08-2004	INV EL MANZANO LTDA	50,00	6567,90	R	10,00	1934,95	6174574	285236	P-REG			
153	ND-0602-2320	28-08-2004	INV EL MANZANO LTDA	50,00	6617,90	R	10,00	1944,95	6175045	285754	P-REG			
154	ND-0602-2321	30-08-2004	INV EL MANZANO LTDA	50,00	6667,90	R	10,00	1954,95	6174793	286822	P-REG			
155	ND-0602-2326	03-09-2004	VICUÑA GARCIA HUIDOBRO Y CIA LTDA	95,00	6762,90	R	19,00	1973,95	6179515	286309	P-REG			
156	NR-0603-2010	15-09-2004	AGR Y VIÑEDOS TIERRUCA S.A.	26,30	6791,20	R	5,66	1978,61	6199364	295417	P-REG			
157	ND-0601-2303	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	8,00	6795,20	R	1,60	1981,21	6182179	288261	P-REG			
158	ND-0601-2304	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	77,00	6876,20	R	16,40	1986,61	6194316	277274	P-REG			
159	ND-0601-2305	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	84,00	6960,20	R	16,80	2013,41	6194600	277548	P-REG			
160	ND-0601-2306	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7040,20	R	16,00	2029,41	6181622	281809	P-REG			
161	ND-0601-2307	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7120,20	R	16,00	2045,41	6195429	277401	P-REG			
162	ND-0601-2308	20-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7170,20	R	16,00	2055,41	6197421	278197	P-REG			
163	ND-0601-2310	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,00	7177,20	R	1,40	2056,81	6191587	284469	P-REG			
164	ND-0601-2312	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,82	7179,02	R	0,36	2057,17	6183203	288570	P-REG			
165	ND-0601-2313	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	3,00	7182,02	R	0,60	2057,77	6183238	288620	P-REG			
166	ND-0601-2314	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,70	7183,72	R	0,34	2058,11	6183274	288361	P-REG			
167	ND-0601-2316	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,00	7190,72	R	1,40	2059,61	6197846	276271	P-REG			
168	ND-0601-2316	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	5,00	7195,72	R	1,00	2060,51	6194768	278056	P-REG			
169	ND-0601-2317	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,80	7197,62	R	0,36	2060,87	6193199	282208	P-REG			
170	ND-0601-2318	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	3,00	7200,62	R	0,60	2061,47	6191593	282985	P-REG			
171	ND-0601-2319	27-10-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	4,00	7204,62	R	0,80	2062,27	6190902	282875	P-REG			
172	ND-0601-2322	08-11-2004	COMITE DE A.P.R. SANTA ANELIA	22,00	7226,62	AP	16,50	2078,77	6186543	290607	P-REG			
173	ND-0601-2329	19-11-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7306,62	R	16,00	2094,77	6185319	281422	P-REG			
174	ND-0602-2340	19-11-2004	MARIA BERRAZURIZ EYZAGUIRRE	10,00	7316,62	R	2,00	2096,77	6178269	278944	P-REG			
175	ND-0601-2334	30-11-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7396,62	R	16,00	2112,77	6197462	277352	P-REG			
176	ND-0601-2336	30-11-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	80,00	7446,62	R	16,00	2122,77	6186706	281416	P-REG			
177	ND-0601-2336	30-11-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	15,00	7461,62	R	3,00	2125,77	6186146	283629	P-REG			
178	ND-0601-2338	30-11-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	18,00	7479,62	R	3,60	2129,37	6194111	281660	P-REG			
179	ND-0602-2345	10-12-2004	AGR SAN PABLO LTDA	70,00	7549,62	R	14,00	2143,37	6183584	283300	P-REG			
180	ND-0601-2343	22-12-2004	JUAN LYON Y CIA	9,70	7559,22	R	1,94	2145,31	6191908	283185	P-REG			
181	ND-0601-2344	22-12-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,86	7561,07	R	0,37	2145,66	6183612	288810	P-REG			
182	ND-0601-2344	22-12-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,50	7568,57	R	1,50	2147,18	6197911	278469	P-REG			
183	ND-0601-2344	23-12-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	20,00	7668,67	R	4,00	2181,18	6197761	278402	P-REG			
184	ND-0601-2344	23-12-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	3,70	7552,27	R	0,74	2151,92	6191289	283088	P-REG			
185	ND-0601-2344	23-12-2004	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,30	7699,67	R	1,46	2163,38	6196127	278358	P-REG			
186	ND-0602-2352	22-12-2004	VIU MANET Y COMPAÑIA LTDA	95,00	7694,67	R	19,00	2172,38	6180523	272815	P-REG			
187	ND-0601-2346	08-01-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,70	7696,27	R	0,34	2172,72	6182273	288361	P-REG			
188	ND-0603-2343	17-01-2005	JUAN FERNANDEZ PADILLA	10,50	7706,77	R	2,10	2174,62	6210075	266637	P-REG			
189	ND-0601-2358	17-02-2005	AGR LASCAR S.A.	18,00	7724,77	R	3,60	2178,42	6192466	278916	P-REG			
190	ND-0601-2360	21-02-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	1,86	7726,62	R	0,37	2178,79	6183612	288810	P-REG			
191	ND-0601-2360	21-02-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,50	7734,12	R	1,50	2180,29	6197911	278469	P-REG			
192	ND-0601-2360	21-02-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	20,00	7754,12	R	4,00	2184,29	6197761	278402	P-REG			
193	ND-0601-2360	21-02-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	3,70	7757,62	R	0,74	2185,03	6191289	283088	P-REG			
194	ND-0601-2360	21-02-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	7,30	7766,12	R	1,46	2186,49	6196127	278358	P-REG			
195	ND-0601-2361	21-02-2005	JUAN LYON Y CIA	9,70	7774,62	R	1,94	2188,43	6191908	283185	P-REG			
196	NR-0601-2057	01-03-2005	EUGENIO PIÑA LIZANA	28,00	7802,62	R	5,60	2194,03	6183793	274333	A			

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA INFERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Orlgado (l/s)	Caudal Nominal Acum. (l/s)	Uso	Uso Existentes y Previsible (l/s)	Uso Existentes y Previsible Acum. (l/s)	UTM Norte 68	UTM Este 68	sit. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
197	ND-8602-2373	07-03-2005	CARLOS LORCA SANDOVAL	31,00		7833,82	R	6,20	2200,23	6184570	280195	P-REG		
198	ND-8602-2375	24-03-2006	COMITE DE A.P.R. AGUA SANTA-SANTA RITA	15,00		7848,82	AP	9,00	2209,23	6173073	283892	P-REG		
199	ND-8602-2372	29-03-2005	CAROLINA COFRE CALDERON	18,60		7867,42	R	3,72	2212,95	6183285	273805	P-REG		
200	ND-8601-2370	24-06-2006	AGR SANTA LUCIA LTDA	23,00		7897,42	R	4,60	2217,55	6199749	277616	P-REG		
201	ND-8601-2378	07-07-2005	AGR SANTA LUCIA LTDA	21,00		7908,42	R	4,20	2221,75	6194916	277328	P-REG		

RIO TINGUIRICA, SECTOR TINGUIRICA SUPERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Ologrado (l/s)	Caudal Nominal Acum. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Acum. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	Sit. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
1	5-O-182	04-07-1980	RENATO SANCHEZ ERRAZURIZ Y OTROS	400,00	400,00	400,00	R	80,00	80,00	6171400	284600	A	1349	07-07-1980
2	5-O-182	04-07-1980	RENATO SANCHEZ ERRAZURIZ Y OTROS			400,00	R	0,00	80,00	6172000	284000	A	1349	07-07-1980
3	5-O-182	04-07-1980	RENATO SANCHEZ ERRAZURIZ Y OTROS			400,00	R	0,00	80,00	6172000	284600	A	1349	07-07-1980
4	M-9-86	09-04-1980	SENDOS PLACILLA (871)			400,00	AP	0,00	80,00	6168800	306831	A	390	27-09-1983
5	M-9-86	09-04-1980	SENDOS PLACILLA (870)	16,00	16,00	416,00	AP	12,00	92,00	6165817	306883	A	390	27-09-1983
6	M-9-86	09-04-1980	SENDOS MILLAHUE SAN JOSE DE APALTA	10,00	10,00	426,00	AP	7,50	99,50	6165800	292400	A	465	24-10-1983
7	M-9-79	23-07-1980	SENDOS CHEPICA	19,00	19,00	445,00	AP	14,25	113,75	6154298	292637	A	391	27-09-1983
8	M-9-82b	23-07-1980	SENDOS LA FINCA	15,00	15,00	480,00	AP	11,25	125,00	6171170	277639	A	553	18-11-1983
9	M-9-79b	23-07-1980	SENDOS SAN ANTONIO	14,00	14,00	474,00	AP	10,50	135,50	6162800	295400	A	494	02-11-1983
10	M-9-83	23-07-1980	SENDOS NANCAGUA			474,00	AP	0,00	135,50	6164100	295825	A	343	02-09-1983
11	M-9-83	23-07-1980	SENDOS NANCAGUA			484,00	AP	15,00	150,50	6164110	299776	A	343	02-09-1983
12	M-VI-9-40A	23-07-1980	ESSEL RINCÓNADA DE JAUREGUI	19,00	19,00	513,00	AP	14,25	164,75	6150000	292000	A	525	10-11-1983
13	M-VI-9-43	23-07-1980	SENDOS SANTA CRUZ (1076)			513,00	AP	0,00	164,75	6168726	284900	A	287	28-07-1983
14	M-VI-9-43	23-07-1980	SENDOS SANTA CRUZ (1071)			513,00	AP	0,00	164,75	6165750	284900	A	257	28-07-1983
15	M-VI-9-43	23-07-1980	SENDOS SANTA CRUZ (1072)			513,00	AP	0,00	164,75	6165700	284850	A	257	28-07-1983
16	M-VI-9-43	23-07-1980	SENDOS SANTA CRUZ (254)	114,00	114,00	627,00	AP	85,50	250,25	6165800	284850	A	257	28-07-1983
17	M-VI-9-44A	23-07-1980	SENDOS PUQUILLAY BAJO	20,00	20,00	647,00	AP	15,00	265,25	6160300	298600	A	496	02-11-1983
18	M-VI-9-45B	23-07-1980	SENDOS LO MOSCOSO	4,15	4,15	651,15	AP	3,11	268,36	6170000	307500	A	620	20-12-1983
19	M-VI-9-73	23-07-1980	GLADYS URZUA Y OTRO	98,00	98,00	749,15	R	19,60	287,96	6155600	291600	A	144	19-03-1987
20	ND-0602-90	20-06-1988	LUIS EDUARDO MERY	40,00	40,00	789,15	R	8,00	296,96	6160800	300426	A	419	04-11-1988
21	ND-0602-94	12-07-1988	IVES CARDOEN DEL REAL	130,00	130,00	919,15	R	26,00	321,96	6159300	293750	A	444	01-12-1988
22	ND-0602-202	16-03-1990	AGUSTIN VALENZUELA FIERRO	60,00	60,00	979,15	R	12,00	333,96	6162000	284000	A	420	10-03-1990
23	ND-0602-203	16-03-1990	PATRICIO VALENZUELA FIERRO	18,00	18,00	997,15	R	3,60	337,56	6161600	288300	A	635	03-12-1990
24	NR-0602-434	08-04-1994	FISCO - DIRECCION DE RIEGO	10,00	10,00	1007,15	AP	7,50	345,06	6164910	288056	A	231	08-09-1994
25	ND-0602-717	02-01-1997	COMERCIAL SANTA LAURA S.A.	36,00	36,00	1043,15	R	7,20	352,26	6165280	282840	A	610	03-09-1997
26	ND-0602-753	18-04-1997	SEVICIO BOTO REVECO	49,00	49,00	1092,15	R	9,80	362,06	6164820	286915	A	545	02-06-1998
27	ND-0602-799	16-06-1997	MARIA PARADA A.	52,00	52,00	1144,15	R	10,40	372,46	6168410	311626	A	918	01-10-1998
28	ND-0602-821	19-08-1997	AGR Y FORESTAL LAS CASAS DEL CARMEN S.A.	60,00	60,00	1204,15	R	12,00	384,46	6160000	296450	A	35	31-01-2003
29	ND-0602-914	09-01-1998	COOP DE A.P.R. QUINAHUE LTDA	40,00	40,00	1244,15	AP	24,00	408,46	6168363	287749	A	8	24-03-2000
30	ND-0602-995	17-05-1998	ESSEL S.A.	30,00	30,00	1266,15	AP	22,50	430,96	6154340	292600	A	50	20-10-2000
31	ND-0602-1036	02-09-1998	SOC AGR SAN JOSE DE PERALILLO S.A.	16,00	16,00	1282,15	R	3,20	434,16	6169350	279400	A	11	24-03-2000
32	ND-0602-1106	04-11-1998	SUCESION SERGIO FARIAS ROJAS	63,00	63,00	1313,65	R	6,30	440,46	6167725	281756	A	103	11-11-2003
33	ND-0602-1110	20-11-1998	AGR Y GANADERA SANTA SOFIA LTDA	43,00	43,00	1356,65	R	8,60	449,06	6157613	289761	A	4	07-02-2000
34	ND-0602-1111	20-11-1998	AGR Y GANADERA SANTA SOFIA LTDA	45,00	45,00	1401,65	R	9,00	458,06	6161967	288720	A	5	07-02-2000
35	ND-0602-1178	15-01-1999	LUIS CRESPO URETA	80,00	80,00	1457,65	R	11,20	469,26	6153030	298210	A	18	29-01-2004
36	ND-0602-1181	20-01-1999	SOC AGR SAN ALFONSO LTDA	26,00	26,00	1484,65	R	1,40	470,66	6162700	307270	A	16	08-08-2000
37	ND-0602-1211	11-02-1999	RAMON RENCORRET MUÑOZ	48,00	48,00	1506,65	R	8,40	479,06	6164940	305720	A	16	05-05-2000
38	ND-0602-1211	11-02-1999	RAMON RENCORRET MUÑOZ	48,00	48,00	1554,65	R	9,60	488,66	6163506	298831	A	62	24-06-2002
39	ND-0602-1213	11-02-1999	RAMON RENCORRET MUÑOZ	49,00	49,00	1603,65	R	9,80	498,46	6163596	300142	A	51	24-06-2002
40	ND-0602-1249	06-04-1999	MAXIMO ULLOA MORENO	72,00	72,00	1675,65	R	14,40	512,86	6159529	291070	A	545	06-09-2000
41	ND-0602-1278	06-04-1999	IVES CARDOEN DEL REAL	90,00	90,00	1765,65	R	18,00	530,86	6159184	293865	A	511	28-08-2000
42	ND-0602-1300	31-05-1999	TERESA GIGLIO FERNANDEZ Y OTRO	8,50	8,50	1774,15	R	1,70	532,56	6161365	285500	A	6	12-02-2001
43	ND-0602-1303	11-06-1999	SOC DE INV Y SERVICIOS APALTA LTDA	45,00	45,00	1819,15	R	9,00	541,56	6166321	281767	A	16	18-03-2002
44	ND-0602-1325	06-07-1999	MARIANA PRIETO PIZARRO	22,00	22,00	1841,15	R	4,40	545,96	6165417	281012	A	18	05-05-2000
45	ND-0602-1438	09-11-1999	CAROL URZUA URZUA	63,00	63,00	1904,15	R	12,60	568,56	6164368	296641	A	229	19-03-2002
46	ND-0602-1438	09-11-1999	CAROL URZUA URZUA	54,00	54,00	1958,15	R	10,80	569,36	6157000	293947	A	243	19-03-2002
47	ND-0602-1444	26-11-1999	AGR EL CARDAL DE CHMEDIHUE LTDA	40,00	40,00	1998,15	R	8,00	577,36	6162750	284462	A	136	08-02-2002
48	ND-0602-1455	07-12-1999	JUAN ARBEA CELSI	30,00	30,00	2028,15	R	6,00	583,36	6151509	282160	A	15	02-05-2001
49	ND-0602-1475	05-01-2000	HERNAN DONOSO FERRADA	21,00	21,00	2049,15	R	4,20	587,56	6150647	279612	A	8	19-01-2002

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA SUPERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Acom. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Acom. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	sr. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
50	ND-0602-1487	28-01-2000	JORGE AZUA MUÑOZ	0,07	0,07	2049,22	R	0,01	587,57	6167760	293205	A	39	03-10-2000
51	ND-0602-1488	09-03-2000	LUIS CARREÑO BOTO	26,00	30,00	2069,22	R	4,00	891,87	6167100	309200	A	12	02-08-2001
52	ND-0602-1541	27-03-2000	JORGE PODLECH JARPA	18,00	18,00	2087,22	R	3,60	595,17	6168393	281119	A	17	08-05-2001
53	ND-0602-1631	22-06-2000	CARLOS NUÑEZ JARA	19,80	19,80	2107,62	R	3,96	899,13	6168204	313168	A	3	18-01-2002
54	ND-0602-1625	24-05-2000	CATALINA MERCANDINO V.	12,00	12,00	2119,02	R	2,40	501,53	6167181	311237	A	26	22-06-2001
55	ND-0602-1626	24-05-2000	CATALINA MERCANDINO V.	10,00	10,00	2129,02	R	2,00	603,53	6168821	312826	A	27	22-06-2001
56	ND-0602-1692	06-10-2000	VÍÑA EL CARMEN S.A.	46,00	26,00	2155,02	R	5,20	608,73	6169002	290506	A	13	18-03-2002
57	ND-0602-2009	24-10-2000	PAULO RICHASSE URZUA	78,00	78,00	2233,02	R	15,60	824,33	6151369	291790	A	346	23-07-2003
58	ND-0602-2030	23-11-2000	AGR RAMIRANA LTDA	30,00	30,00	2263,02	R	6,00	630,33	6156079	293747	A	30	22-05-2001
59	ND-0602-2031	30-11-2000	JOSE MORENO CARREÑO	21,00	21,00	2284,02	R	4,20	634,33	6163460	280490	A	55	08-07-2002
60	ND-0602-2032	30-11-2000	JOSE MORENO CARREÑO	130,00	130,00	2414,02	R	26,00	660,33	6163960	282940	A	994	18-11-2002
61	ND-0602-2033	01-12-2000	VITVINICOLA LA POSADA LTDA	11,50	11,50	2425,52	I	11,50	672,03	6156900	282900	A	144	09-12-2002
62	ND-0602-2011	21-12-2000	JUAN ARRIEA CEBEL	30,00	30,00	2466,82	R	6,00	878,03	6160484	282727	A	118	18-11-2002
63	ND-0602-2036	11-01-2001	AGR EL CASERIO LTDA	85,00	85,00	2540,52	R	17,00	695,03	6159380	291780	A	42	26-01-2002
64	ND-0602-2041	20-03-2001	AGROPLAN S.A.	99,00	99,00	2639,52	R	19,80	714,83	6155035	297659	A	906	23-10-2002
65	ND-0602-2046	13-03-2001	SOC AGR CORREA E HIJOS LTDA	11,70	11,70	2661,22	R	2,34	717,17	6166460	314160	A	40	06-05-2003
66	ND-0602-2055	15-03-2001	JUAN CRESPO URETA	15,00	12,00	2663,22	R	2,40	719,87	6152000	279650	A	145	09-12-2002
67	ND-0602-2050	04-04-2001	COMITÉ DE A.P.R. SAN LUIS	20,00	15,00	2678,22	AP	11,25	730,82	6168110	310513	A	68	13-08-2002
68	ND-0602-2053	10-05-2001	MARIO GUZMAN OBBA	9,80	9,80	2688,02	R	1,96	732,78	6155955	298837	A	81	13-08-2002
69	ND-0602-2070	07-06-2001	YVES CARDOEN BALORICH	86,00	86,00	2774,02	R	17,20	749,98	6164862	296119	A	898	30-10-2003
70	ND-0602-2073	07-06-2001	SOC AGR HARRAS Y ESCOCIA LTDA	18,00	18,00	2792,02	R	3,60	753,58	6166793	279711	A	114	15-11-2002
71	ND-0602-2078	22-06-2001	SUCESION AGUILER CARDUEN DECORINE	90,00	90,00	2882,02	R	18,00	771,68	6168620	280996	A	444	01-09-2003
72	ND-0602-2084	16-08-2001	OSVALDO ROJAS FARIAS	50,00	50,00	2932,02	R	10,00	781,58	6161966	280573	A	15	18-03-2002
73	ND-0602-2083	23-08-2001	ESBEL S.A.	45,00	45,00	2977,02	AP	33,75	815,33	6164169	299842	A	44	06-05-2003
74	ND-0602-2085	24-08-2001	AGR AGUA VIVA LTDA	25,00	25,00	3002,02	R	5,00	820,33	6166780	280404	A	10	20-01-2004
75	ND-0602-2090	07-09-2001	MONTEB S.A.	10,80	10,80	3012,82	R	2,16	822,49	6167685	291488	A	87	28-08-2002
76	ND-0602-2092	24-09-2001	MARIA VARGAS MUÑOZ	26,00	26,00	3038,82	R	5,20	827,69	6162484	294469	A	20	26-03-2002
77	ND-0602-2095	22-11-2001	COMITÉ DE A.P.R. MILLAHUE Y SAN JOSE DE APALTA	10,00	3,00	3041,82	AP	2,25	829,94	6165900	292350	A	91	14-10-2002
78	ND-0602-2126	14-09-2002	CASA LAPOSTOLLE S.A.	60,00	60,00	3101,82	R	12,00	841,94	6168411	282672	A	839	13-10-2003
79	ND-0602-2132	03-07-2002	SUCESION ADOLFO ESPINOZA RIVEROS	65,00	65,00	3166,82	R	13,00	854,94	6160172	299726	A	400	14-08-2002
80	ND-0602-2140	24-07-2002	GLODOMIRO MORENO CARREÑO	49,00	49,00	3216,82	R	9,80	864,74	6159970	283420	A	52	11-07-2003
81	ND-0602-2143	01-08-2002	VÍÑA Y BODEGA ESTAMPA S.A.	46,00	46,00	3260,82	R	9,00	873,74	6171521	282096	A	120	18-11-2002
82	ND-0602-2158	13-09-2002	COMUNIDAD CRESPO FIGANCO	43,00	43,00	3303,82	R	8,60	882,34	6156811	295115	A	66	13-08-2003
83	ND-0602-2155	09-10-2002	INELDA GONZALEZ MUÑOZ	30,00	30,00	3333,82	R	6,00	888,34	6163965	290258	A	65	13-08-2003
84	ND-0602-2157	17-10-2002	GONZALO CORREA RAAB	9,00	9,00	3342,82	R	1,80	890,14	6161441	280304	A	59	14-07-2003
85	ND-0602-2162	20-12-2002	MARIA REVESCO MORENO	80,00	80,00	3422,82	R	16,00	906,14	6169990	286148	A	860	16-10-2003
86	ND-0602-2170	23-01-2003	FRUITCOLA NACIONAL S.A.	29,00	29,00	3451,82	R	5,80	911,94	6159744	298703	R	322	28-10-2003
87	ND-0602-2187	10-04-2003	JUAN ARRIEA CEBEL	36,00	36,00	3487,82	R	7,20	919,14	6160986	282381	A	94	06-11-2003
88	ND-0602-2189	21-04-2003	LUIS EDWARDS MERY	81,00	81,00	3568,82	R	16,20	935,34	6160564	300487	A	260	05-07-2004
89	ND-0602-2193	08-05-2003	JORGE DACARET BULLUS	20,00	20,00	3668,82	R	4,00	939,34	6149513	289174	A	92	06-11-2003
90	ND-0602-2197	07-07-2003	SOC AGR SANTA MARIA DE PUQUILLAY LTDA	15,00	15,00	3603,82	R	3,00	942,34	6159261	297814	A	17	22-03-2004
91	ND-0602-2197	07-07-2003	SOC AGR SANTA MARIA DE PUQUILLAY LTDA	35,00	35,00	3638,82	R	7,00	948,34	6159569	298804	A	17	22-03-2004
92	ND-0602-2206	01-06-2003	MONTEB S.A.	30,00	30,00	3668,82	R	6,00	956,34	6167237	291562	A	121	11-12-2003
93	ND-0602-2208	01-06-2003	SOC AGR CERRO VERDE LTDA	90,00	46,00	3644,82	R	9,20	964,54	6161800	296800	A	36	31-03-2004
94	ND-0602-2226	22-09-2003	MARCELO SCHLACK MUJICA	3,00	3,00	3717,82	R	0,60	966,14	6168460	296326	A	62	27-08-2004
95	ND-0602-2214	27-05-2003	SOC AGR SAN JOSE DE APALTA LTDA	5,00	5,00	3722,82	R	1,00	966,14	6166205	292686	A	23	26-03-2004
96	ND-0602-2210	01-09-2003	COMITÉ DE A.P.R. LA TUNA	16,00	16,00	3738,82	AP	12,00	978,14	6168442	311612	A	26	26-03-2004
97	ND-0602-2216	15-09-2003	COMITÉ DE A.P.R. PAREDONES DE AUGINCO	22,00	22,00	3760,82	AP	16,50	994,64	6150080	302010	A	70	03-09-2004
98	ND-0602-2220	30-09-2003	SOC AGR CASAGRANDE LTDA	67,50	67,50	3828,32	R	13,50	1006,14	6161651	297980	A	90	10-12-2004

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR TINGUIRIRICA SUPERIOR

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Asum. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Asum. (l/s)	UTM Norte 56	UTM Este 56	Alt. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
99	ND-0602-2222	30-09-2003	VÍÑA BIGUERTT LTDA	77,00	77,00	3905,32	R	15,40	1023,54	6161624	285041	A	97	14-12-2004
100	ND-0602-2227	09-10-2003	RAMON DONOSO MUÑOZ	20,00	20,00	3925,32	R	4,00	1027,54	6161660	286814	A	82	16-07-2004
101	ND-0602-2230	31-10-2003	COOP DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE SAN JOSE DE CUINACO LTDA	24,00	24,00	3949,32	AP	18,00	1045,54	6163509	290757	A	68	03-09-2004
102	ND-0602-2237	12-12-2003	COMITÉ DE A.P.R. ISLA DEL GUINDO.-	6,50	6,50	3986,82	AP	4,88	1060,42	6162118	287233	P-REG		
103	ND-0602-2237	12-12-2003	COMITÉ DE A.P.R. ISLA DEL GUINDO.-	20,00	20,00	3975,82	AP	15,00	1065,42	6162497	285017	P-REG		
104	ND-0602-2239	02-01-2004	MAX VAN SINT JAN FABRY	18,00	18,00	3993,82	R	3,80	1065,02	6166497	300253	P-REG		
105	ND-0602-2242	08-01-2004	SOC AGR LOS MAGUIS S.A.	40,00	40,00	4033,82	R	8,00	1077,02	6171950	282520	P-REG		
106	ND-0602-2263	14-01-2004	JULIO BESCAIN WERTH	78,00	78,00	4111,82	R	15,60	1093,62	6161542	288930	P-REG		
107	ND-0602-2243	15-01-2004	AGR IZQUIERDO SAA LTDA	4,80	4,80	4116,62	R	0,96	1093,68	6163239	301928	P-REG		
108	ND-0602-2245	15-01-2004	VIU MANNET Y CIA LTDA	94,00	94,00	4210,62	R	18,80	1112,38	6163510	285664	P-REG		
109	ND-0602-2244	23-01-2004	SOC AGR Y COMERCIAL BOVICAR LTDA Y OTROS	33,00	33,00	4243,62	R	6,60	1118,98	6167360	282614	P-REG		
110	ND-0602-2247	10-02-2004	SOC COPEVAL AGROINDUSTRIAS S.A.	5,00	5,00	4248,62	I	5,00	1123,98	6163228	296922	P-REG		
111	ND-0602-2264	27-02-2004	COMITÉ DE A.P.R. YAQUIL	5,50	5,50	4264,12	AP	4,13	1128,11	6166430	301736	P-REG		
112	ND-0602-2256	04-03-2004	INV CARDOSO S.A.	36,50	36,50	4250,62	R	7,30	1135,41	6171301	277562	P-REG		
113	ND-0602-2264	22-03-2004	JOSE MORENO CARREÑO	46,00	46,00	4336,62	R	9,20	1144,61	6160435	285260	P-REG		
114	ND-0602-2265	22-03-2004	SOC AGR Y GANADERA EL ALMENDRAL LTDA	10,00	10,00	4346,62	R	2,00	1146,61	6151029	283595	P-REG		
115	ND-0602-2260	02-04-2004	RAFAEL GAETE DIAZ	48,00	48,00	4391,62	R	9,60	1155,61	6154835	293845	P-REG		
116	ND-0602-2285	18-06-2004	COMITÉ DE A.P.R. CALLEJONES-LA GLORIA	20,00	20,00	4411,62	AP	15,00	1170,61	6165095	302419	P-REG		
117	ND-0602-2299	28-07-2004	RAMON RENCORET MUÑOZ	53,50	53,50	4465,22	R	10,72	1181,33	6162002	295565	P-REG		
118	ND-0602-2298	04-08-2004	MANUEL ALVAREZ OBAID	90,00	90,00	4666,22	R	18,00	1199,33	6167018	297399	P-REG		
119	ND-0602-2305	18-08-2004	SOC AGR LAS TRES MARIA LTDA	20,00	20,00	4575,22	R	4,00	1203,33	6162379	293917	P-REG		
120	ND-0602-2331	18-09-2004	FRUTICOLA NACIONAL S.A.	66,00	66,00	4631,22	R	11,20	1214,63	6169744	296703	P-REG		
121	ND-0602-2327	22-09-2004	SOC AGR Y GANADERA EL ALMENDRAL LTDA	50,00	50,00	4681,22	R	10,00	1224,63	6150915	285159	P-REG		
122	ND-0602-2317	27-09-2004	SONZALO CORREA RAAB	10,80	10,80	4692,02	R	2,16	1226,69	6161245	280823	P-REG		
123	ND-0602-2332	29-10-2004	COMITÉ DE A.P.R. RINCONADA DE MANANTIALES	12,00	12,00	4704,02	AP	9,00	1236,69	6167078	313668	P-REG		
124	ND-0602-2343	22-11-2004	ELIZABETH LEIVA JIMENEZ	14,00	14,00	4718,02	R	2,80	1238,49	6151635	287364	P-REG		
125	ND-0602-2341	10-12-2004	SOC AGR Y VITIVINICOLA MILLAHUE DE APALTA LTDA	61,10	61,10	4778,12	R	12,22	1260,71	6168689	276266	P-REG		
126	ND-0602-2346	13-12-2004	SUBESION OCTAVIO REVECO ESCOBAR	69,00	69,00	4848,12	R	13,80	1264,51	6159344	287739	P-REG		
127	ND-0602-2347	13-12-2004	LUIS VIDAL AMAYA	2,64	2,64	4860,76	R	0,89	1266,04	6172218	272470	P-REG		
128	ND-0602-2347	13-12-2004	LUIS VIDAL AMAYA	2,81	2,81	4863,57	R	0,56	1265,60	6172212	272442	P-REG		
129	ND-0602-2342	22-12-2004	VIU MANNET Y CIA LTDA	10,44	10,44	4864,01	R	2,09	1267,69	6163830	286850	P-REG		
130	ND-0602-2366	24-01-2005	PAULO RICHASSE URZUA	14,00	14,00	4878,01	R	2,80	1270,49	6162444	291567	P-REG		
131	ND-0602-2362	22-02-2005	COMITÉ DE A.P.R. GUINDO ALTO-EL BOLDAL	24,00	24,00	4902,01	AP	18,00	1286,49	6161840	285125	P-REG		
132	NR-0602-2065	04-03-2005	SERGIO SCHLACK HARNECKER	70,00	70,00	4972,01	R	14,00	1302,49	6168963	297568	P-REG		
133	NR-0602-2055	04-03-2005	SERGIO SCHLACK HARNECKER	61,00	61,00	5033,01	R	12,20	1314,69	6158321	297179	P-REG		
134	ND-0602-2376	07-03-2005	MARIA LOPEZ EYQUEM	72,00	72,00	5105,01	R	14,40	1328,09	6162438	296166	P-REG		
135	ND-0602-2376	07-03-2005	MARIA LOPEZ EYQUEM	81,00	81,00	5166,01	R	16,20	1345,29	6162443	296094	P-REG		
136	ND-0602-2376	07-03-2005	MARIA LOPEZ EYQUEM	82,00	82,00	5268,01	R	16,40	1361,69	6162318	296141	P-REG		
137	ND-0602-2376	07-03-2005	MARIA LOPEZ EYQUEM	86,00	86,00	5363,01	R	17,00	1376,69	6162349	296052	P-REG		
138	ND-0602-2374	23-03-2005	ADRIAN CARRILLO IBARRA	45,00	45,00	5388,01	R	9,00	1387,69	6158297	286348	P-REG		
139	ND-0602-2377	23-03-2005	ADELA GERON OTAROLA	46,00	46,00	5443,01	R	9,00	1396,69	6158541	286596	P-REG		

RIO TINGUIRICA, SECTOR SAN FERNANDO

N°	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Olorgado (l/s)	Caudal Nominal Acom. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (%)	Uso Existente y Previsible Acom. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Este 66	3d. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	M-9-84	23-07-1980	BENDOS SAN FERNANDO (800)	36,00	36,00	36,00	AP	27,00	27,00	6169826	319728	A	392	27-09-1983
2	M-9-84	23-07-1980	BENDOS SAN FERNANDO (406)	54,00	36,00	71,00	AP	26,26	83,26	6169888	319901	A	392	27-09-1983
3	M-VI-9-84A	23-07-1980	BENDOS SAN FERNANDO	50,00	50,00	121,00	AP	37,50	90,75	6169000	321900	A	611	19-12-1983
4	M-VI-9-84D	23-07-1980	BENDOS ANGOSTURA	20,00	20,00	141,00	AP	16,00	108,78	6177600	319860	A	614	19-12-1983
5	M-VI-9-84	07-09-1981	CIA CHILENA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS CHIPRODAL	25,00	25,00	166,00	I	25,00	130,75	6171500	319300	A	142	01-04-1982
6	M-VI-9-83	05-12-1983	CIA CHILENA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS CHIPRODAL	19,29	19,29	185,29	I	19,29	150,04	6170300	319300	A	120	10-04-1984
7	M-VI-9-78	29-10-1986	SOC AGR ANTILEN LTDA	9,00	9,00	184,29	R	1,80	151,84	6172300	319000	A	204	08-05-1987
8	ND-0602-123	25-10-1988	NESTLE CHILE S.A.	19,29	19,29	213,58	I	19,29	171,13	6170225	319250	A	254	30-05-1989
9	ND-0602-174	16-08-1989	CHILETABACOS S.A.	25,00	25,00	238,58	I	25,00	196,13	6175080	319900	A	169	02-03-1990
10	ND-0602-174	16-08-1989	CHILETABACOS S.A.	25,00	25,00	263,58	I	25,00	221,13	6175100	319700	A	169	02-03-1990
11	ND-0602-376	14-01-1993	AGR TINGUIELEN LTDA	25,00	40,00	303,58	R	8,00	238,13	6175860	323360	A	187	11-05-1994
12	ND-0601-397	19-07-1993	SOC INV LOS CIPRESSES LTDA	25,00	25,00	328,58	R	5,00	234,13	6182420	328150	A	519	22-09-1995
13	ND-0602-1197	08-02-1999	ESSEL S.A.	100,00	100,00	428,58	AP	78,00	309,13	6171380	316880	A	70	04-02-2000
14	NR-0601-133	11-02-1999	CORPORA ACONCAGUA S.A.	100,00	100,00	528,58	I	100,00	409,13	6169550	319700	A	105	05-04-1999
15	NR-0601-133	11-02-1999	CORPORA ACONCAGUA S.A.	100,00	100,00	628,58	I	100,00	509,13	6169560	319640	A	105	05-04-1999
16	NR-0601-133	11-02-1999	CORPORA ACONCAGUA S.A.	100,00	100,00	728,58	I	100,00	609,13	6169580	319650	A	105	05-04-1999
17	ND-0602-1234	08-03-1999	ESSEL S.A.	60,00	60,00	788,58	AP	48,00	654,13	6169903	319813	A	464	09-08-2000
18	ND-0602-1301	21-06-1999	ESSEL S.A.	50,00	50,00	838,58	AP	37,50	691,63	6169977	319780	A	316	16-05-2000
19	ND-0602-1301	21-06-1999	ESSEL S.A.	48,00	48,00	886,58	AP	36,00	727,63	6170047	319878	A	316	16-05-2000
20	ND-0602-1329	08-07-1999	ALBERTO DIEGEL DAVELSIENBERG	48,00	48,00	944,58	R	11,60	739,23	6172772	319603	A	496	28-08-2000
21	ND-0602-1345	15-07-1999	MARIA SILVA BOUCHON	20,00	20,00	964,58	R	4,00	743,23	6172652	321215	A	56	08-07-2002
22	ND-0602-1387	16-07-1999	AGR SANTO DOMINGO LTDA	20,00	20,00	984,58	R	4,00	747,23	6181718	328339	A	26	23-06-2001
23	ND-0602-1365	30-07-1999	AZUFRES LANDIA S.A.	5,40	4,60	989,18	R	0,92	746,16	6175274	320811	A	37	24-07-2001
24	ND-0602-1539	07-04-2000	MARIANA PRIETO PIZARRO	54,00	54,00	1043,18	R	10,80	758,95	6174013	319897	A	254	21-03-2002
25	ND-0602-1640	07-04-2000	MARIANA PRIETO PIZARRO	60,00	60,00	1103,18	R	12,00	770,95	6174383	318867	A	477	09-08-2001
26	ND-0602-1590	05-05-2000	CLARO LYON GERMAN	10,00	5,00	1108,18	R	1,00	771,95	6180878	326041	A	45	28-08-2001
27	ND-0602-1632	07-06-2000	SANTIAGO CORREA MUZARD	20,00	20,00	1128,18	R	4,00	776,95	6169000	323000	A	131	20-11-2002
28	ND-0602-2053	05-04-2001	JUGOS CONCENTRADOS S.A.	41,00	41,00	1169,18	R	8,20	784,15	6171219	319250	A	38	24-07-2001
29	ND-0601-2026	09-05-2001	AGR LOS CIPRESSES S.A.	38,00	34,00	1303,18	R	6,80	796,95	6182860	328700	A	67	13-08-2003
30	ND-0601-2026	09-05-2001	AGR LOS CIPRESSES S.A.	12,00	8,00	1211,18	R	1,60	792,55	6182100	328500	A	67	13-08-2003
31	ND-0602-2133	01-07-2002	JOSÉ RISHAMVI DUMSILLE	14,00	14,00	1225,18	R	2,80	796,35	6170657	320299	A	133	20-11-2002
32	ND-0602-2164	06-12-2002	SOC AGR AHINGALTA	13,00	13,00	1238,18	R	2,60	797,95	6175087	315215	A	64	14-07-2003
33	ND-0602-2165	06-12-2002	ENZO MADA MARVIBI	46,00	46,00	1284,18	R	9,20	807,15	6174486	324814	A	42	08-06-2003
34	ND-0602-2204	10-07-2003	CARTONES SAN FERNANDO S.A.	23,50	22,50	1306,68	I	22,50	829,65	6175500	321024	A	49	10-05-2004
35	ND-0602-2221	19-08-2003	COMITÉ DE A.P.R. UNION POLONIA	25,00	25,00	1331,68	AP	18,75	846,40	6175430	321623	A	69	03-09-2004
36	ND-0602-2213	08-09-2003	FRANCISCO BUSTOS LYNCH	21,00	21,00	1362,68	R	4,20	852,40	6173871	320369	A	24	26-03-2004
37	ND-0602-2215	29-09-2003	HOSPITAL DE SAN FERNANDO	16,00	16,00	1368,68	AP	12,00	864,00	6175550	317400	A	63	27-08-2004
38	ND-0602-2229	31-10-2003	SOC AGR LOS LINGUIES	47,00	47,00	1416,68	R	9,40	874,00	6176207	324090	A	81	26-11-2004
39	ND-0602-2232	17-11-2003	EDUARDO SAA ALVEAR	16,00	16,00	1431,68	R	3,20	877,20	6175311	324897	A	71	03-09-2004
40	ND-0602-2256	09-07-2004	INV MIRAMAR LTDA	8,00	8,00	1439,68	R	1,60	878,80	6168415	330050	P-REG		
41	ND-0602-2280	03-08-2004	CORPORACION DE DESARROLLO SOCIAL DEL SECTOR RURAL	11,10		1450,78	R	2,22	881,02	6168843	319221	P-REG		
42	ND-0602-2290	03-08-2004	CORPORACION DE DESARROLLO SOCIAL DEL SECTOR RURAL	7,30		1457,46	R	1,44	882,46	6168824	319907	P-REG		
43	ND-0602-2333	29-10-2004	COMITÉ DE A.P.R. SAN JOSE DE PEÑUELAS	9,00		1466,98	AP	6,75	889,21	6169908	314281	P-REG		
44	ND-0602-2336	23-11-2004	SOC MUÑOZ DROGUETT BORIS EDGARDO Y OTRA. Y OTROS	2,56		1469,94	R	0,59	889,80	6175232	316417	P-REG		

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR CHIMBARONGO

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (litro)	Caudal otorgado (litro)	Caudal Nominal Acom. (litro)	Uso	Uso Existente y Previsible (litro)	Uso Existente y Previsible Acom. (litro)	UTM Norte 66	UTM Este 66	3da. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
1	M-9-80b	23-07-1980	SENOS PEOR ES NADA	30,00	30,00	30,00	AP	22,50	22,50	6148471	313141	A	486	24-10-1983
2	M-9-80	23-07-1980	SENOS SAN ENRIQUE	26,00	26,00	26,00	AP	18,75	41,25	6164982	316836	A	484	31-10-1983
3	M-VI-2-41	23-07-1980	SENOS CHIMBARONGO	26,00	26,00	26,00	AP	15,75	60,75	6160907	315567	A	258	28-07-1983
4	M-VI-9-41B	23-07-1980	ESSEL PEOR ES NADA	30,00	30,00	111,00	AP	23,50	83,25	6148471	313141	A	466	24-10-1983
5	ND-0602-457	23-01-1995	SOC AGR BALSORDO LTDA	36,00	36,00	147,00	R	7,20	90,45	6158350	319550	A	455	18-08-1995
6	ND-0602-1160	07-01-1999	GERMAN RIESCO Y OTRA.	90,00	70,00	217,00	R	14,00	104,45	6154667	315102	A	246	08-06-2004
7	ND-0602-1199	09-02-1999	ESSEL S.A.	80,00	80,00	297,00	AP	60,00	164,45	6160995	316513	A	363	30-06-2000
8	ND-0602-1235	09-03-1999	JAVIER ARRATZIO LEYTON Y OTRO	80,00	80,00	377,00	R	16,00	180,45	6157900	314800	A	999	18-11-2002
9	ND-0602-1236	09-03-1999	JULIA GARCIA ROJO	35,00	35,00	412,00	R	7,00	187,45	6143916	317980	A	8	12-02-2001
10	ND-0602-1331	25-05-1999	JAMIE MANZUR MAILUF	48,00	48,00	460,00	R	9,60	197,05	6155300	313150	A	5	06-02-2001
11	ND-0602-1404	25-09-1999	SOC AGR SANTA XIMENA LTDA	22,00	18,00	478,00	R	3,60	206,66	6160869	314718	A	36	08-04-2002
12	ND-0602-1432	09-11-1999	MARIA DEL PEDREGAL SILVA	8,50	7,50	485,50	R	1,50	202,15	6159447	321629	A	46	20-10-2000
13	ND-0602-2008	23-10-2000	SUCESION GIOVANNI BIGNOTTI ROSGATI	31,00	31,00	616,90	R	6,20	208,36	6182000	316000	A	23	12-02-2001
14	ND-0602-2033	25-01-2001	SOC AGR CORREA E HIJOS LTDA	23,70	23,70	540,20	R	4,74	213,09	6158150	323350	A	54	08-07-2002
15	ND-0602-2034	25-01-2001	SOC AGR CORREA E HIJOS LTDA	20,00	20,00	580,20	R	4,00	217,09	6168010	321970	A	106	08-11-2002
16	ND-0602-2040	20-02-2001	SOC AGR ALTUE LTDA	35,00	35,00	595,20	R	7,00	224,09	6168000	321000	A	12	26-02-2003
17	ND-0602-2042	18-03-2001	MIGUEL DALUISO LANATA	15,30	15,30	610,50	AP	11,48	235,57	6152354	317708	A	34	19-05-2003
18	ND-0602-2051	05-04-2001	JORGE MUÑOZ MONTERO	16,00	16,00	626,50	R	3,20	238,77	6159570	316900	A	58	08-07-2002
19	ND-0602-2074	09-05-2001	VIÑA CONO SUR S.A.	39,00	35,00	651,50	R	7,00	245,77	6156650	313712	A	5	24-01-2003
20	ND-0602-2113	23-01-2002	SOC AGR LA PAZ DE CHIMBARONGO LTDA	62,00	62,00	713,60	R	10,40	286,17	6161240	316844	A	289	04-07-2003
21	ND-0602-2128	23-05-2002	EDUARDO GARCIA BARRISON	10,00	10,00	723,50	R	2,00	256,17	6152671	315969	A	95	06-11-2003
22	ND-0602-2176	07-03-2003	FUNDACION CHILENA DE CULTURA	33,00	33,00	766,50	R	6,60	264,77	6161699	317367	A	113	19-11-2003
23	ND-0602-2188	05-05-2003	COOP DE A.P.R. CUESTA LO GONZALEZ LTDA	32,00	32,00	788,50	AP	24,00	286,77	6163875	317063	A	114	19-11-2003
24	ND-0602-2203	09-07-2003	AGR EL BUEN PASTOR LTDA	3,00	3,00	791,50	R	0,60	289,37	6159248	325024	A	40	31-05-2004
25	ND-0602-2212	26-09-2003	COMERCIO E INV SAN JOSE S.A.	20,00	16,00	807,50	R	3,20	293,57	6162238	312360	A	39	31-05-2004
26	ND-0602-2233	03-12-2003	SOC LACTEOS TINGUIRIRICA LTDA	7,00	7,00	814,50	I	7,00	296,57	6160935	316471	P-REG		
27	ND-0602-2266	07-04-2004	VIÑA LA CANTERA S.A.	21,00	21,00	835,50	R	4,20	303,77	6160312	316297	P-REG		
28	ND-0602-2289	19-07-2004	EMILIO FERNANDEZ FERRERAS	14,00	14,00	849,50	R	2,80	306,57	6163259	317878	P-REG		
29	ND-0602-2306	20-08-2004	INMI CORTE ALTO S.A.	9,00	9,00	864,50	AP	3,76	310,32	6163869	326849	P-REG		
30	ND-0602-2304	23-08-2004	EMILIO FERNANDEZ FERRERAS	14,00	14,00	868,50	R	2,80	313,12	6163259	317878	P-REG		
31	ND-0602-2344	23-11-2004	CARLOS DONOSO OLIVARES	64,00	64,00	932,50	R	12,80	328,92	6152077	313210	P-REG		

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR EL MONTE

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Chargado (l/s)	Caudal Nominal Aum. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Aum. (l/s)	UTM Norda 66	UTM Este 66	3º. Actual	Nº Res.	Fecha Res.
1	ND-0602-1506	10-02-2000	AGR GAYBA S.A.	8,00	5,00	5,00	R	1,00	1,00	6176979	282965	A	29	08-04-2002
2	ND-0602-1678	25-08-2000	AGR E INV MONTEBLANCO S.A.	22,00	22,00	27,00	R	4,40	5,40	6176437	285903	A	411	30-04-2002
3	ND-0602-1678	25-08-2000	AGR E INV MONTEBLANCO S.A.	36,00	36,00	63,00	R	7,20	12,60	6175712	256648	A	411	30-04-2002
4	ND-0602-1678	25-08-2000	AGR E INV MONTEBLANCO S.A.	26,00	26,00	89,00	R	5,20	17,80	6176871	285168	A	411	30-04-2002
5	ND-0602-2091	08-11-2001	AGR GAYBA S.A.	11,00	8,00	97,00	R	1,60	19,40	6177465	263459	A	96	14-12-2004
6	ND-0602-2091	08-11-2001	AGR GAYBA S.A.	5,00	5,00	102,00	R	1,00	20,40	6177835	262968	A	96	14-12-2004
7	ND-0602-2091	08-11-2001	AGR GAYBA S.A.	15,00	14,50	116,50	R	2,90	33,30	6176778	263819	A	96	14-12-2004
8	ND-0602-2091	08-11-2001	AGR GAYBA S.A.	18,00	16,00	132,50	R	3,20	26,50	6177645	263163	A	96	14-12-2004
9	ND-0602-2178	27-03-2003	AGR GAYBA S.A.	2,00	1,30	133,80	R	0,26	26,76	6176294	263878	A	53	24-08-2004
10	ND-0602-2178	27-03-2003	AGR GAYBA S.A.	5,00	4,50	136,30	R	0,90	27,66	6176479	263967	A	53	24-08-2004
11	ND-0602-2199	27-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	6,90	6,90	144,90	R	1,30	28,96	6169964	262266	A	20	22-03-2004
12	ND-0602-2199	27-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	4,80	4,80	149,60	R	0,96	29,92	6169973	262030	A	20	22-03-2004
13	ND-0602-2198	30-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	3,90	3,60	163,10	R	0,70	30,62	6169884	261799	A	21	22-03-2004
14	ND-0602-2198	30-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	6,60	6,60	159,70	R	1,32	31,94	6170124	261434	A	21	22-03-2004
15	ND-0602-2198	30-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	3,20	3,20	162,90	R	0,64	32,68	6170496	261444	A	21	22-03-2004
16	ND-0602-2198	30-06-2003	INV LOS CULENES LTDA	7,30	7,30	170,20	R	1,46	34,04	6169748	261790	A	21	22-03-2004
17	ND-0602-2225	04-11-2003	SERVICIOS GEOSERVICE LTDA	14,00	14,00	184,20	R	2,80	36,84	6175347	256309	A	91	10-12-2004
18	ND-0602-2225	04-11-2003	SERVICIOS GEOSERVICE LTDA	17,00	17,00	201,20	R	3,40	40,24	6176864	256665	A	91	10-12-2004
19	ND-0602-2225	04-11-2003	SERVICIOS GEOSERVICE LTDA	22,00	22,00	223,20	R	4,40	44,64	6176088	256675	A	91	10-12-2004
20	ND-0602-2276	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		283,20	R	6,00	60,64	6177307	286110	P-REG		
21	ND-0602-2277	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		283,20	R	6,00	56,64	6177460	254942	P-REG		
22	ND-0602-2278	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		313,20	R	6,00	62,64	6177690	264861	P-REG		
23	ND-0602-2279	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		343,20	R	6,00	68,64	6177136	255432	P-REG		
24	ND-0602-2280	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		373,20	R	6,00	74,64	6177649	254539	P-REG		
25	ND-0602-2281	09-06-2004	RAFAEL RIQUELME MADARIAGA	30,00		403,20	R	6,00	80,64	6177824	254372	P-REG		
26	ND-0602-2286	02-07-2004	INV LOS CULENES LTDA	6,00		409,20	R	1,20	81,64	6170075	261462	P-REG		
27	ND-0602-2287	02-07-2004	INV LOS CULENES LTDA	1,20		410,40	R	0,24	82,08	6170123	261668	P-REG		
28	ND-0602-2330	07-10-2004	AGR RINCON DE MOLINEROS LTDA	5,80		416,20	R	1,16	83,24	6175555	264360	P-REG		
29	ND-0602-2338	18-11-2004	L. MUNICIPALIDAD DE PIRAILLO	17,00		433,20	AP	13,76	96,99	6173988	260093	P-REG		
30	ND-0602-2350	22-12-2004	SERGIO SALGADO SEGURA	4,00		437,20	R	0,80	96,79	6177952	256151	P-REG		
31	ND-0602-2366	21-02-2005	SERGIO SALGADO SEGURA	4,00		441,20	R	0,80	97,59	6177952	256151	P-REG		
32	ND-0602-2368	28-02-2005	COMITE DE A.P.R. MOLINEROS-MATA REDONDA	4,96		446,15	AP	3,71	101,30	6176988	262220	P-REG		

RIO TINGUIRICA, SECTOR LAS CADENAS - YERBAS BUENAS

N°	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal Otorgado (l/s)	Caudal Nominal Acum. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible Acum. (l/s)	Uso Existente y Previsible (l/s)	UTM Norte 68	UTM Este 68	SH. Actual	N° Res.	Fecha Res.
1	M-9-98	09-04-1980	SENDOS MARCHIGUE	4,00	4,00	4,00	AP	3,00	3,00	6191000	256650	A	60	18-02-1984
2	ND-0603-1086	19-06-1998	JOSE CANEPA Y CIA LTDA	84,00	84,00	88,00	R	16,80	16,80	6190440	246080	A	387	11-07-2000
3	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	35,00	24,00	112,00	R	4,80	4,80	6192474	24994	A	538	13-10-2003
4	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	20,00	20,00	132,00	R	4,00	28,80	6192323	249097	A	538	13-10-2003
5	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	30,00	30,00	162,00	R	6,00	34,80	6192474	249666	A	538	13-10-2003
6	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	15,00	15,00	177,00	R	3,00	37,80	6192674	250294	A	538	13-10-2003
7	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	10,00	10,00	187,00	R	2,00	39,80	6191883	251161	A	538	13-10-2003
8	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	5,00	5,00	192,00	R	1,00	40,80	6192484	248762	A	538	13-10-2003
9	ND-0603-1101	17-06-1998	JUAN CASTILLO RUIZ-TAGLE	4,00	4,00	196,00	R	0,80	41,40	6192311	248804	A	538	13-10-2003
10	ND-0603-2105	29-05-2002	GONZALO IZQUIERDO MENENDEZ Y OTROS	2,90	2,90	198,90	R	0,58	41,98	6188507	248701	A	11	20-01-2004
11	ND-0603-2105	29-05-2002	GONZALO IZQUIERDO MENENDEZ Y OTROS	2,34	2,34	201,24	R	0,47	42,45	6188884	248990	A	11	20-01-2004
12	ND-0603-2105	29-05-2002	GONZALO IZQUIERDO MENENDEZ Y OTROS	2,56	2,56	203,80	R	0,51	42,96	6188394	248808	A	11	20-01-2004
13	ND-0603-2105	29-05-2002	GONZALO IZQUIERDO MENENDEZ Y OTROS	2,36	2,36	206,16	R	0,47	43,43	6188886	248367	A	11	20-01-2004
14	ND-0603-2193	19-02-2004	BERGIO ZUÑIGA PEREZ	1,00		207,15	R	0,20	43,63	6183075	254270	P-REG		
15	ND-0603-2191	07-05-2004	FERNANDO IZQUIERDO MENENDEZ	15,00		222,15	R	3,00	46,63	6190285	250405	P-REG		
16	ND-0603-2192	07-05-2004	AGR. EL ESCORIAL S.A.	25,00		247,15	R	5,00	51,63	6183130	252947	P-REG		
17	ND-0603-2210	03-06-2004	AGR. EL CARRIZAL S.A.	6,80		253,95	R	1,36	52,99	6186059	248647	P-REG		
18	ND-0603-2210	03-06-2004	AGR. EL CARRIZAL S.A.	7,20		261,15	R	1,44	54,43	6186100	248647	P-REG		
19	ND-0603-2210	03-06-2004	AGR. EL CARRIZAL S.A.	9,00		270,15	R	1,80	56,23	6185702	253010	P-REG		
20	ND-0603-2236	23-11-2004	JULIO PEREIRA LARRAIN	1,60		271,95	R	0,36	56,59	6196132	247728	P-REG		
21	ND-0603-2237	22-11-2004	JULIO PEREIRA LARRAIN	1,50		273,45	R	0,30	56,89	6196331	247893	P-REG		
22	ND-0603-2246	21-01-2005	BOC AGR. SANTA JOSEFINA LTDA	8,00		281,45	R	1,60	58,49	6190012	268894	P-REG		
23	ND-0603-2246	21-01-2005	JULIO PEREZ LEON	12,00		293,45	R	2,40	60,89	6189561	263813	P-REG		
24	ND-0603-2246	21-01-2005	JULIO PEREZ LEON	10,00		303,45	R	2,00	62,89	6189909	263498	P-REG		
25	ND-0603-2246	21-01-2005	JULIO PEREZ LEON	7,00		310,45	R	1,40	64,29	6189781	263291	P-REG		
26	ND-0603-2264	03-03-2006	CARLOS LORCA VARGAS Y OTROS	4,00		314,45	R	0,80	65,09	6189926	264362	P-REG		
27	ND-0603-2264	03-03-2006	CARLOS LORCA VARGAS Y OTROS	6,00		320,45	R	1,20	66,29	6190661	266478	P-REG		

RIO TINGUIRICA, SECTOR LAS CADENAS - MARCHIGUE

Nº	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal Solicitado (lit)	Caudal Otorgado (lit)	Caudal Nominal Acum. (lit)	Uso	Uso Existente y Previsible (lit)	Uso Existente y Previsible Acum. (lit)	UTM Norte 68	UTM Est 68	lit Actual	Nº Res.	Fecha Res.
1	M-9-87	23-07-1980	SENDOS POBLACION IP 601)	10,00	10,00	0,00	AP	0,00	0,00	6185461	265893	A	344	02-08-1983
2	M-9-87	23-07-1980	SENDOS POBLACION IP 600)	10,00	10,00	10,00	AP	7,50	7,50	6185462	265890	A	344	02-08-1983
3	ND-0603-207	07-02-1990	SOC COLECTIVA CIVIL RIEGO DE SANTA MARTA	34,00	34,00	44,00	R	6,60	14,30	6194961	259795	A	622	29-10-1990
4	ND-0603-207	07-02-1990	SOC COLECTIVA CIVIL RIEGO DE SANTA MARTA	75,00	75,00	119,00	R	15,00	29,30	6194963	259846	A	622	29-10-1990
5	ND-0603-207	26-03-1990	AGR SANTA MARTA DE MARCHIGUE S.A.	34,00	34,00	153,00	R	6,60	36,10	6195200	260000	A	622	29-10-1990
6	ND-0603-207	26-03-1990	AGR SANTA MARTA DE MARCHIGUE S.A.	75,00	75,00	228,00	R	15,00	51,10	6195200	260000	A	622	29-10-1990
7	ND-0602-452	03-10-1994	PAPELES CHILENOS S.A.	31,00	31,00	259,00	I	31,00	82,10	6187000	263000	A	249	14-06-1996
8	ND-0603-639	16-05-1996	SOC AGROFRUTICOLA TALHUEN DEL HUIQUE LTDA	31,00	12,00	271,00	R	2,40	84,50	6193940	262300	A	12	05-05-2000
9	ND-0603-639	16-05-1996	SOC AGROFRUTICOLA TALHUEN DEL HUIQUE LTDA	22,70	11,00	282,00	R	2,20	86,70	6193500	262400	A	12	05-05-2000
10	ND-0603-639	16-05-1996	SOC AGROFRUTICOLA TALHUEN DEL HUIQUE LTDA	26,00	19,00	301,00	R	3,60	90,90	6193300	263300	A	12	05-05-2000
11	ND-0602-695	05-12-1996	VIÑA LOS VASCOS S.A.	9,00	7,50	308,50	R	1,50	92,00	6181525	267325	A	10	24-03-2000
12	ND-0602-695	05-12-1996	VIÑA LOS VASCOS S.A.	13,00	13,00	321,50	R	2,60	94,60	6181325	266925	A	10	24-03-2000
13	ND-0602-931	09-02-1998	SOC EXPORTADORA E IMPORTADORA LATINOAMERICANA LTDA Y OTRC	33,75	33,75	355,25	R	6,75	101,35	6185756	268073	A	998	18-11-2002
14	ND-0602-931	09-02-1998	SOC EXPORTADORA E IMPORTADORA LATINOAMERICANA LTDA Y OTRC	33,75	33,75	389,00	R	6,75	108,10	6185756	268073	A	998	18-11-2002
15	ND-0603-985	08-04-1998	JOSIE CANEPIA Y CIA LTDA	17,00	14,00	403,00	R	2,60	110,90	6189670	268400	A	14	08-09-2000
16	ND-0603-986	08-04-1998	JOSIE CANEPIA Y CIA LTDA	18,00	18,00	421,00	R	3,60	114,50	6190650	268400	A	7	27-12-1999
17	ND-0602-1003	07-07-1998	ENRICO MICHELINI CASINI	41,00	41,00	462,00	R	6,20	122,70	6187117	268426	A	9	12-02-2001
18	ND-0602-1034	12-08-1998	AGR SANTA ANA S.A.	102,00	102,00	664,00	R	20,40	143,10	6186160	264460	A	262	12-08-2000
19	ND-0603-1038	04-09-1998	JOSIE CANEPIA Y CIA LTDA	84,00	84,00	618,00	R	10,80	153,90	6190200	264360	A	139	29-03-2001
20	ND-0602-1086	27-10-1998	ENRICO MICHELINI CASINI	90,00	90,00	708,00	R	18,00	171,90	6184903	268896	A	206	28-03-2001
21	ND-0602-1188	08-02-1999	ESSEL S.A.	40,00	40,00	748,00	AP	30,00	201,90	6185426	266860	A	8	27-12-1999
22	ND-0602-1010	11-01-2000	SOC AGR PAREDES VIEJAS S.A.	14,40	14,40	762,40	R	2,88	204,78	6187900	266000	A	1	07-02-2000
23	ND-0603-1479	24-01-2000	SOC INV CALBUCO OBRADORES MOLINA E HIJOS LT	5,00	5,00	767,40	R	1,00	205,78	6188850	261880	A	9	24-01-2000
24	ND-0602-1508	31-01-2000	AGR SANTA ANA S.A.	83,00	75,00	842,40	R	15,00	220,78	6189550	264630	A	638	20-11-2003
25	ND-0603-1528	08-03-2000	JOSIE HANIGSCH OVALLE	27,00	27,00	869,40	R	5,40	226,18	6193450	269650	A	141	09-12-2002
26	ND-0602-1646	18-07-2000	VIÑA LOS VASCOS S.A.	72,00	72,00	941,40	R	14,40	240,58	6183843	268302	A	99	01-04-2003
27	ND-0602-1684	23-10-2000	JUAN LLADGER PRADO	38,00	38,00	979,40	R	7,60	248,18	6186882	270453	A	260	19-06-2003
28	ND-0602-1684	23-10-2000	JUAN LLADGER PRADO	50,00	50,00	1029,40	R	10,00	258,18	6186416	270328	A	260	19-06-2003
29	ND-0602-2003	27-10-2000	VIÑA LOS VASCOS S.A. Y OTROS	31,00	31,00	1050,40	R	6,20	264,38	6182349	265534	A	63	15-07-2002
30	ND-0602-2003	27-10-2000	VIÑA LOS VASCOS S.A. Y OTROS	12,60	10,00	1070,40	R	2,00	266,38	6182175	265405	A	63	15-07-2002
31	ND-0603-2007	30-11-2000	VIÑA BISQUERTT LTDA	36,00	21,60	1092,00	R	4,32	270,70	6195667	257683	A	118	19-11-2003
32	ND-0603-2008	30-11-2000	VIÑA BISQUERTT LTDA	30,00	18,00	1110,00	R	3,60	274,30	6194765	257797	A	119	19-11-2003
33	ND-0603-2011	30-11-2000	MARTA MORALES REVECO Y OTRA	60,00	60,00	1170,00	R	12,00	286,30	6188450	262490	A	237	11-06-2003
34	ND-0602-2022	04-12-2000	VIÑA PERALILLO LTDA	95,00	95,00	1265,00	R	19,00	305,30	6188286	270931	A	211	08-10-2003
35	ND-0603-2025	20-12-2000	SOC AGR COMERCIAL Y DE TRANSPORTE ZABALA HMC	66,00	66,00	1331,00	R	13,20	318,50	6191776	267118	A	259	19-06-2003
36	ND-0603-2042	26-03-2001	SOC AGR EL ALMENDRO LTDA	14,00	14,00	1345,00	R	2,80	321,30	6194823	256894	A	55	14-07-2003
37	ND-0603-2047	11-05-2001	SOC AGR PAREDES VIEJAS S.A.	105,00	105,00	1460,00	R	21,00	342,30	6190623	268598	A	99	11-02-2002
38	ND-0603-2048	11-05-2001	INV PAREDES NUEVAS S.A.	80,00	80,00	1590,00	R	16,00	358,30	6188751	269033	A	67	28-01-2002
39	ND-0602-2076	14-06-2001	AGR SANTA ANA S.A.	54,00	54,00	1584,00	R	10,80	369,10	6187772	269320	A	246	11-06-2003
40	ND-0602-2071	20-06-2001	JUAN LLADGER PRADO	78,00	70,00	1664,00	R	14,00	383,10	6188660	270230	A	68	03-02-2003
41	ND-0602-2071	20-06-2001	JUAN LLADGER PRADO	70,00	63,00	1717,00	R	12,60	395,70	6188510	268466	A	68	03-02-2003
42	ND-0602-2077	04-07-2001	VIÑA LOS VASCOS S.A.	6,60	6,60	1722,60	R	1,10	396,80	6182811	266896	A	44	22-09-2002
43	ND-0603-2086	03-10-2001	JOSIE CANEPIA Y CIA LTDA	99,00	99,00	1821,60	R	19,80	416,60	6190770	268362	A	1008	19-11-2002
44	ND-0603-2089	03-10-2001	JOSIE CANEPIA Y CIA LTDA	99,00	99,00	1920,60	R	19,80	436,40	6190770	268362	A	727	31-07-2002
45	ND-0603-2074	28-10-2001	MONTE S.A.	27,00	22,00	1942,60	R	4,40	440,80	6196447	268620	A	86	28-08-2002
46	ND-0603-2088	21-01-2002	AGR HUJUELA LAS CAGAS S.A.	51,00	51,00	1993,50	R	10,20	451,00	6194150	269120	A	553	16-10-2003
47	ND-0603-2088	21-01-2002	AGR HUJUELA LAS CAGAS S.A.	52,00	52,00	2045,50	R	10,40	461,40	6194380	269120	A	553	16-10-2003
48	ND-0603-2088	21-01-2002	AGR HUJUELA LAS CAGAS S.A.	36,00	36,00	2081,50	R	7,20	468,60	6194550	269710	A	553	16-10-2003
49	ND-0603-2100	05-02-2002	FRANCISCO GARCOA MUÑOZ	19,00	19,00	2100,50	R	3,80	472,40	6193094	266726	A	113	18-11-2002
50	ND-0603-2099	15-02-2002	MONTE S.A.	26,00	26,00	2126,50	R	5,20	477,60	6196120	266306	A	84	28-08-2002

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR LAS CADENAS - MARCHIGUE

N°	Expediente	Fecha Ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (l/s)	Caudal otorgado (l/s)	Caudal Nominal Acom. (l/s)	Uso	Uso Existente y Previsible (l/s)	Uso Existente y Previsible Acom. (l/s)	UTM Norte 66	UTM Ecto 66	BIL Actual	N° Res.	Fecha Res.
51	ND-0603-2089	15-03-2002	MONTES S.A.	7,20	7,20	2133,70	R	1,44	479,04	6196760	256666	A	84	28-08-2002
52	ND-0603-2101	19-04-2002	MONTES S.A.	16,00	16,00	2149,70	R	3,20	482,24	6195772	256235	A	85	28-08-2002
53	ND-0603-2104	13-05-2002	SCC AGR FICHILEMU LTDA	36,00	36,00	2185,70	R	7,20	485,44	6195461	259420	A	597	30-10-2003
54	ND-0603-2104	13-05-2002	SCC AGR FICHILEMU LTDA	30,00	30,00	2215,70	R	6,00	495,44	6195018	259167	A	597	30-10-2003
55	ND-0603-2103	28-05-2002	MARIA VELIZ CASTILLO	28,50	28,50	2244,20	R	5,70	501,14	6192243	260061	A	22	26-03-2003
56	ND-0603-2102	31-05-2002	COMITE DE A.P.R. TRINIDAD LOS MAITENES	11,50	11,50	2255,70	AP	8,63	509,77	6194470	261516	A	4	24-01-2004
57	ND-0603-2108	15-07-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	40,00	40,00	2295,70	R	8,00	517,77	6193102	260356	A	392	06-08-2003
58	ND-0603-2108	15-07-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	44,00	44,00	2339,70	R	8,80	526,57	6193785	260811	A	392	06-08-2003
59	ND-0603-2108	15-07-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	35,00	35,00	2374,70	R	7,00	533,57	6193788	260086	A	392	06-08-2003
60	ND-0603-2108	15-07-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	29,00	29,00	2413,70	R	7,80	541,37	6194934	260739	A	392	06-08-2003
61	ND-0603-2113	03-10-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	40,00	40,00	2463,70	R	8,00	549,37	6194447	261264	A	382	06-08-2003
62	ND-0603-2113	03-10-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	95,00	95,00	2546,70	R	19,00	568,37	6194411	261036	A	382	06-08-2003
63	ND-0603-2113	03-10-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	58,00	58,00	2606,70	R	11,60	579,97	6194651	259121	A	382	06-08-2003
64	ND-0603-2114	03-10-2002	AGR SANTA MARTA II S.A.	86,00	77,00	2683,70	R	15,40	595,37	6196699	258806	A	443	01-09-2003
65	ND-0603-2119	13-11-2002	MONTES S.A.	30,00	30,00	2713,70	R	6,00	601,37	6194760	264400	A	12	20-01-2004
66	ND-0603-2120	27-12-2002	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	30,00	30,00	2743,70	R	6,00	607,37	6193664	260291	A	116	19-11-2003
67	ND-0603-2167	03-07-2003	SILVIA MICHELINI PRICE	18,00	18,00	2781,70	R	3,60	610,97	6186298	269380	A	97	18-11-2003
68	ND-0603-2169	03-07-2003	AGR DOÑA JAVIERA LTDA	9,00	9,00	2770,70	R	1,80	612,77	6186821	269164	A	6	20-01-2004
69	ND-0603-2171	29-07-2003	VIÑA LOS VASCOS S.A.	40,00	40,00	2810,70	R	8,00	620,77	6183684	268133	A	660	20-11-2003
70	ND-0603-2171	29-07-2003	VIÑA LOS VASCOS S.A.	90,00	90,00	2900,70	R	18,00	638,77	6183361	267974	A	660	20-11-2003
71	ND-0603-2173	29-07-2003	AGR SANTA ANA S.A.	60,00	60,00	2960,70	R	12,00	650,77	6187865	263535	A	283	20-07-2004
72	ND-0603-2173	29-07-2003	AGR SANTA ANA S.A.	48,00	48,00	3008,70	R	9,60	660,37	6187889	264137	A	283	20-07-2004
73	ND-0603-2177	05-02-2003	MONTES S.A.	32,00	32,00	3040,70	R	6,40	666,77	6193085	262412	A	80	15-09-2003
74	ND-0603-2122	20-03-2003	VIÑA BISQUERT LTDA	54,00	54,00	3084,70	R	10,80	677,57	6198818	268210	A	641	18-10-2003
75	ND-0603-2147	23-04-2003	PCOTES S.A.	2,00	2,00	3096,70	R	0,40	677,97	6188854	261779	A	111	19-11-2003
76	ND-0603-2149	05-06-2003	AGR LA VIÑA S.A.	19,80	19,80	3116,50	R	3,96	681,93	6196074	259040	A	16	22-03-2004
77	ND-0603-2196	17-06-2003	VIÑA LOS VASCOS S.A.	93,60	93,60	3210,10	R	18,72	700,65	6183516	268839	A	67	20-02-2004
78	ND-0603-2157	09-07-2003	SCC AGROFRUTICOLA TALHUIEN DEL HUIQUE LTDA	100,00	100,00	3310,10	R	20,00	720,65	6193085	262412	A	281	20-07-2004
79	ND-0603-2153	24-07-2003	AGR HUIJUELA LAS CASAS S.A.	35,00	35,00	3349,10	R	7,00	728,45	6193301	260033	A	5	20-01-2004
80	ND-0603-2153	24-07-2003	SCC AGR FICHILEMU LTDA	12,50	12,50	3361,60	R	2,50	730,95	6190551	259733	R	186	30-06-2003
81	ND-0603-2156	28-07-2003	MONTES S.A.	27,00	27,00	3388,60	R	5,40	736,35	6196662	254756	A	122	11-12-2003
82	ND-0603-2156	01-08-2003	MONTES S.A.	31,00	31,00	3419,60	R	6,20	742,55	6196661	255147	A	123	11-12-2003
83	ND-0603-2172	08-08-2003	AGR FICHILEMU LTDA	12,50	12,50	3432,10	R	2,50	748,05	6190551	259733	A	76	03-05-2004
84	ND-0603-2166	08-09-2003	SCC AGR Y GANADERA RUCAPANGUE LTDA-	32,00	32,00	3464,10	R	6,40	751,45	6194438	258668	A	32	26-03-2004
85	ND-0603-2183	06-11-2003	SCC AGR SANTA TERESA LTDA	12,00	12,00	3476,10	R	2,40	753,85	6194980	256622	P-DARH		
86	ND-0603-2176	10-11-2003	ERNESTO ROJAS FLORES	1,30	1,30	3477,40	R	0,26	754,11	6192983	264029	P-DARH		
87	ND-0603-2182	10-11-2003	ERNESTO ROJAS FLORES	1,30	1,30	3478,70	R	0,26	754,37	6192986	264029	P-REG		
88	ND-0603-2178	04-12-2003	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	30,00	30,00	3508,70	R	6,00	760,37	6190250	261050	P-REG		
89	ND-0603-2179	04-12-2003	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	40,00	40,00	3546,70	R	8,00	768,37	6189620	261160	P-REG		
90	ND-0603-2180	04-12-2003	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	30,00	30,00	3578,70	R	6,00	774,37	6189360	260600	P-REG		
91	ND-0603-2181	04-12-2003	ELSA GERON MORA	2,00	2,00	3580,70	R	0,40	774,77	6190583	268421	P-DARH		
92	ND-0603-2241	12-01-2004	AIDA ARANEDA LEIVA	60,00	60,00	3630,70	R	10,00	784,77	6183666	267499	P-REG		
93	ND-0603-2197	26-01-2004	ARTURO CATALAN TOLEDO	9,00	9,00	3639,70	R	1,80	786,97	6192988	256913	P-REG		
94	ND-0603-2249	10-02-2004	GERMAN MICHELINI PRICE	40,00	40,00	3679,70	R	8,00	794,97	6187010	267640	P-REG		
95	ND-0603-2249	10-02-2004	GERMAN MICHELINI PRICE	22,80	22,80	3702,20	R	4,56	799,07	6186849	267474	P-REG		
96	ND-0603-2190	08-03-2004	INV RAMADILLA LTDA	20,00	20,00	3722,20	R	4,00	803,07	6198908	256626	P-REG		
97	ND-0603-2194	30-03-2004	VIÑA BISQUERT LTDA	51,00	51,00	3773,20	R	10,20	813,27	6191211	267778	P-REG		
98	ND-0603-2211	02-04-2004	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	35,00	35,00	3808,20	R	7,00	820,27	6189625	261741	P-REG		
99	ND-0603-2212	02-04-2004	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	35,00	35,00	3843,20	R	7,00	827,27	6189614	260815	P-REG		
100	ND-0603-2204	05-04-2004	MONTES S.A.	30,00	30,00	3873,20	R	6,00	833,27	6196801	256641	P-REG		
101	ND-0603-2267	08-04-2004	AGR DOÑA JAVIERA LTDA	20,00	20,00	3893,20	R	4,00	837,27	6189625	269136	P-REG		

RIO TINGUIRIRICA, SECTOR LAS CADENAS - MARCHIGUE

N°	Expediente	Fecha ingreso	PETICIONARIO	Caudal solicitado (lit)	Caudal otorgado (lit)	Caudal Nominal Aum. (lit)	Uso	Uso Existente y Previsible (lit)	Uso Existente y Previsible Aum. (lit)	UTM Norte 58	UTM Ecto 58	lit Aotual	N° Res.	Fecha Res.
102	ND-0603-2202	20-04-2004	ANA CORNEJO TOBAR	2,00		3895,20	R	0,40	837,67	6197721	264118	P-REG		
103	ND-0603-2202	20-04-2004	ANA CORNEJO TOBAR	1,50		3895,70	R	0,30	837,97	6197466	264447	P-REG		
104	ND-0603-2199	28-04-2004	AGR RAMADILLA LTDA	15,00		3911,70	R	3,00	840,97	6196270	258410	P-REG		
105	ND-0603-2207	03-05-2004	MONTE S.A.	40,00		3951,70	R	8,00	848,97	6196759	254318	P-REG		
106	ND-0602-2272	06-05-2004	INV SAN SEBASTIAN DE MANCO S.A.	36,00		3987,70	R	7,30	856,17	6187740	264875	R	210	31-05-2005
107	ND-0602-2289	17-05-2004	COMITE DE A.P.R. DE PUGUILLAY	14,60		4002,30	AP	10,95	867,12	6162659	269021	P-REG		
108	ND-0602-2274	18-05-2004	MARIO PEÑA RODRIGUEZ	25,00		4027,30	R	5,00	872,12	6186528	267469	P-REG		
109	ND-0603-2209	01-06-2004	AGR RAMADILLA LTDA	30,00		4057,30	R	6,00	878,12	6195708	256481	P-REG		
110	ND-0603-2208	02-06-2004	AGR RAMADILLA LTDA	25,00		4082,30	R	5,00	883,12	6195908	256526	P-REG		
111	ND-0603-2208	02-06-2004	AGR RAMADILLA LTDA	15,00		4097,30	R	3,00	886,12	6196270	258410	P-REG		
112	ND-0603-2198	09-06-2004	INV RAMADILLA LTDA	20,00		4117,30	R	4,00	890,12	6196050	256654	P-REG		
113	ND-0603-2218	24-06-2004	VIÑA BISQUERTT LTDA	60,00		4177,30	R	12,00	902,12	6191357	267840	P-REG		
114	ND-0603-2213	25-06-2004	MONTE S.A.	20,00		4197,30	R	4,00	906,12	6194334	254334	P-REG		
115	ND-0603-2215	25-06-2004	MONTE S.A.	12,50		4209,62	R	2,50	908,62	6196325	256385	P-REG		
116	ND-0603-2219	12-07-2004	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	20,00		4229,60	R	4,00	912,62	6189616	261160	P-REG		
117	ND-0603-2219	12-07-2004	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	29,00		4288,60	R	6,00	918,42	6190280	261049	P-REG		
118	ND-0603-2219	12-07-2004	AGR Y VIÑEDOS MARCHIGUE LTDA	25,00		4283,60	R	5,00	923,42	6189948	261617	P-REG		
119	ND-0603-2216	16-07-2004	AGR RAMADILLA LTDA	60,00		4333,60	R	10,00	933,42	6196218	256871	P-REG		
120	ND-0603-2223	08-08-2004	VIÑA BISQUERTT LTDA	60,00		4383,60	R	10,00	943,42	6195786	267792	P-REG		
121	ND-0603-2224	08-08-2004	MARIO GIBIÑE GARCIA	25,00		4408,60	R	5,00	948,42	6193868	256446	P-REG		
122	ND-0603-2221	08-08-2004	MONTE S.A.	15,00		4423,60	R	3,00	951,42	6196635	256457	P-REG		
123	ND-0603-2220	16-08-2004	AGR LA VIÑA S.A.	10,50		4434,30	R	2,10	953,52	6195843	257680	P-REG		
124	ND-0603-2226	14-09-2004	AGR RAMADILLA LTDA	25,00		4489,30	R	5,00	968,52	6196527	256121	P-REG		
125	ND-0603-2223	18-10-2004	AGR RAMADILLA LTDA	30,00		4489,30	R	6,00	964,52	6196633	257197	P-REG		
126	ND-0603-2229	04-11-2004	COOP DE AGUA POTABLE MARCHIGUE	12,00		4601,30	AP	9,00	973,52	6191211	259729	P-REG		
127	ND-0603-2229	04-11-2004	COOP DE AGUA POTABLE MARCHIGUE	11,00		4612,30	AP	8,25	981,77	6191212	259731	P-REG		
128	ND-0603-2227	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	31,50		4543,60	R	6,30	988,07	6192568	260059	P-REG		
129	ND-0603-2228	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	23,70		4567,50	R	4,74	992,81	6194042	258715	P-REG		
130	ND-0603-2228	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	20,00		4587,50	R	4,00	996,81	6192352	259854	P-REG		
131	ND-0603-2229	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	7,20		4594,70	R	1,44	998,25	6191900	259486	P-REG		
132	ND-0603-2229	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	30,00		4624,70	R	6,00	1004,25	6193138	259180	P-REG		
133	ND-0603-2229	09-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	12,00		4636,70	R	2,40	1006,65	6192744	259287	P-REG		
134	ND-0602-2237	18-11-2004	I. MUNICIPALIDAD DE PERALILLO	23,00		4659,70	AP	17,25	1023,90	6187160	264956	P-REG		
135	ND-0602-2339	18-11-2004	I. MUNICIPALIDAD DE PERALILLO	27,00		4686,70	AP	20,25	1044,15	6186621	267097	P-REG		
136	ND-0603-2230	23-11-2004	MONTE S.A.	23,50		4710,20	R	4,70	1048,85	6196630	258432	P-REG		
137	ND-0603-2231	23-11-2004	SOC AGR Y GANADERA MARCHIGUE LTDA	36,80		4747,00	R	7,36	1056,21	6193039	259847	P-REG		
138	ND-0603-2234	29-11-2004	ALBERTO YAIVAR MATORANA	9,00		4756,00	R	1,80	1058,01	6195431	261706	P-REG		
139	ND-0602-2354	10-12-2004	SILVIA PALMIRA MICHELINI PRICE	36,00		4792,00	R	7,20	1065,21	6186446	270065	P-REG		
140	ND-0602-2355	10-12-2004	AGR DOÑA JAVIERA LTDA	60,00		4852,00	R	12,00	1077,21	6187251	268504	P-REG		
141	ND-0603-2244	03-01-2005	VIÑA CONCHA Y TORO S.A.	38,00		4890,00	R	7,60	1084,81	6188061	262231	P-REG		
142	ND-0603-2244	03-01-2005	VIÑA CONCHA Y TORO S.A.	29,00		4919,00	R	5,80	1090,61	6188327	261892	P-REG		
143	NR-0603-2011	06-01-2005	AGR Y VIÑEDOS TIERRUCA S.A.	28,30		4947,30	R	5,66	1096,27	6191477	259362	P-REG		
144	ND-0602-2361	27-01-2005	SOC AGR LA ORACION LTDA	113,00		5060,30	R	22,60	1116,67	6187232	267434	P-REG		
145	ND-0602-2361	27-01-2005	SOC AGR LA ORACION LTDA	94,00		5164,30	R	18,80	1137,67	6186936	267144	P-REG		
146	ND-0603-2285	28-01-2005	AGR RAMADILLA LTDA	30,00		5184,30	R	6,00	1143,67	6196768	267148	P-REG		
147	ND-0603-2283	01-02-2005	ARTURO CATALAN TOLEDO	9,50		5193,60	R	1,90	1146,57	6193890	256026	P-REG		
148	ND-0603-2251	02-02-2005	MONTE S.A.	30,00		5223,60	R	6,00	1151,57	6196403	256753	P-REG		
149	ND-0603-2252	10-02-2005	SOC AGR EL ALMENDRO LTDA	24,00		5247,60	R	4,80	1156,37	6196340	257234	P-REG		
150	ND-0602-2363	17-02-2005	MARIA LABARCA ABARCA	54,00		5301,60	R	10,80	1167,17	6184968	266463	P-REG		
151	ND-0603-2257	01-03-2005	ALBINO MORENO DIAZ	16,00		5317,60	R	3,20	1170,37	6193137	256678	P-REG		
152	ND-0602-2378	21-04-2005	INV SAN SEBASTIAN DE MANCO S.A.	36,00		5353,60	R	7,20	1177,57	6187622	264937	P-REG		

ANEXO C: CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

En DGA, 2015, se realizan diagramas de Stiff-modificado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), en ellos se determinó que existen diferencias entre las aguas subterráneas en la zona del valle del río Tinguiririca y las aguas subterráneas que fluyen más al sur, por el valle del estero Chimbarongo (aguas abajo del embalse Convento Viejo).

En general las aguas del acuífero Tinguiririca se clasifican como Sulfatadas-Cálcicas a Sulfatadas-Cálcicas-Bicarbonatadas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Con los resultados químicos disponibles en dicho trabajo no fue posible distinguir una evolución química clara en la dirección del flujo del agua subterránea que permitiera su clasificación, lo cual podría deberse, por ejemplo, a mezclas de aguas del mismo acuífero con aportes superficiales del río Tinguiririca, estero Chimbarongo y la red de canales de riego.

Sin embargo, los diagramas de Stiff-modificado reflejan el incremento en la concentración total de iones y una mayor concentración de sulfato en el sector Tinguiririca Inferior respecto del sector Tinguiririca Superior (posiblemente atribuibles a procesos de disolución y/o contaminación agrícola/industrial).

Nitrato (NO_3^-)

Respecto al origen del nitrato, se puede señalar que una parte importante proviene de fuentes de materia orgánicas como depósitos de estiércol, alcantarillados, fosas sépticas, etc., y de productos de origen químico que se utilizan en agricultura (fertilizantes). El nitrato se puede movilizar fácilmente con el agua, infiltrarse hasta alcanzar el acuífero.

Como referencia se suelen considerar afectadas aquellas aguas que superan o puedan alcanzar la concentración indicada en la norma de agua potable (50 mg/L de NO_3^-).

En la Figura 43 se representan los resultados puntuales de nitrato detectado en cada pozo, agrupado en cuatro rangos de concentraciones. El acuífero Tinguiririca presentó un promedio de 22 mg/L de NO_3^- . El sector de Chimbarongo (S4) y el sector de San Fernando (S3) arrojaron una concentración de 25,8 mg/L de NO_3^- y 25,3 mg/L de NO_3^- , respectivamente. Estos promedios no superan ninguna norma de calidad, pero se debe tener en cuenta que estos valores elevados de nitrato corresponden a efecto antrópico en la zona y, además, se encontraron en pozos ubicados en sitios de alta vulnerabilidad.

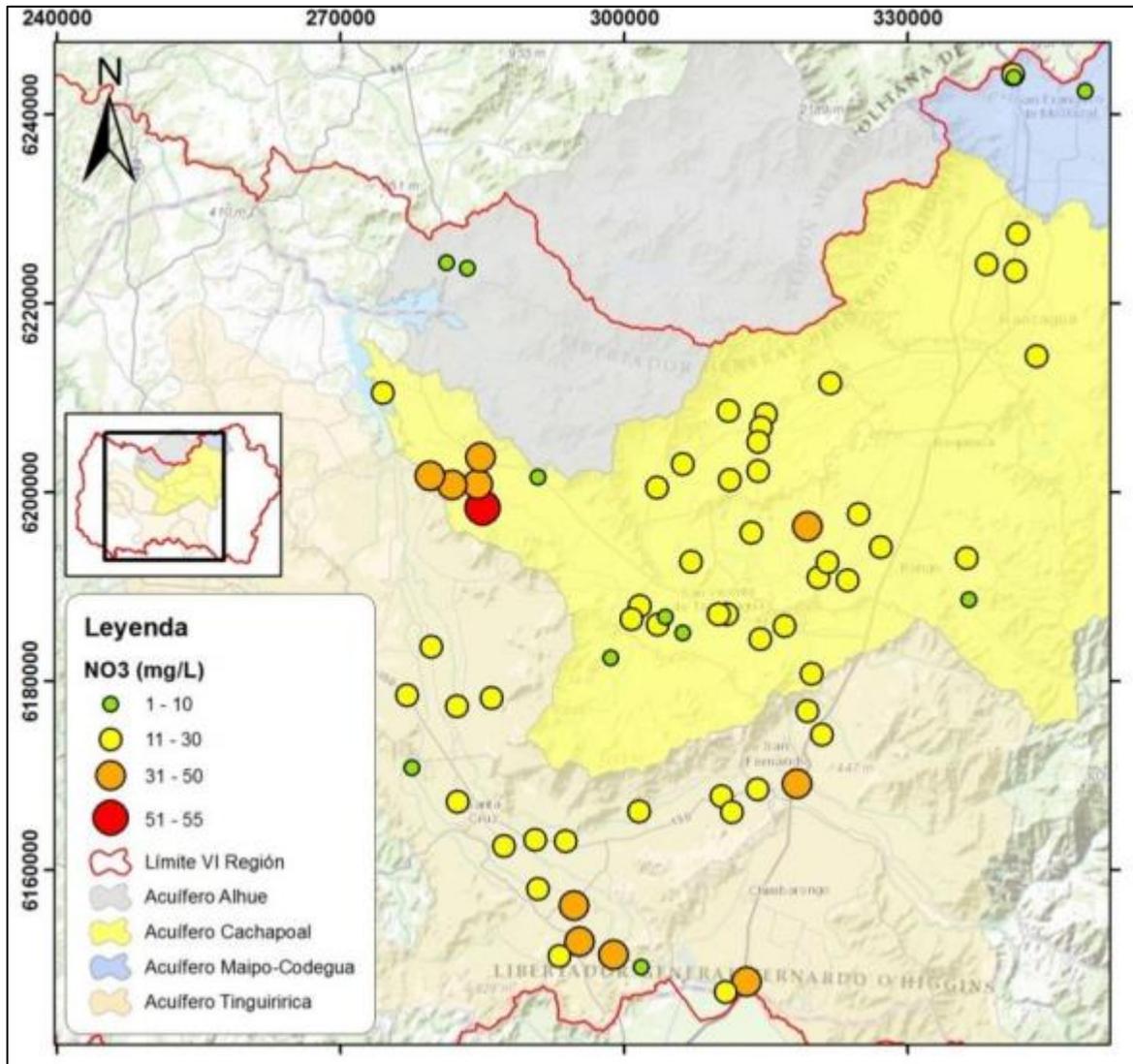


Figura 43: Representación de rangos de concentración de nitrato detectado en los pozos muestreados en el acuífero de la VI región.

Fuente: 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.

Amonio (NH_4) y Fosfato (PO_4)

El ion Amonio no fue detectado en aguas subterráneas debido a que las concentraciones resultaron mínimas, menores al límite de detección del laboratorio ($< 0,01 \text{ mg/L}$ de NH_4). Con respecto al Fosfato, se detectó su presencia en 4 pozos del sector Tinguiririca Inferior (S2): Comité de A.P.R. La Arboleda Valle Hermoso ($0,49 \text{ mg/L}$), Comité de A.P.R. San José del Huique ($0,37 \text{ mg/L}$), Comité de A.P.R. Lihueimo ($0,34 \text{ mg/L}$) y APR El Barco ($0,31 \text{ mg/L}$).

Para este parámetro no se dispone de una concentración máxima de referencia pues no está regulado para agua potable o para agua de riego. En términos generales, el fosfato en el agua subterránea tiene su origen en los aportes que hace la materia orgánica

existente en el suelo, además de los aportes de fertilizantes y sustancias de origen industrial que pueden lixiviar hasta llegar al acuífero.

Microelementos

Los resultados de los análisis de microelementos se resumen en la Tabla 46.

Un aspecto positivo que destacar es que ningún pozo registró concentraciones superiores a la norma de agua potable (NCh 409/2005) para los parámetros plata, aluminio, boro, cadmio, cobalto, cromo, cobre, mercurio, molibdeno, níquel, plomo y selenio.

Arsénico

Dentro de los resultados la concentración de arsénico que supera el valor normado para agua potable (NCh 409/2005) en dos pozos de la región, uno de ellos se encuentra en la cuenca del acuífero Tinguiririca y corresponde al A.P.R. La Arboleda Valle Hermoso. Dicho pozo tiene una profundidad de 70 m y el nivel freático se midió a 3 m (nivel estático); se ubica en el sector acuífero Tinguiririca Inferior, que según el mapa hidrogeológico en su Hoja Rancagua (Hauser, 2010), señala la existencia de depósitos alternados de bolones, ripios y gravas, con frecuentes niveles lenticulares de arenas; en este caso, la concentración de arsénico (0,013 mg/L) resultó levemente superior a la norma de agua potable (0.010 mg/L de As) siendo, además, consistente en su magnitud con las concentraciones detectadas en los pozos más próximos donde se detectaron concentraciones levemente superiores a las detectadas en pozos situados en otros sectores acuíferos.

Los antecedentes disponibles llevan a considerar que la mayor concentración de arsénico en estos pozos se explicaría más por una condición natural del acuífero, que al efecto de fuentes de contaminación puntuales o difusas.

Hierro

El Pozo Isla del Guindo, perteneciente al sector de Tinguiririca Superior (S1) presentara concentraciones de hierro superiores a la norma para agua potable (NCh 409/2005).

Zinc

El pozo A.P. Cooperativa Auquinco, ubicado en Tinguiririca Superior (S1) fue el único que superó la norma NCh 409/2005 en lo que se refiere al parámetro zinc.

Tabla 46: Resumen de los resultados de análisis químico de microelementos en aguas subterráneas de la VI región. (Análisis de concentraciones totales).

Analito	Símbolo	Límite de detección de laboratorio DGA	Límite agua potable (NCh 409/2005)	Límite agua de riego (NCh 1333)	Observación
Plata	Ag	0,01 mg/L	-	0,2 mg/L	No detectado
Aluminio	Al	0,5 mg/L	-	5 mg/L	No sobrepasa normas
Arsénico	As	0,001 mg/L	0,01 mg/L	0,1 mg/L	Sobrepasa norma de agua potable en 2 pozos: A.P.R. Idahue de San Vicente (acuífero Laguna San Vicente) y A.P.R. La Arboleda Valle Hermoso (acuífero Tinguiririca Inferior)
Boro	B	1 mg/L	-	0,75 mg/L	No detectado
Cadmio	Cd	0,01 mg/L	0,01 mg/L	0,01 mg/L	No detectado
Cobalto	Co	0,04 mg/L	-	0,050 mg/L	No detectado
Cromo	Cr	0,05 mg/L	0,05 mg/L	0,1 mg/L	No detectado
Cobre	Cu	0,02 mg/L	2 mg/L	0,2 mg/L	No sobrepasa normas
Hierro	Fe	0,02 mg/L	0,3 mg/L	5 mg/L	Sobrepasa norma de agua potable en 2 pozos: Coop. Juan Nuñez Valenzuela Ltda. PLANTA N2 (acuífero Pelequén-Malloa-San Vicente de Tagua Tagua) y Pozo Isla del Guindo (acuífero Tinguiririca Superior)
Mercurio	Hg	0,002 mg/L	0,001 mg/L	0,001 mg/L	No detectado
Manganeso	Mn	0,02 mg/L	0,1 mg/L	0,2 mg/L	Sobrepasa norma de agua potable en 7 pozos: A.P.R. Idahue (acuífero Doñihue-Coinco-Coltauco), A.P.R. El Niche, A.P.R. Pencahue Bajo, Coop. Juan Nuñez Valenzuela Ltda. PLANTA N2, A.P.R. Los Maitenes Tagua Tagua (todos en acuífero Pelequen-Malloa-San Vicente de Tagua Tagua), A.P.R. Idahue de San Vicente (Laguna San Vicente) y A.P.R. Nenquén El Tambo La Puerta (acuífero Tinguiririca Superior)
Molibdeno	Mo	0,05 mg/L	-	0,010 mg/L	No detectado
Níquel	Ni	0,05 mg/L	-	0,2 mg/L	No detectado
Plomo	Pb	0,07 mg/L	0,05 mg/L	5 mg/L	No detectado
Selenio	Se	0,001 mg/L	0,01 mg/L	0,02 mg/L	No detectado
Zinc	Zn	0,01 mg/L	3 mg/L	2 mg/L	Sobrepasa norma de agua potable en 1 pozo: A.P. Cooperativa Auquinco

Fuente: 'Diagnóstico de la Calidad de Aguas Subterráneas de la Región Libertador Bernardo O'higgins'. DGA, 2015.

