



**MÁS Y MEJOR  
RIEGO PARA CHILE**



**“DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS PARA PROYECTOS DE RIEGO ERNC, PEQUEÑA  
AGRICULTURA, LOS LAGOS”**

**VOLUMEN 1**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**ÍNDICE GENERAL**

<b><i>VOLUMEN 1</i></b>	<b><i>RESUMEN EJECUTIVO</i></b>
<b><i>VOLUMEN 2</i></b>	<b><i>ESTUDIOS DE INGENIERÍA (1ª PARTE)</i></b>
<b><i>VOLUMEN 3</i></b>	<b><i>ESTUDIOS DE INGENIERÍA (2ª PARTE), AGRONOMÍA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA</i></b>

**SANTIAGO DICIEMBRE DE 2019**

## **COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

### **Secretario Ejecutivo**

Federico Errázuriz Tagle

### **Coordinador Unidad de Estudios**

Gastón Valenzuela Lillo

### **Coordinador de Estudio**

Leonardo Machuca Silva

## **UTP AQUATERRA INGENIEROS LTDA. Y GCF INGENIEROS LIMITADA**

### **Jefe del estudio**

Ingeniero Civil Jaime Vargas P.

### **Profesionales**

Iván Rivera R.

Guillermo Cabrera F.

Sergio Matus G.

Juan Carlos Parra E.

Fernando Valdés H.

Eugenio Tobar E.

Sergio Arriaza S.

Sebastián Ocqueteau C.

Sergio Rozas V.

Paula Mardones M.

Patricio Murúa S.

Eliana de Amesti D.

Bárbara Cuadra Q.

Claudia Berríos U.

Andrea Mora H.

## ÍNDICE RESUMEN EJECUTIVO

1.	OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO.....	4
1.1.	Objetivo General.....	4
1.2.	Objetivos Específicos.....	4
1.3.	Área de Estudio.....	6
2.	RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES.....	8
2.1.	Información Hidrológica.....	8
2.2.	Información Hidrogeológica.....	8
2.3.	Fuentes de Agua Potable Rural (APR).....	8
2.4.	Fuentes de Energía Renovable No Convencional (ERNC).....	9
3.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN.....	10
4.	IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS.....	12
5.	TRABAJOS DE TERRENO.....	13
5.1.	Primera Selección de Sectores a Estudiar.....	13
5.2.	Estudio Geofísico.....	16
5.2.1.	Resultados Gravimetría.....	16
5.2.2.	Resultados Transiente Electromagnético (TEM).....	17
6.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	19
6.1.	Hidrología superficial.....	19
6.1.1.	Análisis de precipitaciones mensuales y anuales.....	19
6.1.1.1.	Análisis de Precipitaciones Máximas.....	20
6.1.2.	Análisis Fluviométrico.....	20
6.1.3.	Generación de Caudales en Cuencas sin Control Fluviométrico.....	23
6.2.	Análisis de Calidad de Aguas Superficiales.....	24
6.3.	Derechos de Aguas Superficiales.....	25
7.	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO.....	26
7.1.	Catastro de Captaciones Subterráneas.....	26
7.2.	Derechos de Aguas Subterráneas.....	27
7.2.1.	Derechos Constituidos.....	27
7.3.	Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos.....	27
7.4.	Curvas Equipotenciales.....	28
7.5.	Caracterización de los Acuíferos.....	28
7.6.	Calidad de Aguas Subterráneas.....	29
7.7.	Establecimiento de Áreas Homogéneas Subterráneas.....	29
8.	CLIMA.....	32

8.1.	Caracterización Agroclimática.....	32
9.	CALIDAD DE SUELOS.....	33
9.1.	Encuesta Agronómica.....	34
9.2.	Estudio de Mercado, Comercialización y Precios.....	35
9.2.1.	Demandas de Agua de Riego.....	36
10.	INTERÉS DE LOS USUARIOS EN EL PROYECTO.....	37
11.	PRIORIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PERFILES DE PROYECTO.....	37
11.1.	Selección Inicial de Beneficiarios.....	37
11.2.	Ideas de Perfiles de Proyectos de Riego.....	38
11.3.	Selección de Perfiles de Proyectos.....	38
11.4.	Trabajos Topográficos y Generación de Planos.....	41
11.4.1.	Puntos Topográficos.....	41
11.4.2.	Curvas de Nivel.....	41
11.4.3.	Imagen Satelital.....	41
11.5.	Proyectos de Riego.....	42
11.5.1.	Contenidos.....	42
11.5.2.	Criterios de Diseño.....	42
11.5.3.	Resultados.....	46
11.6.	Ranking Aplicado a los 100 Proyectos.....	49
12.	Solicitud de Derechos de Aguas Superficiales.....	49
13.	Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas.....	50
13.1.	Aguas Superficiales.....	50
13.2.	Calidad de Aguas Subterráneas.....	50
14.	ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	51
15.	Elaboración del SIG del Estudio.....	52
16.	Conclusiones y Recomendaciones.....	53
16.1.	Conclusiones.....	53
16.2.	Recomendaciones.....	60

## TABLAS

Tabla 6.1-1: Estaciones pluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de precipitaciones mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S).....	19
Tabla 6.1-2: Estaciones fluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de caudales medios mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S).....	22
Tabla 6.1-3: Análisis de distribución de frecuencia - Caudales Medios Anuales (m <sup>3</sup> /s).....	22
Tabla 7.2-1: Resumen de Derechos de Agua Subterránea Constituidos.....	27
Tabla 9.1-1 Distribución Predial Total y Predios de Tamaño menor o igual a 12 HRB.....	35
Tabla 9.2-1 Perspectivas en el Mediano a Largo Plazo.....	35
Tabla 11.5-1 Resumen Resultados Obtenidos en 100 Proyectos.....	47
Tabla 16.1-1 Resumen Costos Promedios por Ha Según Tipología de Proyecto.....	59

## FIGURAS

Figura 5.1-1 Ubicación 127 Sectores de Riego Escogidos.....	15
Figura 5.2.1 Perfil Longitudinal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas.....	18
Figura 7.7.1 Áreas Homogéneas Subterráneas.....	31
Figura 8.1-1 Mapa Agroclimático.....	32

## 1. OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO

### 1.1. Objetivo General

El estudio busca contribuir a mejorar las condiciones de producción agrícola de los pequeños agricultores de la región de Los Lagos, a través de la generación de información básica que dé cuenta de la disponibilidad de recursos hídricos y de las condiciones para el desarrollo agrícola, consolidando este trabajo en la elaboración de perfiles de proyectos de riego sustentables integrando el uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

### 1.2. Objetivos Específicos

Para el logro del objetivo general de este trabajo, los objetivos específicos que se buscan son los siguientes:

- a) Efectuar una caracterización general de la región en cuanto a recursos naturales para riego agrícola, todo ello a través de:
  - La recopilación de los antecedentes necesarios y que se encuentren disponibles en fuentes de información secundaria de factura reciente y/o actualizada (estudios anteriores, planes, bases de datos, plataformas de información web, etc.).
  - La ejecución de un catastro de pozos existentes, con el fin de recabar la mayor cantidad de información de terreno posible, en atención a la caracterización hidrogeológica de la zona de interés.
  - El mapeo de las captaciones superficiales existentes y la identificación de la disponibilidad de aguas superficiales.
  
- b) Realizar un estudio hidrogeológico e hidrológico de la región a partir de la integración de la información obtenida en gabinete (información secundaria) y la recopilada en terreno, para su posterior ordenamiento, procesamiento y análisis.

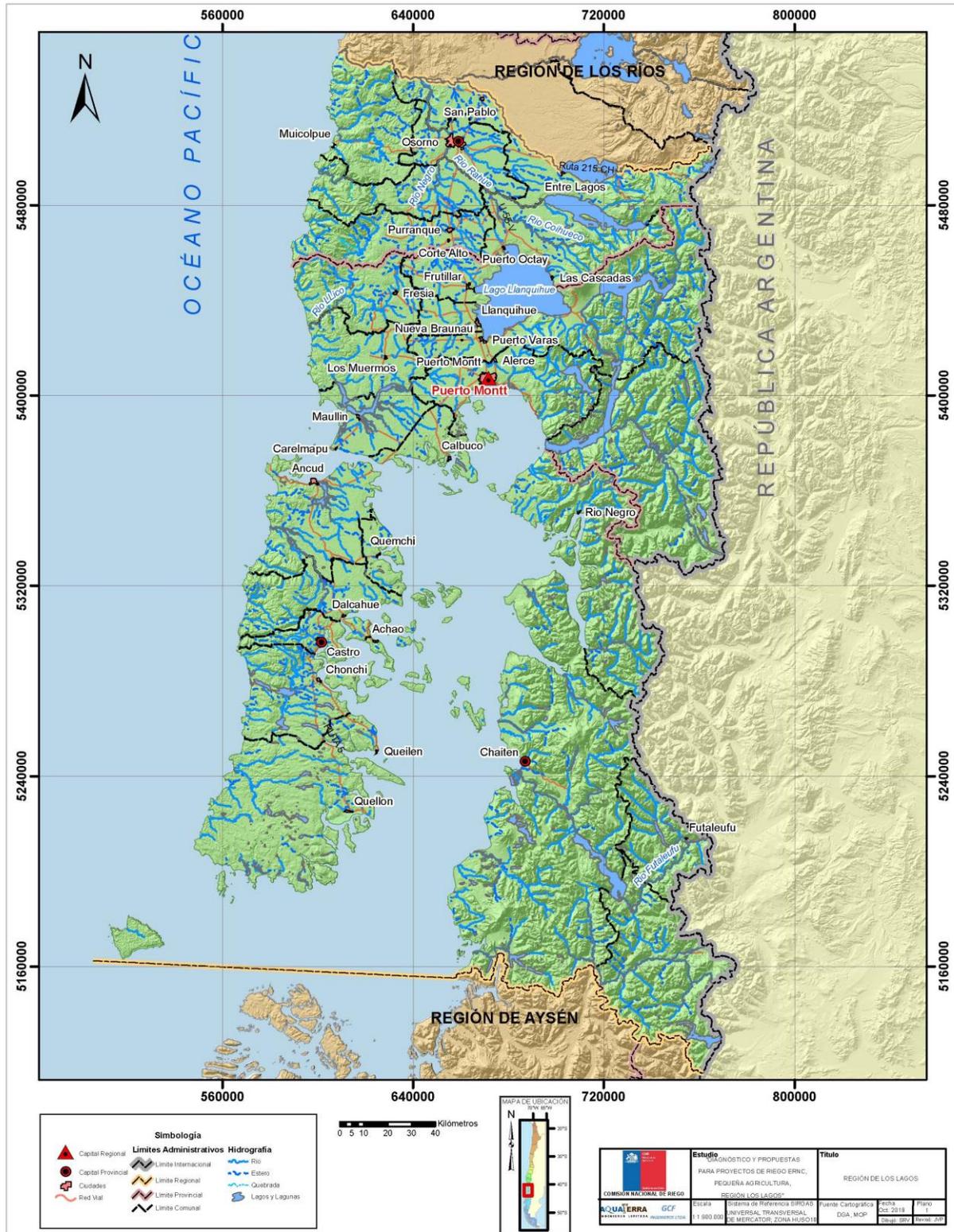
- c) Ejecutar estudios geofísicos en terreno, cuyos datos irán en apoyo de la caracterización hidrogeológica de la zona de interés. La geofísica considerada incorpora la ejecución de:
- Transientes Electromagnéticos (TEM) o Sondajes Eléctrico Verticales (SEV).
  - Gravimetría.
- d) Efectuar un estudio hidrológico para las cuencas que se encuentran dentro del área de interés del estudio.
- e) Realizar un muestreo y análisis de calidad del agua dentro del área de estudio.
- f) Caracterizar la hidrogeología de la zona de interés a través de:
- La determinación de las constantes elásticas de los acuíferos.
  - La medición in situ de niveles piezométricos y su correlación con estudios anteriores.
  - La estimación de la estratigrafía de los terrenos atravesados por los pozos.
- g) Identificar y caracterizar las zonas agrícolas de pequeños agricultores atendidas por INDAP, que tengan factibilidad de utilizar agua subterránea o captaciones superficiales de acuerdo al diagnóstico de los recursos naturales de la zona.
- h) Con la información del diagnóstico de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, generar una cartera de pequeños proyectos de riego colectivos a nivel de perfil con fuentes de agua superficial y subterránea, asociada a la identificación de zonas agrícolas, integrando a dichos proyectos la componente ERNC.

- i) Realizar amplio proceso de participación ciudadana a través del desarrollo del estudio que dé cuenta de los avances del estudio y de los perfiles de proyectos antes que éstos se elaboren.

### **1.3. Área de Estudio**

El área de estudio corresponde a la región de Los Lagos y la cobertura del estudio pertenece a los territorios agrícolas actuales y potenciales que se determinen a lo largo del desarrollo del presente trabajo. La delimitación administrativa regional y provincial de la Región de Los Lagos se muestra en el siguiente plano.

### Plano 1.3-1 Área de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

## 2. RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES

### 2.1. Información Hidrológica

Para el estudio hidrológico de la zona de interés dentro de la X Región de Los Lagos, se han recopilado las bases de datos actualizadas que dan cuenta de los parámetros hídricos de escorrentía superficial y pluviometría, que, a partir de su formato inicial de series estadísticas, permitirán efectuar el estudio señalado.

Dichas series estadísticas se han recopilado a través de la información aportada por la DGA, cuyos datos corresponden a los registros de medición provenientes de la red hidrometeorológica nacional (Banco Nacional de Aguas, BNA), que incluye las estaciones pluviométricas y pluviométricas distribuidas en el territorio. Todas ellas fueron actualizadas al año 2018.

### 2.2. Información Hidrogeológica

El documento más relevante para el estudio a nivel regional, lo constituye el “Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la depresión central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos”. En él se pueden encontrar antecedentes de más de 2.000 captaciones subterráneas (ubicación, descripción litológica y estratigráfica, pruebas de bombeo y análisis químicos y fisicoquímicos), además de una caracterización de los principales acuíferos de la región. Además, de dicho informe también es posible obtener antecedentes acerca de la calidad del agua subterránea y de la vulnerabilidad de los acuíferos.

### 2.3. Fuentes de Agua Potable Rural (APR)

Se analizaron las fuentes de Agua Potable Rural (APR) existentes en la X Región de Los Lagos, entendidas como aquellos sistemas que prestan servicios en zonas no urbanas –de acuerdo a los respectivos Planes Reguladores Comunes– y que son organizados a través de Comités y/o Cooperativas, con administración de las propias comunidades beneficiarias.

Estos sistemas se construyen con fondos usualmente públicos, en el contexto de denominado Programa APR de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH-MOP).

## 2.4. Fuentes de Energía Renovable No Convencional (ERNC)

Con el fin de presentar un panorama general del contexto en que se encuentra la X Región de Los Lagos en términos de la disponibilidad y nivel de desarrollo local de las energías renovables, especialmente las relacionadas con las fuentes solar, eólica e hidráulica a nivel micro, se evaluaron los siguientes aspectos:

- Evaluación global de las fuentes renovables para generación eléctrica dentro de la región, aplicada a la energía solar fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.
- Penetración regional de la generación renovable a escala industrial.
- Penetración regional de la generación renovable a micro escala, especialmente al servicio de la actividad agropecuaria.

Dependiendo de la fuente de energía renovable, el potencial de generación se evalúa según se indica:

- Para generación solar fotovoltaica → radiación global horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/día).
- Para generación eólica → velocidad del viento (m/s), a una elevación dada sobre el nivel de terreno
- Para hidro-generación → capacidad instalable (MW), tanto a nivel de cuenca como de sub-subcuenca

A partir del rango de valores para cada fuente de generación, se caracterizó, a nivel global, el potencial del recurso renovable correspondiente.

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN

Actualmente, esta región, si bien presenta una alta concentración de precipitaciones invernales, los veranos son más bien secos. Lo anterior unido a que una gran parte de los recursos superficiales se encuentran con impedimentos para ser utilizados en riego, ya que estos derechos están asignados a diversos proyectos hidroeléctricos, los que aún no cuentan con una fecha implementación, implican un freno en el desarrollo de una agricultura competitiva y, por lo tanto, un estancamiento en la calidad de vida de los agricultores que la conforman.

Si se considera además el efecto del calentamiento global, el cual por un lado ha generado mermas en las precipitaciones de la zona centro norte y, por otro, ha provocado un leve aumento en las temperaturas de esta región, conservando en parte sus precipitaciones, hacen que el incremento del riego en la región de Los Lagos sea una alternativa interesante de implementar.

En relación a los derechos de agua asignados a proyectos hidroeléctricos y que en la actualidad se encuentran sin uso, la aprobación de la reforma al actual Código de Aguas, permitiría que los derechos, tanto consuntivos como no consuntivos, al no ser utilizados, puedan volver al sistema y ser reasignados a otros proyectos de interés, en este caso a la potencialización del riego en la región.

Si bien la región cuenta con cierta superficie bajo riego, ésta en gran parte depende de recursos subterráneos, los cuales no presentan restricciones y es factible el otorgamiento de nuevos derechos hacia los agricultores.

En conversación con profesionales de esta región, se prevé que los potenciales proyectos de riego ya sean individuales o asociativos, se concentren principalmente en el área del valle central y en la isla de Chiloé. Señalan que Chiloé es donde se agrupa la mayor parte de los pequeños agricultores de la región de Los Lagos.

Actualmente INIA está desarrollando interesantes estudios en la isla, enfocados, además de la crianza de ganado ovino y bovino, al cultivo de hortalizas y berries.

Asesores de INDAP informan que en la parte continental se está produciendo al aire libre una serie de cultivos hortícolas, con producciones sobresalientes, sobre todo en lo referente a lechugas, zanahorias y papas.

En relación a Palena, existe interés de potenciar esta zona sobre todo por el aislamiento que ella presenta, considerándose necesario el autoabastecimiento de alimentos, tanto por el cultivo de hortalizas como por el mejoramiento de las praderas y con ello de la producción de leche y carne.

Actualmente, el INIA está desarrollando un programa de riego, enfocado en la determinación de coeficientes de cultivo específicos según el tipo de suelo y su estado de manejo. Junto con esto, también se está trabajando en la determinación de los reales aportes de las precipitaciones en los cultivos, lo que se conoce como precipitación efectiva.

De esta forma potenciar la actividad agrícola bajo condiciones de riego traería consigo el incremento en la actividad frutícola, hortícola y ganadera en la región.

En el área conformada por las localidades ubicadas al norte de esta región, como es San Pablo, Osorno, Purranque y Río Negro, la entrada de riego implicaría un alto potencial para el cultivo de cerezos, manzanos y avellano europeo.

En cuanto al área específica del presente estudio, ésta se concentra en aquellos predios que pueden ser beneficiarios del Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP, los cuales no deben superar las 12 HRB.

En forma preliminar se caracterizó el tamaño de la propiedad considerando la información del sitio de Gestión de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) (<http://ide.minagri.cl/geoweb/>), información que fue precisada con la base de datos digital que se obtendrá de Ciren Corfo. Se debe señalar que la relación entre hectáreas físicas y H.R.B., según personeros de INDAP es en torno a las 70 ha físicas, pudiendo ser mayor tanto hacia la cordillera como hacia la costa, en que la calidad de los suelos es menor a la del valle central.

#### 4. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS

De acuerdo con la información recopilada, las áreas protegidas que están insertas en el área de estudio son las siguientes.

➤ **Sitios Prioritarios para la Conservación de la Biodiversidad**

Nombre
Río Puelo
Bahía Tic Toc
Río Maullín
Islas Butachagues
Cordillera de la Costa
Caulín
Lliunco de la Montaña
Putemun
Complejo Turberas Chiloé Central
Llico Norte
Noroeste de Chiloé
Cuenca del Río Chepu
Guabun
Ampliación Parque Nacional Chiloé
Chaiquata
Isla Guafo

➤ **Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE)**

Nombre	Categoría
Futaleufú	Reserva Nacional
Lago Palena	Reserva Nacional
Llanquihue	Reserva Nacional
Puyehue	Parque Nacional
Vicente Pérez Rosales	Parque Nacional
Hornopirén	Parque Nacional
Alerce Andino	Parque Nacional
Corcovado	Parque Nacional

Nombre	Categoría
Chiloé	Parque Nacional
Lahuén Nadi	Monumento Natural
Islotes de Puñihuil	Monumento Natural

## 5. TRABAJOS DE TERRENO

### 5.1. Primera Selección de Sectores a Estudiar

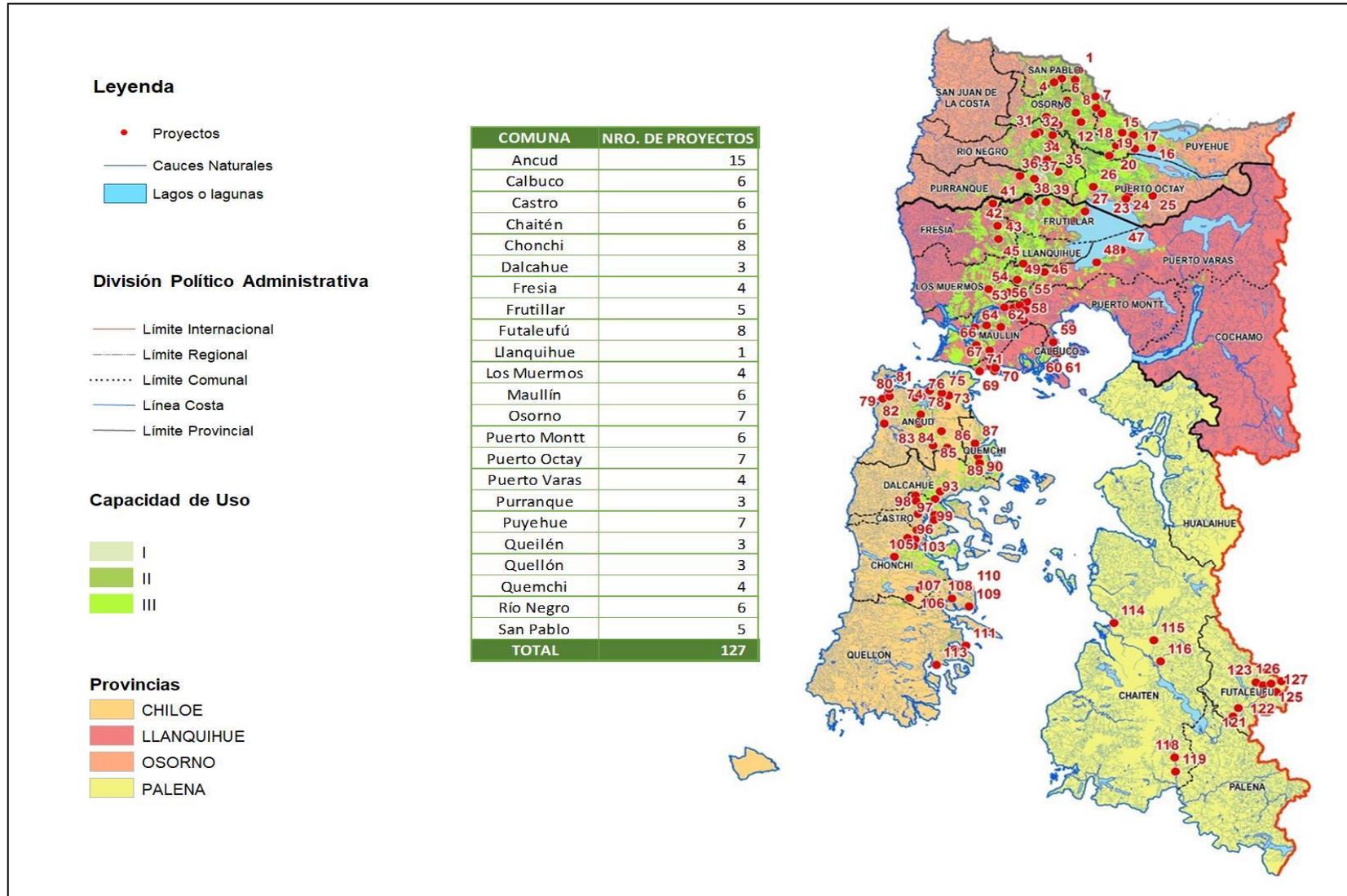
Una primera selección de sectores factibles donde se podrían desarrollar proyectos, se seleccionaron 127 sectores de riego, conformados en función de las siguientes condicionantes:

- Todos aquellos predios con superficie menor o igual a las 12 HRB
- En el caso de las provincias de Osorno, Llanquihue y Chiloé, debido a la presencia de suelos de buena calidad, se seleccionaron aquellos predios que contenían suelos de Capacidad de Uso I y III.
- En el caso de la provincia de Palena, debido a presentar suelos de menor calidad que en el resto de la región, se seleccionaron predios que contengan suelos de Capacidad de Uso III.
- La sectorización se efectuó en función de grupos colectivos de predios, y no en predios individuales.
- Los límites de los sectores están dados por los límites propios de cada propiedad, en función del aislamiento en que se encuentre un grupo de predios que cumple los requisitos o, en función de la existencia de esteros, ríos o carreteras.

Se seleccionaron 3.527 predios dentro de los 127 sectores, con un total de 124.231 ha físicas. Estas hectáreas, al considerar la totalidad de las envolventes prediales, pueden incluir suelos de menor calidad que los seleccionados en forma previa.

En la siguiente figura se puede apreciar la distribución de estos 127 sectores de riego al interior de la región de Los Lagos.

Figura 5.1-1 Ubicación 127 Sectores de Riego Escogidos



## 5.2. Estudio Geofísico

El estudio Geofísico correspondió a la medición de resistividad mediante el método TEM y de Gravimetría con motivo de una exploración Hidrogeológica tendiente a la generación de información en cuanto a disponibilidad de recursos hídricos subterráneos en la región de Los Lagos.

En la X región de Los Lagos se han llevado a cabo los siguientes trabajos relacionados con gravimetría:

- Gravimetría y Modelación de la Cuencas Hidrográficas de los Ríos Maullín y Bueno. Sernageomín, 2014.
- Estudio geofísico de gravimetría y TEM para el proyecto “Exploración de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno”, DOH, 2004.
- Los Andes: Orogenia de Subducción Activa, Oncken, Onno & Chong, Guillermo & Franz, Gerhard & Geise, et al, 2006.

En función de los trabajos gravimétricos ya efectuados en dichos estudios, se establecieron líneas gravimétricas que lograsen abarcar zonas no cubiertas por los estudios señalados.

Es así como se efectuaron 450 puntos gravimétricos y 450 estaciones de TEM.

### 5.2.1. Resultados Gravimetría

El estudio gravimétrico permitió generar mapas con las profundidades del basamento en toda el área estudiada. El estudio efectuado en las provincias de Osorno y Llanquihue se pudo apreciar que en general en el sector del valle central el basamento se ubica a una gran profundidad, alcanzando incluso casi los 3.000 m entre Puerto Montt y Frutillar. Hacia el sector norte, entre la ciudad de Osorno y el río Pilmaiquén, el relleno tendría un espesor entre los 1.000 y 1.200 m aproximadamente. Se observa, además, que entre Osorno y Río Negro es

donde se detecta el basamento a menor profundidad en el valle central, que de todos modos no sería inferior a los 400 m. Algo similar se aprecia en el sector de Los Muermos, donde el relleno disminuye su potencia hasta cerca de 300 a 400 m.

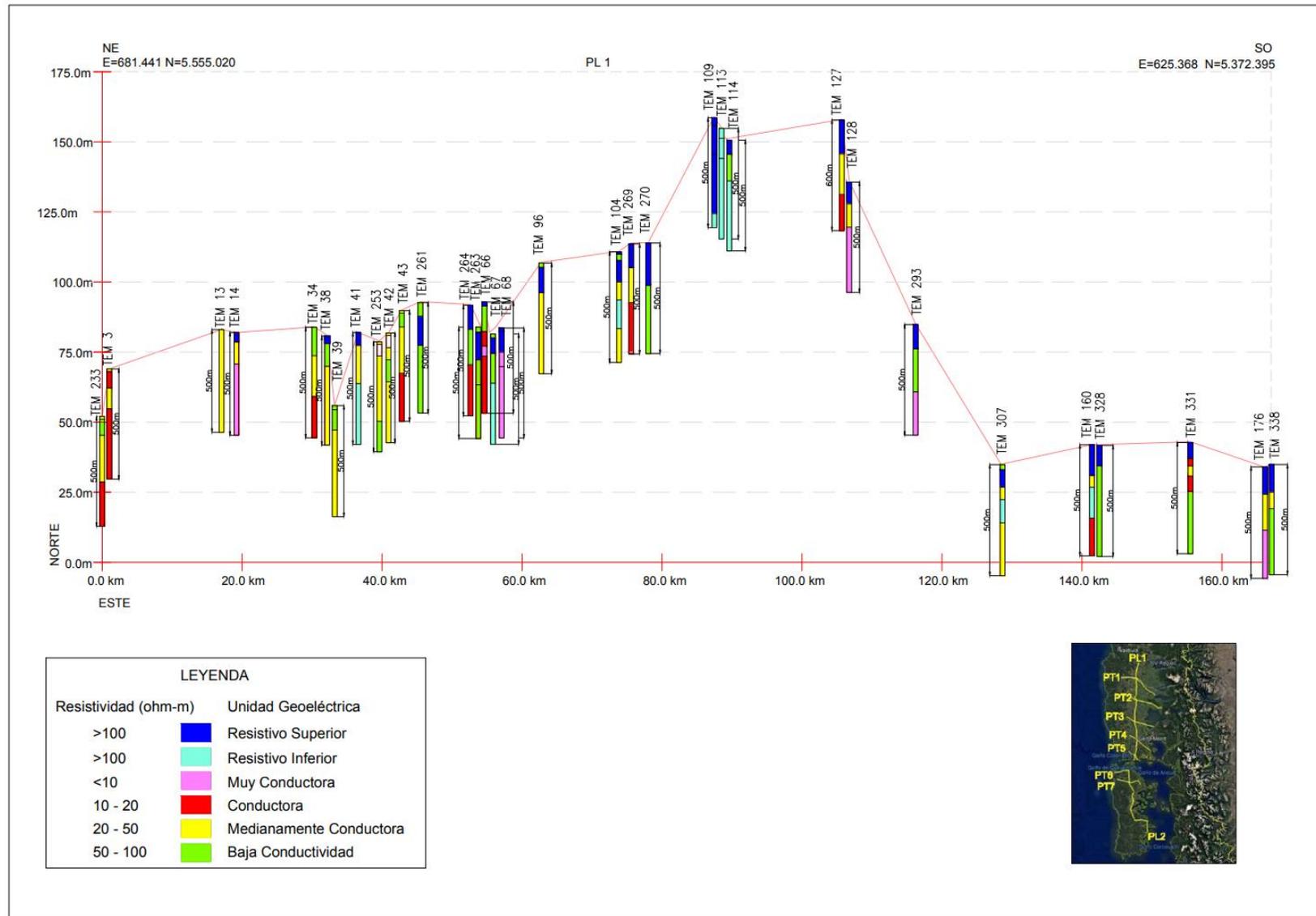
Por otro lado, en el sector norte de la Isla de Chiloé es donde se detectó la mayor profundidad del basamento, específicamente entre Ancud y Chacao, donde se alcanzan espesores de relleno del orden de 1.100 a 1.200 m. Este relleno disminuye hacia el sur, llegando hasta cerca de los 300 m en el sector de Castro y no más de 100 m en Quellón.

### **5.2.2. Resultados Transiente Electromagnético (TEM)**

El estudio de TEM permitió definir las propiedades del relleno sedimentario, entregando como resultado una estimación del material que lo compone y en algunos casos, la profundidad a la cual se encontraría el basamento rocoso.

Como resumen, se presenta a continuación un perfil longitudinal del valle central con las unidades identificadas.

Figura 5.2.1 Perfil Longitudinal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas



## 6. ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 6.1. Hidrología superficial

#### 6.1.1. Análisis de precipitaciones mensuales y anuales

Las estaciones pluviométricas que se consideraron para el proceso estadístico son las que se indican en la siguiente tabla, totalizando 15 estaciones seleccionadas.

**Tabla 6.1-1: Estaciones pluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de precipitaciones mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S)**

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10701001-7	LAGO ESPOLON	Vigente	749.082	5.210.291
10704001-3	PALENA	Vigente	759.273	5.165.232
10340002-3	RUPANCO	Vigente	695.230	5.483.470
10350001-K	FRESIA	Vigente	633.087	5.442.651
10355001-7	PURRANQUE	Vigente	656.583	5.466.249
10360002-2	ADOLFO MATTHEI	Vigente	659.967	5.504.864
10371001-4	TRINIDAD	Vigente	632.886	5.535.840
10410004-K	FRUTILLAR	Vigente	662.522	5.445.017
10417001-3	MAULLIN	Vigente	616.409	5.391.638
10425001-7	PUERTO MONTT	Vigente	671.997	5.407.771
10900001-9	QUEMCHI	Vigente	625.947	5.333.107
10901002-2	CASTRO	Suspendida	600.534	5.298.285
10903003-1	ANCUD	Vigente	597.772	5.364.464
10904005-3	CHEPU	Vigente	584.662	5.344.212
10906004-6	CUCAO	Vigente	572.916	5.280.800

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA-MOP, 2017

Se efectuaron los procesos de relleno y extensión de las estadísticas y las respectivas curvas de variación estacional; el período considerado en los análisis fue de 30 años (1987-2016).

En términos generales, con relación a las precipitaciones medias anuales en la región de Los Lagos se puede decir lo siguiente:

- Sector de Osorno: en los entornos de Osorno llueve 1.300 mm/año en promedio, precipitación que tiende a aumentar hacia el Sur, Este y Oeste.
- Sector de Puerto Montt: la precipitación media anual varía entre 1.800 mm/año y 1.900 mm/año, también aumentando hacia el Sur.
- Sector Ancud, Isla de Chiloé: en esta zona la precipitación media anual llega a los 2.100 mm/año.
- Sector Castro, Isla de Chiloé: en esta zona la precipitación media anual llega a los 1.800 mm/año.

#### 6.1.1.1. Análisis de Precipitaciones Máximas

Se recopilaron y procesaron precipitaciones máximas diarias ( $P_{\max}^{24h}$ ), para llegar a obtener precipitaciones máximas diarias para un período de retorno de 10 años.

En términos generales, con relación a las precipitaciones máximas diarias para un período de retorno de 10 años, en la región de Los Lagos se puede decir que en general el valor es de 100 mm, excepto en Puerto Montt donde la P máx diaria (T= 10 año) fluctúa entre 75 mm y 100 mm.

#### 6.1.2. Análisis Fluviométrico

La región se caracteriza por presentar una gran cantidad de ríos de régimen mixto (pluvio y pluvio-nival) y con caudal permanente producto de las altas y constantes precipitaciones.

Las hoyas hidrográficas más importantes de la región son las siguientes:

**Río Maullín:** tiene una longitud de 85 km. Su caudal medio es de 100 m<sup>3</sup>/s, y un régimen de alimentación netamente pluvial. Nace en el lago Llanquihue y desemboca en la amplia

bahía de Maullín, y sólo es navegable en su curso inferior por naves de poco calado. Su hoya hidrográfica tiene una superficie de 4.300 km<sup>2</sup>.

**Río Petrohué:** posee una longitud de 36 km. Nace en el extremo occidental del lago Todos los Santos hasta su desembocadura en el fiordo de Reloncaví, en la bahía de Ralún. Su hoya hidrográfica es de 2.640 km<sup>2</sup>, su régimen de alimentación es pluvial y está regulado por el lago Todos los Santos; su caudal medio es de 278 m<sup>3</sup>/s.

**Río Puelo:** nace en el lago Puelo y desemboca en el estuario de Reloncaví después de recorrer 120 km. Tiene un régimen de alimentación pluvial y su caudal medio es de 670 m<sup>3</sup>/seg. Sus aguas se utilizan en la producción de energía hidroeléctrica en la central Puelo. La hoya del río Puelo es de 8.830 km<sup>2</sup>, de las cuales sólo 2.990 km<sup>2</sup> están en territorio chileno.

**Río Yelcho:** nace en el lago Yelcho y desemboca en la ensenada de Chaitén en el golfo de Corcovado. Es alimentado por los ríos Futaleufú, Correntoso, Cascada, Enredadera y Malito. Tiene una extensión de 246 km y una hoya hidrográfica transandina de 11.000 km<sup>2</sup>. Su régimen de alimentación es pluvial y su caudal medio es de 360 m<sup>3</sup>/seg. Es navegable a excepción en el sector de su desembocadura.

Por otro lado, en la isla de Chiloé los ríos presentan un corto trayecto y amplias desembocaduras, semejando los sistemas costeros del continente más al norte. Se destacan allí los ríos Pudeto, Chepu y el complejo lacustre Cucao-Huillinco-Tepuhueco.

Las estaciones fluviométricas que se consideraron para el proceso estadístico son las que se indican en la Tabla 6.1-2, totalizando 9 estaciones seleccionadas.

**Tabla 6.1-2: Estaciones fluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de caudales medios mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S)**

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10343001-1	RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE	Vigente	694.829	5.465.583
10340001-5	RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	Vigente	694.738	5.482.328
10411002-9	RIO NEGRO EN LAS LOMAS	Vigente	661.819	5.415.921
10362001-5	RIO DAMAS EN TACAMO	Vigente	664.874	5.500.059
10363002-9	RIO FORRAHUE EN AROMOS	Vigente	656.726	5.471.943
10356001-2	RIO NEGRO EN CHAHUILCO	Vigente	650.208	5.491.390
10364001-6	RIO RAHUE EN FORRAHUE	Vigente	646.723	5.512.103
10903001-5	RIO VILCUN EN BEL-BEN	Vigente	608.844	5.343.790
10904001-0	RIO GRANDE EN SAN PEDRO	Vigente	595.208	5.310.271

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA-MOP, 2017

Al igual que lo señalado en el capítulo de las precipitaciones, el relleno y extensión de las estadísticas fluviométricas consideró el período comprendido entre 1987 y 2016 (30 años). Se determinaron curvas de variación estacional, cuyos resultados se incluyen en la siguiente tabla.

**Tabla 6.1-3: Análisis de distribución de frecuencia - Caudales Medios Anuales (m<sup>3</sup>/s)**

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST $\chi^2$	
		5	10	20	50	80	85	90	95	$\chi^2$ (calculado)	$\chi^2(0,05)$
RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	Normal	133,2	126,5	118,5	103,1	87,7	84,1	79,6	73,0	5,99	9,49
	Log-Normal	138,9	129,6	119,1	101,4	86,3	83,1	79,3	73,9	6,04	9,49
	Pearson	130,6	125,4	118,7	104,5	88,3	84,2	78,9	70,8	6,09	7,81
	Log-Pearson	131,2	126,1	119,3	104,3	87,6	83,6	78,5	70,9	4,94	7,81
	Gumbel	143,1	131,3	118,9	100,2	86,3	83,6	80,4	76,1	4,59	9,49
RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE	Normal	40,4	38,2	35,6	30,5	25,5	24,3	22,8	20,6	2,70	9,49
	Log-Normal	43,2	39,8	36,1	29,8	24,7	23,6	22,4	20,6	2,40	9,49
	Pearson	39,0	37,6	35,6	31,2	25,8	24,4	22,5	19,6	2,20	7,81
	Log-Pearson	38,6	37,6	35,9	31,4	25,6	24,1	22,2	19,3	2,79	7,81
	Gumbel	43,7	39,8	35,7	29,6	25,0	24,1	23,1	21,7	2,22	9,49
RIO NEGRO EN CHAHUILCO	Normal	87,3	81,0	73,4	58,9	44,3	41,0	36,7	30,5	1,44	9,49
	Log-Normal	97,8	86,5	74,5	56,0	42,1	39,4	36,3	32,1	1,67	9,49
	Pearson	86,5	80,7	73,5	59,3	44,5	41,0	36,5	29,7	1,48	7,81
	Log-Pearson	86,1	81,2	74,5	59,6	43,7	40,1	35,7	29,5	1,37	7,81
RIO DAMAS EN TACAMO	Gumbel	96,7	85,5	73,8	56,2	43,1	40,5	37,5	33,4	1,67	9,49
	Normal	12,5	11,6	10,5	8,4	6,3	5,8	5,1	4,2	2,03	9,49
	Log-Normal	14,4	12,6	10,8	7,9	5,8	5,4	5,0	4,4	5,00	9,49
	Pearson	12,1	11,4	10,5	8,6	6,4	5,8	5,0	3,9	2,42	7,81

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST $\chi^2$	
		5	10	20	50	80	85	90	95	$\chi^2$ (calculado)	$\chi^2(0,05)$
	Log-Pearson	12,5	11,8	10,8	8,5	6,1	5,5	4,9	4,0	1,23	7,81
	Gumbel	13,9	12,3	10,6	8,0	6,1	5,7	5,3	4,7	4,98	9,49
RIO FORRAHUE EN AROMOS	Normal	5,7	5,3	4,8	3,9	3,0	2,8	2,5	2,1	2,46	9,49
	Log-Normal	6,3	5,6	4,9	3,7	2,9	2,7	2,5	2,2	3,86	9,49
	Pearson	5,5	5,2	4,8	4,0	3,0	2,8	2,5	2,0	2,42	7,81
	Log-Pearson	5,5	5,3	4,9	4,0	3,0	2,7	2,4	2,0	1,89	7,81
	Gumbel	6,2	5,6	4,8	3,7	2,9	2,8	2,6	2,3	3,51	9,49
RIO RAHUE EN FORRAHUE	Normal	328,0	307,7	283,0	235,9	188,8	177,8	164,1	143,7	2,14	9,49
	Log-Normal	346,9	316,5	283,2	229,1	185,3	176,4	165,8	151,3	0,56	9,49
	Pearson	327,5	307,5	283,1	236,2	188,9	177,8	163,9	143,2	2,14	7,81
	Log-Pearson	331,7	310,4	284,2	234,6	187,2	176,7	164,0	145,9	0,59	7,81
	Gumbel	358,5	322,2	284,3	227,1	184,6	176,3	166,6	153,3	0,54	9,49
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	Normal	11,7	10,9	9,9	8,1	6,3	5,9	5,4	4,6	2,50	9,49
	Log-Normal	12,7	11,4	10,0	7,8	6,1	5,7	5,3	4,8	4,03	9,49
	Pearson	11,4	10,8	10,0	8,3	6,4	5,9	5,3	4,4	3,54	7,81
	Log-Pearson	11,7	11,0	10,1	8,2	6,2	5,8	5,3	4,5	3,04	7,81
	Gumbel	12,8	11,4	10,0	7,8	6,2	5,9	5,5	5,0	4,03	9,49
RIO VILCUN EN BEL-BEN	Normal	15,7	14,9	13,9	12,0	10,2	9,7	9,2	8,4	1,88	9,49
	Log-Normal	16,6	15,4	14,1	11,8	9,9	9,5	9,0	8,4	3,61	9,49
	Pearson	15,4	14,7	13,9	12,2	10,2	9,7	9,1	8,1	2,54	7,81
	Log-Pearson	15,0	14,6	14,0	12,4	10,2	9,7	9,0	7,9	5,71	7,81
	Gumbel	16,9	15,5	14,0	11,7	10,0	9,7	9,3	8,7	4,24	9,49
RIO GRANDE EN SAN PEDRO	Normal	31,7	30,4	28,7	25,6	22,4	21,7	20,8	19,4	7,45	9,49
	Log-Normal	32,6	30,8	28,8	25,3	22,2	21,6	20,8	19,6	6,61	9,49
	Pearson	31,7	30,4	28,7	25,6	22,4	21,7	20,8	19,4	7,45	7,81
	Log-Pearson	31,2	30,2	28,8	25,9	22,5	21,7	20,6	19,0	8,15	7,81
	Gumbel	33,8	31,4	28,8	25,0	22,1	21,6	20,9	20,0	7,42	9,49

Nota: celda sombreada corresponde a la distribución escogida

Ref.: Elaboración propia

### 6.1.3. Generación de Caudales en Cuencas sin Control Fluviométrico

Para la generación de caudales medios mensuales en cauces menores con cuya fuente superficial se contemplen efectuar los proyectos de riego, se utilizaron relaciones de precipitación-escorrentía, estudiando las distintas relaciones existentes en la literatura y determinando la que aplica de mejor forma a la zona de estudio. Las relaciones analizadas fueron Turc y Peñuelas. Los métodos fueron validados aplicándolos en 4 cuencas de la zona de estudio que tuvieran características similares a las cuencas donde se generarán los caudales a utilizar para los proyectos de riego.

En base al resultado del proceso de validación, se propuso utilizar el promedio de los métodos de Turc y Peñuelas para la generación de caudales medios mensuales en cuencas sin control fluviométrico.

## 6.2. Análisis de Calidad de Aguas Superficiales

Se caracterizó la calidad de las aguas superficiales de la X Región de Los Lagos, fundamentada en la serie de datos que aportan las siguientes fuentes de información:

- a) Red hidrométrica de calidad de la DGA: se trabaja con datos medidos desde el año 2000 hasta la fecha, con el objetivo de evitar posibles errores en las mediciones por antigüedad de los datos (datos duros en Anexo 8-6 digital).
- b) Información de calidad de aguas recopilada por la SISS, a través de su *Sistema de Información de Facturación y Atención de Clientes* (SIFAC), mediante el protocolo denominado *PR18*. Dada la estructura y calidad de los datos duros, se han considerado las mediciones informadas para los años 2013 a 2015 (datos duros en Anexo 8-7 digital).

Siendo la base de comparación lo establecido por la norma NCh1333 of 78 para el uso de las aguas en riego, la caracterización mencionada se realizó a través de gráficas tipo “*boxplot*” (gráfico de cajas), superpuestas a los límites de concentración indicadas por la normativa.

En términos generales, de todos los parámetros analizados, se pudo apreciar que sólo cuatro de ellos muestran situaciones fuera de norma (NCh1333): Mo, Hg, B y Na.

Por otro lado, todos los parámetros informados a través del PR18 cumplen la Norma NCh1333 of 78. La información comparable entre los datos de la DGA y del PR18, es consistente ya que respecto a los parámetros que, con base en los registros DGA, están fuera de norma (Mo, Hg, B y % Na), tal información no pudo ser contrastada con la del PR18, pues este último no presenta registros asociados a dichos parámetros.

El principal problema relacionado al riego con agua que contienen altas concentraciones de molibdeno (Mo) es que este compuesto es absorbido y concentrado por las plantas, pudiendo causar problemas tóxicos a animales rumiantes que se alimentan de esas plantas. Con relación al Mercurio (Hg), éste es absorbido a través de sus raíces, lo que produce toxicidad en los cultivos y acumulación en porciones comestibles de la planta usada para consumo humano.

La toxicidad del boro (B) en las plantas se caracteriza por crecimiento lento, malformación de la hoja, colores café y amarillento, clorosis, necrosis, incremento de moho, marchitez e inhibición de germinación de polen y crecimiento de tubos de polen. Por último, altos contenidos de iones de sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración.

Luego de haber desarrollado los 100 proyectos, se tomaron 46 muestras de agua superficial, cuyos análisis se pueden consultar en puntos posteriores.

### **6.3. Derechos de Aguas Superficiales**

Se realizó una recopilación de los derechos de aprovechamientos de aguas superficiales y en trámite a partir de la revisión de los registros del Catastro Público de Aguas (CPA) de la DGA-MOP para la región de Los Lagos. Los análisis se hicieron tanto en los derechos de tipo consuntivo como no consuntivo, constituidos y en trámite.

De acuerdo con los análisis de los derechos de aguas superficiales constituidos y en trámite efectuados en los puntos precedentes, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- a) El caudal total de derechos de aguas superficiales constituidos suman 4.646 m<sup>3</sup>/s, de los cuales el 96,92 % corresponde a uso no consuntivo; sólo 143 m<sup>3</sup>/s están asociados a usos consuntivos.
- b) Respecto a la situación de los derechos de agua por provincias, la distribución porcentual de caudales de aguas superficiales constituidas es muy similar en las

provincias de Osorno, Palena y Llanquihue, cerca de un 30%, respectivamente, mientras que en Chiloé es de sólo un 6 %.

- c) En todas las provincias que constituyen la región de Los Lagos, los caudales asociados a usos no consuntivos son siempre superiores al 95 % del total de derechos otorgados o bien en trámite.

## **7. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO**

### **7.1. Catastro de Captaciones Subterráneas**

Se catastraron un total de 947 pozos y 2 norias en la región de Los Lagos, incluyendo las provincias de Chiloé y Palena; el catastro se realizó entre Noviembre del 2017 y Mayo del 2018. Respecto al uso que se le da al agua extraída desde los pozos, un 82% son destinadas para el uso potable, ya sea de manera exclusiva, o bien, combinado con riego, industrial u otros usos como bebida para animales. Un 25% son empleadas exclusivamente para consumo humano, en torno al 11% son utilizadas sólo para el riego y menos de un 2% son destinadas para la industria como único uso.

De los sondeos donde fue posible medir los niveles se desprende que en general, en las provincias de Osorno y Llanquihue, la napa se encuentra en torno a los 16 m de profundidad, llegando incluso a aflorar en algunos sectores (hacia el poniente del área de interés hidrogeológico). También es posible encontrar la napa a más de 30 m e incluso, casi hasta 60 m de profundidad, principalmente, en sectores más alejados de los escurrimientos superficiales.

Por otro lado, en la provincia de Chiloé se observó que el rango de profundidades de niveles de napas medidos es bastante más amplio, llegando a detectarse incluso a casi 90 m de profundidad en el sector de Puchauran, entre Dalcahue y Quemchi. Los niveles más someros se midieron en torno a las ciudades ubicadas a orillas del mar, como Ancud, Dalcahue, Castro y Chonchi. En ellas el nivel de la napa se midió en general a menos de 3 m de profundidad.

## 7.2. Derechos de Aguas Subterráneas

### 7.2.1. Derechos Constituidos

Del sitio oficial de la DGA ([www.dga.cl](http://www.dga.cl)) se obtuvo la información de derechos de agua subterráneos a Diciembre de 2017.

De acuerdo con este antecedente, en la región de Los Lagos existe un total de 2.994 derechos subterráneos constituidos por un caudal de más de 30 m<sup>3</sup>/s. En la siguiente tabla se entrega un resumen de dicha información.

**Tabla 7.2-1: Resumen de Derechos de Agua Subterránea Constituidos**

Descripción	Unidad	Cantidad
Total de derechos subterráneos constituidos	Nº	2.994
Total de derechos sin coordenadas	Nº	43
Derechos ubicados mediante foto satelital	Nº	9
Derechos otorgados según Art. 4º o 6º transitorio	Nº	1.042
Derechos con $Q < 1$ l/s (Q prom=0,3 l/s)	Nº	857
Derechos con $1 \leq Q \leq 5$ l/s (Q prom=3 l/s)	Nº	1.068
Derechos con $5 < Q \leq 10$ l/s (Q prom=7 l/s)	Nº	340
Derechos con $Q > 10$ l/s (Q prom=34 l/s)	Nº	729

El listado de solicitudes de derechos de agua en trámite está formado por 386 solicitudes que fueron ingresadas entre 2017 y 2018 que aún no han sido tramitadas por la DGA, por un caudal total de más de 3 m<sup>3</sup>/s.

## 7.3. Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos

Sobre la base de los antecedentes de pruebas de bombeo recopiladas, se calcularon los valores de la Permeabilidad (k) y Transmisividad (T), en 226 pozos ubicados en toda la región de Los Lagos.

Para las provincias de Osorno, Llanquihue y Chiloé, se tienen valores de permeabilidad del orden de  $2$  a  $3 \cdot 10^{-4}$  m/s (222 pruebas analizadas), mientras que en Palena este parámetro es un orden de magnitud mayor, pero considerando sólo 4 pruebas de bombeo.

#### **7.4. Curvas Equipotenciales**

A partir de los niveles medidos durante el catastro de captaciones subterráneas, se generaron curvas equipotenciales para toda el área de estudio. El agua subterránea muestra un escurrimiento preferente de este a oeste, en el territorio continental, siguiendo el sentido de escurrimiento de los cauces superficiales. Por otro lado, en la isla de Chiloé, se observa que la napa tiende a escurrir desde oeste a este.

#### **7.5. Caracterización de los Acuíferos**

En base a los antecedentes recopilados y generados en este trabajo, se caracterizaron los acuíferos de la región de Los Lagos, separados por provincia, con el objeto de dar un mayor ordenamiento a la información.

##### **a) Provincia de Osorno**

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, arenas. De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre surgente y 60 m de profundidad, con un valor medio del orden de 16 m. El valor medio de la permeabilidad determinada para el sector es de  $1,8 \cdot 10^{-4}$  m/s.

##### **b) Provincia de Llanquihue**

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida arenas. De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre surgente y 59 m de profundidad, con un valor medio del orden de 18 m. El valor medio de la permeabilidad determinada para el sector es de  $2,9 \cdot 10^{-4}$  m/s.

### c) Provincia de Chiloé

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, gravas y arenas limosas. De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre 0,4 y 87 m de profundidad, con un valor medio del orden de 21 m.

El valor medio de la permeabilidad determinada para el sector es de  $2,9 \cdot 10^{-4}$  m/s.

#### 7.6. Calidad de Aguas Subterráneas

Para la caracterización de la calidad de las aguas subterráneas, se cuenta con los antecedentes de la red de monitoreo de la DGA, además de antecedentes de pozos de empresas sanitarias.

De acuerdo con estos antecedentes, en general las aguas subterráneas de la región de Los Lagos, cumplen con los límites admitidos en la norma para el uso de aguas en riego (NCh. 1333), salvo para los elementos Hierro, Manganeso y Cobre.

Luego de haber desarrollado los 100 proyectos, se tomaron 2 muestras de agua subterránea, cuyos análisis se pueden consultar en puntos posteriores.

#### 7.7. Establecimiento de Áreas Homogéneas Subterráneas

De acuerdo a la revisión de los antecedentes de unidades territoriales homogéneas y de la información hidrogeológica de la zona, se ha determinado que el área total estudiada se puede dividir en áreas homogéneas subterráneas, que se asemejan en algunos límites a las unidades territoriales homogéneas, pero con algunas diferencias importantes, lo que da origen a la sectorización que se presenta en la figura adjunta y que se describe a continuación.

Valle Central 1: Coincide aproximadamente con la parte norte de la unidad territorial “Valle Central Agroindustrial”, incluye las comunas de San Pablo, Osorno y Río Negro, la parte

oriental de la comuna de San Juan de la Costa y la parte noroccidental de la comuna de Puerto Octay. Presenta potencial para extraer aguas subterráneas, por caudales susceptibles de extraer y por niveles freáticos esperados. Sin embargo, se observan valores del Coeficiente de Transmisividad menores que los de la unidad homogénea que se ubica inmediatamente al sur. No sería la mejor zona.

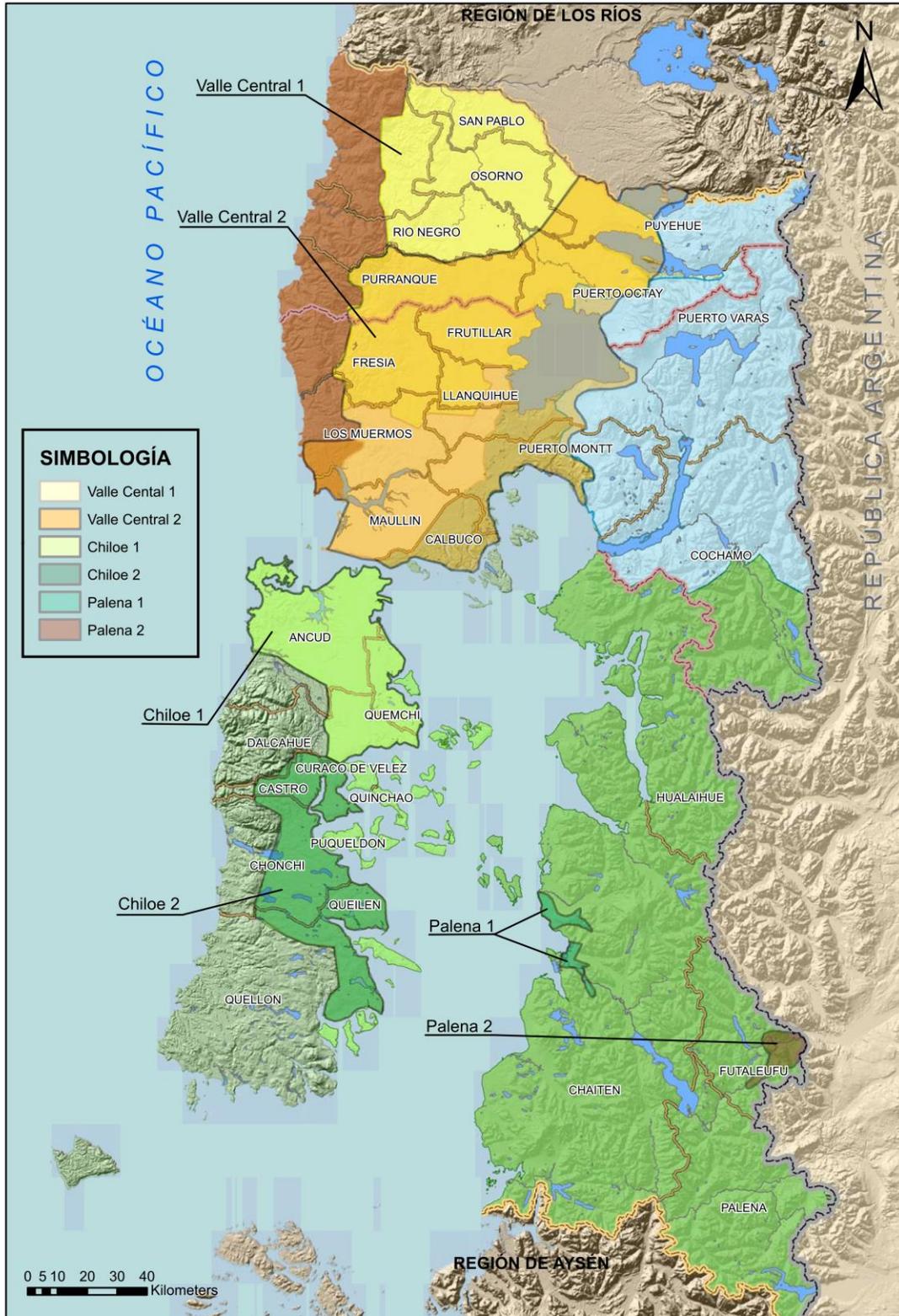
Valle Central 2: Incluye la parte sur de la unidad territorial “Valle Central Agroindustrial”, la unidad “Valle Agropecuario”, la parte sur extrema de la unidad Mapu-Lahual y una franja, en el costado occidental de la unidad “Lagos Andinos”. Es la que presenta mejores perspectivas para extraer aguas subterráneas, tanto por caudales susceptibles de extraer, como por niveles freáticos esperados. Además, esto se complementa con valores de transmisividad altos, lo que confirma que esta es la unidad homogénea subterránea más atractiva desde el punto de vista técnico.

Chiloé 1: Coincide con la parte norte de la unidad territorial Chiloé interior, incluyendo desde Ancud, hasta antes de Dalcahue. Esta unidad homogénea subterránea tiene potencial hidrogeológico limitado. Caudales pequeños y niveles freáticos que pueden ser profundos confirman lo señalado.

Chiloé 2: Coincide con la parte sur de la unidad territorial Chiloé interior, incluyendo desde Dalcahue hasta Quellón. Al igual que la unidad anterior, esta unidad homogénea subterránea también tienen potencial hidrogeológico limitado, aunque presenta mejores perspectivas que la unidad anterior, dado que los caudales de extracción son superiores a los observados en la unidad descrita en el párrafo anterior.

A continuación, se pueden ver las áreas homogéneas subterráneas que fueron definidas.

Figura 7.7.1 Áreas Homogéneas Subterráneas



Fuente: Elaboración Propia

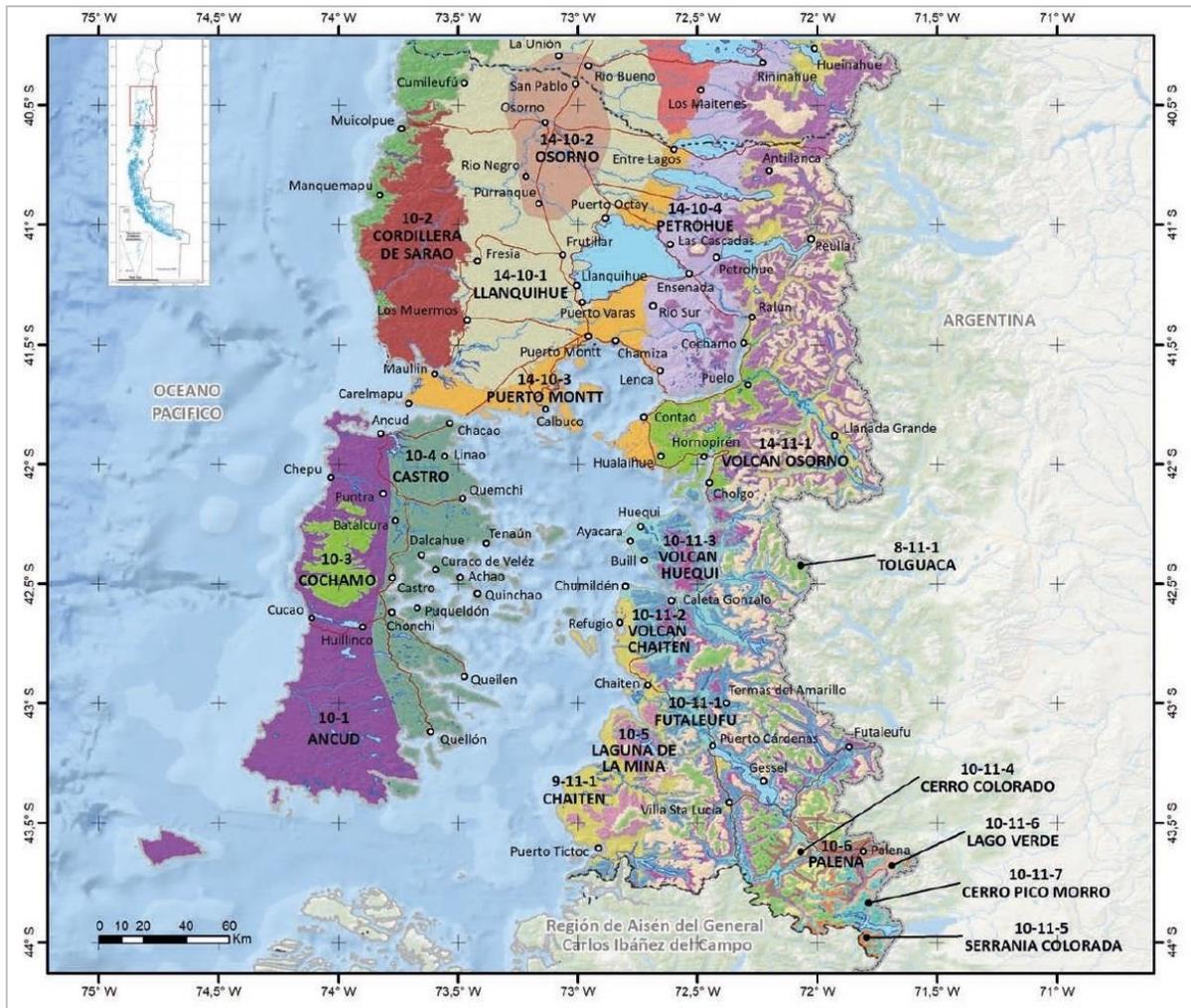
## 8. CLIMA

Para caracterizar el clima y agroclima del área en estudio se utilizó la información más actualizada en esta materia, la que corresponde a la contenida en el Atlas Agroclimático de Chile del año 2017, elaborado por la Universidad de Chile y Agrimed.

### 8.1. Caracterización Agroclimática

El área de estudio abarca la Región de Los Lagos, cuyos distritos agroclimáticos se presentan en la Figura 8.1-1. Estos fueron definidos por el Atlas Agroclimático de Chile, año 2017.

**Figura 8.1-1 Mapa Agroclimático**



El clima es óptimo para una gran gama de cultivos, como algunos frutales de hoja caduca y berries. En cuanto a cultivos anuales y hortalizas, en esta zona es posible el cultivo de una amplia gama de especies, tales como trigo, papa, porotos, remolacha, lechuga y zanahorias, entre otros. Además, las praderas se adaptan favorablemente.

Cabe señalar que los Distritos ubicados más al oriente, como Antillanca, presentan limitantes en temperaturas, heladas y acumulación de días grados. En el centro, se amplía la gama de cultivos, tanto anuales como frutales. Más al poniente, a pesar de las condiciones favorables de menor incidencia de heladas, aumenta la adaptación de las especies señaladas, pero debido a la nubosidad, y menor cantidad de días grados, disminuye el potencial de adaptación.

Con cambio climático hacia el año 2050 se produciría un aumento de las temperaturas, los días grados y de la evapotranspiración potencial. En contraposición, entre los parámetros que anotarían descensos figuran las horas frío, las heladas y las precipitaciones.

Así, algunas especies frutales que actualmente tienen una adaptación media a media-alta en el área de estudio, a futuro podría mejorar su adaptabilidad, al aumentar la cantidad de días-grado, disminuir el número de heladas como también ampliar el período libre de heladas.

La proyección de alza en las temperaturas, aumento de las evapotranspiración potencial y disminución de las precipitaciones, necesariamente implicará mayores requerimientos de agua de riego.

## 9. CALIDAD DE SUELOS

En la provincia de Osorno, los predios de hasta 12 HRB, el 19,2% de los suelos posee Capacidad de Uso I y II, las que no presentan ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Entretanto, los suelos correspondientes a la clasificación III suman el 26,6%, equivalentes a 70.841 ha, presentan ligeras limitaciones o requieren moderadas prácticas de conservación. Los suelos con Capacidad de Uso IV abarcan el 18%; los suelos VI de Capacidad de Uso agrupan el 13% y los no cultivables del orden del 21,8%.

En la Provincia de Llanquihue el 6,4% de los suelos posee Capacidad de Uso I y II, las que no presentan ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Los suelos correspondientes a la clasificación III suman el 28,4%, equivalentes a 120.687 ha, presentan ligeras limitaciones o requieren moderadas prácticas de conservación. Los suelos con Capacidad de Uso IV abarcan el 8,2%; los suelos V y VI de Capacidad de Uso agrupan el 24,5% y los no cultivables del orden del 19%.

En la Provincia de Chiloé, sólo el 2,5% de los suelos posee Capacidad de Uso II, la que no presenta ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Los suelos con clasificación III suman el 11%, equivalentes a 56.037 ha, presentan ligeras limitaciones o requieren moderadas prácticas de conservación. Los suelos correspondientes a la clasificación IV suman el 8,7%, los V el 16,2%, los VI de Capacidad de Uso agrupan el 12,1% y los no cultivables del orden del 44%.

Finalmente, en la Provincia de Palena, el 12,2% de los suelos posee Capacidad de Uso III, equivalentes a 3.379,9 ha, las que presentan ligeras limitaciones o requieren moderadas prácticas de conservación. Los suelos correspondientes a la clasificación IV suman el 19,5%, los V el 7,8%, los VI de Capacidad de Uso agrupan el 21,4% y los no cultivables del orden del 28%.

### **9.1. Encuesta Agronómica**

Con el objeto de recabar antecedentes para el diagnóstico de la situación actual y determinar el interés por participar en proyectos de riego, entre otros aspectos, se procedió a aplicar una encuesta muestral a 600 predios al interior del área de proyecto.

En la siguiente tabla se presenta el número total de predios al interior de la Región de Los Lagos y su relación con aquellos predios que tienen una superficie menor o igual a las 12 H.R.B.

**Tabla 9.1-1 Distribución Predial Total y Predios de Tamaño menor o igual a 12 HRB**

Provincia	Número de Predio		
	Total	</= 12 HRB	%
Osorno	11.160	9.740	87,0%
Llanquihue	12.612	11.646	92,0%
Chiloé	6.714	6.639	99,0%
Palena	2.716	2.649	98,0%
<b>Total</b>	<b>33.202</b>	<b>30.674</b>	<b>92,0%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información del SII y de CIREN

## 9.2. Estudio de Mercado, Comercialización y Precios

Se realizó un estudio de mercado, comercialización y precios, tanto para los productos determinados en situación actual como aquellos que presentan viabilidad técnica y económica de expandir su superficie. Dicha información corresponde a la superficie de cultivo nacional, distribución regional, evolución de la producción, canales de comercialización, precios, exportaciones, importaciones, acuerdos comerciales, perspectivas, etc.

De esta manera, las perspectivas para los productos con signo “+” son favorables, y cualquier otra zona aledaña a la del proyecto, que compita con los mismos productos, no perjudicará la producción del área de estudio, ya que Chile es un productor de contraestación que ha identificado plazas de colocación para su producción.

**Tabla 9.2-1 Perspectivas en el Mediano a Largo Plazo**

Producto	Perspectivas
Avena	++
Papa Semilla	+
Papa Consumo	0
Papas Preparadas	+
Poroto	-
Trigo	0
Carne Bovina	+

Carne Ovina	+
Alfalfa	+
Leche	+
Arándano	+
Avellana	+
Cereza	+
Frambuesa	+
Frutilla	+
Manzana	+
Ajo	+
Arveja Congelada	+
Choclo Congelado	+
Tomate Fresco	

Fuente: Elaboración propia, en base a antecedentes recopilados.

### 9.2.1. Demandas de Agua de Riego

Las demandas de agua de riego se determinaron a través de los procedimientos habituales que se usan en estos casos. Las eficiencias de riego consideradas son 90% en Goteo y Cinta, 85% en Pivote, 75% en Aspersión, 45% en Surco y 30% en Tendido. Se debe señalar que la eficiencia ponderada para la provincia de Osorno es 77%, en Llanquihue es de 57%, en Chiloé de 45% y en Palena es de 54%.

La demanda bruta para la provincia de Osorno alcanza a los 20,1 millones de m<sup>3</sup>, con un mes de máxima demanda en enero con 1.347 m<sup>3</sup>/ha/mes. En la provincia de Llanquihue la demanda alcanza a los 1,5 millones de m<sup>3</sup>, con un mes de máxima demanda en enero con 1.672 m<sup>3</sup>/ha/mes. En la provincia de Chiloé la demanda alcanza a los 1,1 millones de m<sup>3</sup>, con un mes de máxima demanda en febrero con 936 m<sup>3</sup>/ha/mes. Finalmente, en la provincia de Palena la demanda alcanza a los 409.664 m<sup>3</sup>, con un mes de máxima demanda en febrero con 842 m<sup>3</sup>/ha/mes.

## 10. INTERÉS DE LOS USUARIOS EN EL PROYECTO

De acuerdo con lo consignado en las encuestas, la mayoría de los agricultores informó estar de acuerdo con proyectos asociativos de riego. En la provincia de Osorno con 265 encuestas, el 89% de los agricultores, equivalentes a 237 encuestados, señaló que está de acuerdo con los proyectos de riego. En la provincia de Llanquihue, el 84% de los encuestados informó estar de acuerdo con el proyecto. En la provincia de Chiloé, el 90% de los encuestados informó estar de acuerdo con el proyecto y en la provincia de Palena, el 66% de los encuestados informó estar de acuerdo con el proyecto.

De esta manera, en la Región de Los Lagos, de un total de 600 encuestas, el 86% está de acuerdo con la implementación de proyectos de riego, el 10,3% señala que no participará y, el 3,7% restante, no sabe qué decisión tomar.

## 11. PRIORIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PERFILES DE PROYECTO

### 11.1. Selección Inicial de Beneficiarios

En el estudio agronómico desarrollado en toda la región de Los Lagos, se seleccionaron 127 sectores, compuestos por predios con superficie menor o igual a las 12 HRB, capacidades de uso I a III y considerando que sean grupos colectivos de predios y no predios individuales.

Se efectuaron 600 encuestas agronómicas, las que permitieron filtrar los predios en que los agricultores no tenían interés o cuyo rol no se encontró en el shape de propiedades. Así, se llegó a un número total de 359 encuestas (predios) como primera preselección para toda la región de Los Lagos. Estos predios clasificados por provincia son:

- Provincia de Osorno: 188
- Provincia de Llanquihue: 104
- Provincia de Chiloé: 41
- Provincia de Palena: 26

## 11.2. Ideas de Perfiles de Proyectos de Riego

A grandes rasgos, los perfiles de proyectos de riego que han sido abordados tienen elementos similares, con la única diferencia del sistema de captación de aguas, ya que este puede ser de tipo subterráneo (pozo, noria dren) o de tipo superficial (toma de estero o río). Los proyectos de aguas subterráneas contemplados en este estudio cuentan con:

- Pozo ubicado en el predio (s) del (los) beneficiario (s)
- Bombeo con energía solar (paneles fotovoltaicos) a un estanque de acumulación, que será una piscina excavada revestida con membrana de HDPE.
- Dicha piscina hará de respaldo, y fue calculada para el riego de 1 día
- Desde la fuente se distribuye el agua a los predios involucrados en el proyecto que se analiza.

La composición de un proyecto con fuente de agua superficial es el mismo anterior, sólo que la fuente es el bombeo con energía solar desde un estero y/o río para llevar las aguas al estanque de acumulación correspondiente y a los predios.

## 11.3. Selección de Perfiles de Proyectos

La selección de los 100 proyectos se realizó a través de 7 visitas a terreno, en las que se visitaron a 119 beneficiarios previamente seleccionados, a partir de los cuales se escogieron los 100 proyectos definitivos.

Los criterios para la selección de los predios que fueron visitados en terreno fueron los siguientes:

- a) Se trabajó en la zona de las Provincias de Osorno, Llanquihue y Chiloé. Se descartó la Provincia de Palena debido a que existe un menor déficit de agua para riego y además las precipitaciones son mucho mayores que las otras 3 provincias.

- b) Se privilegió a los agricultores que tuvieran interés en este tipo de proyectos. También aquellos que asistieron a las PAC y que tuvieran predios productivos, o bien, que tengan proyectado hacerlos productivos, en caso de contar con agua para riego.
- c) En Google Earth se ubicaron los 188 predios preseleccionados.
- d) En ese mismo plano se marcaron todos los derechos de aguas subterráneas y superficiales.
- e) A cada uno de los derechos de aguas subterráneas, se les dibujó un círculo de diámetro 200 m con centro en el pozo, que corresponde al área de protección de ese derecho de agua subterránea constituido.
- f) Adicionalmente, se ubicaron todos los pozos que fueron catastrados en terreno, dibujando también un círculo de diámetro de 200 m, al igual que en el caso anterior.
- g) Se privilegiaron los predios de más de 2 has, sin ser excluyente.
- j) Se privilegiaron los predios que tenían plantados frutales, invernaderos, hortalizas, etc., o bien, los predios en que sus propietarios indicaron en las encuestas, este tipo de plantaciones como intención de cultivo; luego se privilegiaron las praderas como intención de cultivo
- k) Si el terreno es propio o arrendado; si es propietario.
- l) Se privilegiaron usuarios Indap, prodesal, Conadi, sin ser excluyente.
- m) Interesados en nueva tecnología para riego.
- n) Según análisis hidrológico e hidrogeológico previo, a cada uno se le asignó en orden de prioridad una posible fuente, superficial, subterránea.

- o) Criterios agronómicos enfocados en los aspectos climáticos, calidad de suelos, tamaño predial, etnia, género y adaptabilidad de las especies.
- p) Se privilegiaron sectores de concentración de pequeña agricultura y que a su vez fuera productiva y con posibilidades de aumentar en forma importante su superficie de riego actual, con cultivos rentables.
- q) Otra variable que fue considerada fue la disponibilidad de agua subterránea y/o superficial.
- r) En la selección de los predios también se consideró los posibles problemas ambientales que pudieran significar la realización del proyecto (intervención de humedales, presencia de flora nativa, entre otro).

Adicionalmente, a través del profesional de la CNR de Los Lagos y Los Ríos don Juan Andrés Aburto, se realizaron reuniones con los Prodesales de las comunas de Puerto Varas, Llanquihue, Frutillar, Los Muermos y Castro, para que entregaran listados de agricultores que cumplieran con los criterios anteriores, y que estuvieran dispuestos a asociarse; cada uno de ellos entregaron sendos listados con nombre, celular y coordenadas de los posibles beneficiarios.

Así, de los 100 proyectos definitivos desarrollados, se tiene:

- 46 proyectos con fuente superficial
- 54 proyectos con fuente subterránea
- 96 proyectos asociativos
- 4 proyectos individuales

## **11.4. Trabajos Topográficos y Generación de Planos**

### **11.4.1. Puntos Topográficos**

Se materializaron 2 Puntos de Referencia (Prs), intervisibles entre sí para posibles futuras labores topográficas. Los PRs se construyeron según lo exigido en el “Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos” de la CNR (Agosto 2015). El instrumental utilizado para las labores de levantamiento consistió en instrumental del tipo Estación Total marca Leica modelo TCR 407 Power. El levantamiento fue vinculado al sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84.

Se capturaron los principales puntos que conformarían el proyecto, tales como el sector de captación, ubicación del tranque de acumulación, ubicación de los paneles solares, entregas, etc. Cada uno de esos puntos fueron individualizados por sus coordenadas y además identificado utilizando un sistema de codificación. El procesamiento de los datos fue totalmente automatizado mediante el uso de software especializados.

### **11.4.2. Curvas de Nivel**

Para la generación de las curvas de nivel se empleó el software ArcGis 10.5 de ESRI, usando las mediciones topográficas, complementadas con Modelos de Elevación Digital (DEM) liberados, en específico el NGA SRTM, que actualmente cuenta con la mayor precisión disponible de 1 arcsec. Se incorporan ambas fuentes de datos, y se corrigieron las cotas en la matriz de puntos del DEM, con lo que se procedió a obtener un nuevo Raster, el que se utilizó para generar las curvas de nivel definitivas.

### **11.4.3. Imagen Satelital**

Junto con la información anterior generada, se utilizaron imágenes de Google Earth Pro, lo que sirvió como referencia planimétrica, pudiendo así identificar predios, caminos, cercos, etc.

## 11.5. Proyectos de Riego

### 11.5.1. Contenidos

Los contenidos de los proyectos de riego se señalan a continuación:

- Descripción del proyecto
- Hidrogeología / Hidrología según tipo de fuente
- Diseño agronómico
- Dimensionamiento de impulsión/conducción/distribución
- Tranque acumulador
- Presupuesto
- Proyecto Fotovoltaico
- Planos
- Antecedentes legales

### 11.5.2. Criterios de Diseño

#### a) Determinación de caudal de diseño, según demanda agronómica

Para el caudal de diseño se considera la demanda agronómica del mes de máxima demanda, para un cultivo de Pradera con  $K_c = 1$ . Ahora bien, la demanda unitaria (l/s/ha) se incrementa en un 20% por la incertidumbre del otorgamiento de derechos de agua por parte de la DGA y potenciales cultivos de mayor demanda.

Para llegar al valor final del caudal de diseño, la demanda unitaria se multiplica por el total de hectáreas disponibles para regar en el predio de análisis, resultando un caudal (l/s) de demanda de riego continua. El caudal resultante se lleva a 8 horas de bombeo, y corresponderá al caudal máximo de demanda agronómica (caudal de diseño), que en definitiva, en el caso de los proyectos con fuente superficial, fue el caudal que se solicitó como derecho de agua.

## **b) Metodología para la determinación de la disponibilidad de agua subterránea**

Para determinar la disponibilidad de aguas subterráneas en el sector de cada proyecto, se utilizó la información contenida en el estudio hidrogeológico. Se estimó el caudal que se podría obtener del acuífero del sector a través de una captación subterránea, en general, del tipo pozo profundo, a la que vez que diseña la profundidad y diámetro del mismo. Es importante destacar que el caudal de diseño de las obras correspondió a la máxima demanda agronómica.

## **c) Metodología para la determinación de la disponibilidad de agua superficial**

En aquellos casos en que la fuente sea con agua superficial, se procede de la siguiente manera:

- Se generan los caudales medios mensuales a la salida de la subsubcuenca que pertenece al estero desde donde se obtendrá el recurso superficial. La metodología de generación de caudales medios mensuales se expuso en la etapa 2 del estudio.
- Se recopilan los derechos de aguas superficiales permanentes de la subsubcuenca.
- A los caudales medios mensuales generados a la salida de la subsucuenca, se les restan los derechos de aguas superficiales permanentes y el caudal ecológico.
- El caudal disponible resultante, se transpone por unidad de área al punto de interés (captación superficial).
- A dicha estadística generada, se calcula el Q85% y Q10%, siendo en teoría los caudales permanentes y eventuales que se podrían solicitar.

Es importante destacar que el diseño de las obras se hizo con la máxima demanda agronómica, a no ser que dicha demanda sea mayor a la disponibilidad total de recursos hídricos (permanentes y eventuales); en este caso, el caudal de diseño fue el de la disponibilidad hidrológica.

El caudal asociado a dichos cálculos correspondió al caudal solicitado como derecho de agua permanente y continuo. Dicho caudal nunca superó los 50 l/s para que no se produjeran problemas de pago de patentes (desde la región de O´higgins al Sur, se pueden solicitar caudales hasta 50 l/s sin tener que pagar patente por no uso del derecho).

#### **d) Dimensionamiento impulsión para fuente agua subterránea**

Se han utilizado los siguientes criterios para el dimensionamiento de la impulsión y de la bomba del pozo profundo:

- Caudal: el correspondiente a la máxima demanda agronómica.
- Prof. nivel estático (NE): el estimado según hidrogeología.
- Prof. nivel dinámico (ND): NE + depresión estimada según hidrogeología.
- Cota nivel dinámico.
- Cota entrega al estanque: se agrega altura del muro del tranque.
- Longitud de la impulsión: longitud medida según del trazado en Google Earth más la profundidad del pozo menos 10 m (10 m tramo donde irá la bomba, sumergencia y trampa de arena).
- Pérdidas de carga: pérdidas friccionales según fórmula Hazen Williams más un 5% por pérdidas singulares.
- Presión en las entregas: 1 mca.
- Carga dinámica total: cota entrega estanque - cota nivel dinámico + pérdidas de carga + presión a la entrega
- Diámetro Impulsión: se calcula para que la velocidad de escurrimiento sea entre 1 y 2 m/s. Se usa diámetro comercial tubería HDPE PE 100 PN 10.

- Bomba de Pozo: se cotiza según caudal de bombeo y altura de elevación total. Las características de la bomba se obtienen del catálogo correspondiente.

El dimensionamiento para fuentes superficiales es el mismo explicado antes, salvo que la carga dinámica total se calcula entre la cota de la toma superficial y las entregas prediales y el tranque, más las pérdidas friccionales y singulares.

### **e) Dimensionamiento tranque acumulador (riego directo y tranque de invierno)**

Los criterios usados en el dimensionamiento del tranque fueron los siguientes:

- Volumen de acuerdo con el caudal de bombeo del pozo o bien de la fuente superficial, multiplicado por 8 horas (seguridad de 1 día).
- Para el caso del tranque acumulador de invierno, se diseña con un volumen igual a la demanda total de la temporada. Este volumen debe ser llenado con bombeo durante los 4 meses de invierno, considerando bombeo de 8 horas diarias.
- Taludes interior 2,5:1 (H:V) y del relleno exterior (terraplén) 2:1 (H:V).
- Altura total= variable, de 2 m hasta 3,5 m.
- Altura de aspiración= 0,3 m.
- Para alturas de muro (desde la cota de terreno hasta el coronamiento) menores a 1,5 m se considera una revancha de 30 cm, para alturas de muro mayores a 1,5 m la revancha debe ser de 50 cm.
- Revestimiento con geomembrana e= 1,5 mm más geotextil.
- Para altura de muro menores a 2,5 m, se considera un ancho de coronamiento  $B=1$  m, para alturas mayores a 2,5 m el coronamiento debe estar dado por la fórmula  $B=3+H/5$ .

## f) Presupuesto de las obras

El presupuesto de las obras se obtuvo de:

- Precios unitarios de la CNR, zona centro Norte y centro Sur, distancia a centro de abastecimiento de 80 km, acceso ladera media.
- Los demás precios (bombas, tubería, pozos, etc.) se obtuvieron de cotizaciones y de base de datos del consultor relativos a otros proyectos similares (todo respaldado en anexos).

## g) Uso de Energías Renovables No Convencionales

A través de reuniones efectuadas con la CNR, se llegó a un acuerdo de que el diseño de los proyectos fotovoltaicos incluirá el desarrollo de los siguientes puntos específicos.

- Descripción del Proyecto
- Dimensionamiento
- Presupuesto

Para cada proyecto se entrega el reporte generado por el Explorador Solar (Min. de Energía).

### 11.5.3.Resultados

En la siguiente tabla se incluyen los principales resultados obtenidos en cada uno de los 100 proyectos desarrollados, mientras que en el plano 2 se muestra la ubicación de los 100 proyectos desarrollados.

**Tabla 11.5-1 Resumen Resultados Obtenidos en 100 Proyectos**

Proyecto	Fuente	Tipo de Proyecto		Número	Superficie	Costo del	Costo por Ha
		Individual	Colectivo	Regantes	Regada (ha)	Proyecto (\$)	(\$/ha)
01_LL_SUP_OS_(69)	Superficial		X	2	6,5	\$40.138.450	\$6.156.204
02_LL_SUP_PQ_(11)	Superficial		X	2	4,2	\$21.566.169	\$5.086.361
03_LL_SUP_RN_(12)	Superficial	X		1	1,9	\$27.544.343	\$14.497.023
04_LL_SUB_PY_(29)	Subterránea		X	2	29,0	\$166.261.523	\$5.731.180
05_LL_SUP_RN_(81)	Superficial		X	6	7,8	\$67.636.264	\$8.660.213
06_LL_SUP_FS_(82)	Superficial		X	2	37,2	\$180.198.647	\$4.840.336
07_LL_SUB_AN_(233)	Subterránea		X	3	4,6	\$41.055.292	\$8.905.703
08_LL_SUB_RN_(45)	Subterránea		X	2	4,8	\$57.365.088	\$12.026.224
09_LL_SUB_PQ_(47)	Subterránea		X	2	1,7	\$93.766.936	\$53.889.043
10_LL_SUB_PY_(53)	Subterránea	X		1	29,0	\$168.971.966	\$5.824.611
11_LL_SUP_PO_(43)	Superficial		X	2	29,0	\$121.603.030	\$4.191.927
12_LL_SUP_FS_(85)	Superficial		X	3	4,6	\$57.878.409	\$12.720.529
13_LL_SUB_RN_(50)	Subterránea	X		1	3,0	\$53.361.049	\$17.787.016
14_LL_SUB_FS_(89)	Subterránea		X	2	2,2	\$94.267.155	\$42.272.267
15_LL_SUB_OS_(54)	Subterránea		X	2	1,6	\$30.835.862	\$19.272.414
16_LL_SUB_OS_(57)	Subterránea		X	2	11,6	\$70.978.638	\$6.097.821
17_LL_SUB_FT_(92)	Subterránea		X	2	13,3	\$96.188.699	\$7.215.956
18_LL_SUB_OS_(61)	Subterránea		X	2	9,8	\$114.141.534	\$11.635.223
19_LL_SUB_OS_(64)	Subterránea		X	3	29,0	\$189.496.405	\$6.532.106
20_LL_SUB_FT_(94)	Subterránea		X	3	37,2	\$260.186.934	\$6.988.636
21_LL_SUB_OS_(80)	Subterránea		X	2	4,6	\$45.594.091	\$10.020.679
22_LL_SUP_SP_(58)	Superficial		X	6	12,4	\$66.198.743	\$5.330.012
23_LL_SUP_SJ_(17)	Superficial		X	2	15,3	\$139.969.520	\$9.149.565
24_LL_SUB_FS_(98)	Subterránea		X	2	29,8	\$232.467.569	\$7.795.693
25_LL_SUP_PQ_(72)	Superficial		X	2	29,0	\$181.719.469	\$6.264.274
26_LL_SUB_FS_(100)	Subterránea		X	2	37,2	\$195.315.875	\$5.246.196
27_LL_SUB_PQ_(76)	Subterránea		X	2	2,9	\$122.279.740	\$42.165.428
28_LL_SUB_PV_(157)	Subterránea		X	2	29,8	\$266.848.132	\$8.960.649
29_LL_SUP_PQ_(78)	Superficial		X	2	29,0	\$251.572.263	\$8.672.255
30_LL_SUB_PQ_(79)	Subterránea		X	2	2,9	\$102.357.430	\$35.295.666
31_LL_SUP_FS_(84)	Superficial		X	3	37,2	\$307.380.583	\$8.256.584
32_LL_SUP_PV_(153)	Superficial		X	3	1,3	\$13.591.571	\$10.702.024
33_LL_SUP_PV_(154)	Superficial		X	3	1,8	\$17.470.256	\$9.705.698
34_LL_SUP_PV_(155)	Superficial		X	2	2,2	\$20.810.060	\$9.331.865
35_LL_SUB_PV_(156)	Subterránea		X	2	9,0	\$92.562.078	\$10.307.581
36_LL_SUP_PV_(158)	Superficial		X	2	19,7	\$50.597.142	\$2.568.383
37_LL_SUB_LM_(105)	Subterránea		X	2	5,0	\$49.649.159	\$9.929.832
38_LL_SUB_LM_(106)	Subterránea		X	2	1,0	\$27.524.697	\$27.524.697
39_LL_SUB_MA_(109)	Subterránea		X	4	14,9	\$82.357.656	\$5.531.072
40_LL_SUP_CB_(111)	Superficial		X	3	6,4	\$55.525.519	\$8.662.327
41_LL_SUP_LQ_(160)	Superficial		X	2	37,2	\$82.396.698	\$2.213.267
42_LL_SUB_LM_(162)	Subterránea		X	2	10,9	\$99.662.992	\$9.168.629
43_LL_SUB_FT_(164)	Subterránea		X	2	37,2	\$146.378.163	\$3.931.726
44_LL_SUB_MA_(168)	Subterránea		X	3	22,3	\$153.592.337	\$6.875.217
45_LL_SUB_FS_(173)	Subterránea		X	2	5,6	\$79.219.139	\$14.121.059
46_LL_SUP_FT_(176)	Superficial		X	4	13,4	\$55.000.603	\$4.104.523
47_LL_SUP_AN_(211)	Superficial		X	2	0,8	\$11.504.970	\$15.339.960
48_LL_SUB_FT_(178)	Subterránea		X	2	6,9	\$49.480.676	\$7.202.427
49_LL_SUB_FT_(180)	Subterránea		X	2	37,2	\$234.599.367	\$6.301.353
50_LL_SUP_FT_(182)	Superficial		X	2	12,0	\$41.777.017	\$3.472.736

### Resumen Resultados Obtenidos en 100 Proyectos (continuación)

Proyecto	Fuente	Tipo de Proyecto		Número Regantes	Superficie Regada (ha)	Costo del Proyecto (\$)	Costo por Ha (\$/ha)
		Individual	Colectivo				
51_LL_SUP_FT_(183)	Superficial		X	3	12,4	\$50.738.367	\$4.085.215
52_LL_SUP_FT_(184)	Superficial		X	3	3,7	\$31.198.131	\$8.431.927
53_LL_SUB_FT_(185)	Subterránea		X	6	14,3	\$150.936.778	\$10.584.627
54_LL_SUB_LQ_(186)	Subterránea		X	3	1,6	\$28.922.076	\$18.076.298
55_LL_SUP_LQ_(187)	Superficial	X		1	10,3	\$57.631.502	\$5.595.291
56_LL_SUB_LQ_(188)	Subterránea		X	5	21,4	\$146.648.066	\$6.859.124
57_LL_SUB_LQ_(189)	Subterránea		X	7	6,7	\$67.742.644	\$10.110.842
58_LL_SUB_SP_(59)	Subterránea		X	2	12,3	\$129.332.648	\$10.557.767
59_LL_SUB_FT_(90)	Subterránea		X	2	37,2	\$184.395.977	\$4.952.887
60_LL_SUP_LM_(190)	Superficial		X	2	5,0	\$25.803.893	\$5.169.786
61_LL_SUP_LM_(191)	Superficial		X	2	3,4	\$63.816.572	\$18.597.224
62_LL_SUB_LM_(192)	Subterránea		X	2	5,8	\$68.569.050	\$11.822.250
63_LL_SUP_LQ_(195)	Superficial		X	2	7,0	\$38.551.434	\$5.507.348
64_LL_SUP_LQ_(196)	Superficial		X	2	10,4	\$42.969.508	\$4.131.683
65_LL_SUP_LQ_(197)	Superficial		X	4	13,1	\$65.822.746	\$5.013.157
66_LL_SUP_LQ_(198)	Superficial		X	3	3,8	\$38.095.142	\$9.956.310
67_LL_SUP_LQ_(199)	Superficial		X	2	5,7	\$28.860.654	\$5.063.273
68_LL_SUP_PV_(200)	Superficial		X	2	13,2	\$36.364.191	\$2.761.138
69_LL_SUP_PV_(201)	Superficial		X	2	2,4	\$20.728.472	\$8.636.863
70_LL_SUP_LQ_(207)	Superficial		X	2	22,1	\$90.621.589	\$4.091.613
71_LL_SUB_LQ_(193)	Subterránea		X	3	2,3	\$38.544.094	\$16.905.304
72_LL_SUB_LQ_(194)	Subterránea		X	3	3,1	\$34.308.705	\$11.031.738
73_LL_SUB_LQ_(202)	Subterránea		X	2	7,2	\$59.182.051	\$8.254.121
74_LL_SUB_MA_(204)	Subterránea		X	2	14,9	\$101.983.171	\$6.849.105
75_LL_SUB_LQ_(205)	Subterránea		X	2	7,8	\$61.904.859	\$7.906.112
76_LL_SUB_MA_(206)	Subterránea		X	3	14,9	\$92.592.598	\$6.218.442
77_LL_SUB_FT_(208)	Subterránea		X	2	13,9	\$124.305.731	\$8.962.201
78_LL_SUP_AN_(210)	Superficial		X	2	10,2	\$27.217.714	\$2.657.980
79_LL_SUB_AN_(234)	Subterránea		X	2	4,7	\$61.926.629	\$13.064.690
80_LL_SUB_AN_(212)	Subterránea		X	2	2,7	\$32.841.136	\$12.029.720
81_LL_SUP_AN_(213)	Superficial		X	3	18,3	\$82.955.644	\$4.533.095
82_LL_SUB_AN_(214)	Subterránea		X	3	5,1	\$53.814.037	\$10.551.772
83_LL_SUP_AN_(215)	Superficial		X	3	1,8	\$21.973.817	\$12.207.676
84_LL_SUB_AN_(235)	Subterránea		X	3	12,8	90.410.833	\$7.085.488
85_LL_SUP_AN_(217)	Superficial		X	2	29,0	\$78.977.792	\$2.722.433
86_LL_SUP_DC_(218)	Superficial		X	2	17,8	40.293.724	\$2.262.527
87_LL_SUP_DC_(219)	Superficial		X	2	24,1	\$92.836.099	\$3.852.120
88_LL_SUB_AN_(220)	Subterránea		X	2	2,2	\$39.394.330	\$18.238.116
89_LL_SUP_AN_(221)	Superficial		X	2	12,7	\$46.082.164	\$3.628.517
90_LL_SUB_AN_(236)	Subterránea		X	2	12,6	\$93.029.691	\$7.412.724
91_LL_SUP_CS_(223)	Superficial		X	2	8,4	\$50.273.117	\$5.983.153
92_LL_SUB_CS_(224)	Subterránea		X	2	14,2	\$99.973.646	\$7.025.555
93_LL_SUP_AN_(225)	Superficial		X	3	33,4	\$279.091.141	\$8.356.022
94_LL_SUB_AN_(226)	Subterránea		X	3	4,7	\$79.688.252	\$16.811.867
95_LL_SUP_AN_(227)	Superficial		X	2	31,3	\$134.198.494	\$4.287.492
96_LL_SUP_CS_(228)	Superficial		X	3	5,1	\$37.678.615	\$7.387.964
97_LL_SUB_CS_(229)	Subterránea		X	3	2,9	\$62.798.217	\$22.034.462
98_LL_SUB_CS_(230)	Subterránea		X	2	2,9	\$59.858.545	\$21.002.998
99_LL_SUP_CS_(231)	Superficial		X	2	9,6	\$55.129.711	\$5.742.678
100_LL_SUB_CS_(232)	Subterránea		X	2	4,2	\$47.252.232	\$11.386.080
				<b>Promedio</b>	<b>12,9</b>	<b>\$87.771.121</b>	<b>\$10.108.789</b>
				<b>Máximo</b>	<b>37,2</b>	<b>\$307.380.583</b>	<b>\$53.889.043</b>
				<b>Mínimo</b>	<b>0,8</b>	<b>\$11.504.970</b>	<b>\$2.213.267</b>

## 11.6. Ranking Aplicado a los 100 Proyectos

Los parámetros de priorización de los proyectos desarrollados tomaron en cuenta los factores y variables que considera la Ley 18.450, los que se relacionan con el costo de los proyectos y las superficies de riego beneficiadas.

Además de incluyeron otros aspectos en el criterio de selección para robustecer el método de la ley, añadiendo otras variables en el análisis.

Dado que la ley no contempla aspectos sociales y ambientales para evaluar el fomento de proyectos el riego a nivel nacional se consideró pertinente adicionar estas dos variables en la priorización.

Siguiendo la metodología descrita anteriormente, una vez definidos los valores de las variables para cada proyecto, se suman todos los puntajes y se ordena de mayor a menor para priorizar de acuerdo a los criterios definidos.

## 12. Solicitud de Derechos de Aguas Superficiales

Como parte del estudio, se ha hecho efectiva la solicitud de 46 derechos de aguas superficiales que corresponden a los 46 proyectos cuya fuente es agua superficial.

Las solicitudes se ingresaron a la gobernación de Osorno, DGA en Puerto Montt y gobernación en Chiloé.

A su vez, las publicaciones se hicieron en el Diario Oficial, Diario El Mostrador, Diario de Osorno, mientras que las radiodifusiones fueron hechas en la radio Sago y La Estrella de Chiloé.

## 13. Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas

### 13.1. Aguas Superficiales

En el presente estudio se desarrolló un completo análisis de la calidad de las aguas superficiales, a través de la recopilación de información secundaria y muestreo in situ de las 46 fuentes de aguas superficiales que se consideraron en los proyectos de riego.

Así, se procedió a efectuar la toma de muestras en cada una de las 46 fuentes de agua superficial, analizando parámetros físico químicos y bacteriológicos.

En 24 de los 46 muestreos efectuados en aguas superficiales, el sodio porcentual medido supera la norma de agua para riego. La norma exige un máximo de 35%, y las mediciones de las 24 muestras andan en el entorno del 50%, por lo tanto no debiera haber problemas para el riego.

Con relación a los resultados bacteriológicos, existe sólo 1 muestra en la cual se midió 2.400 NMP/100 ml, siendo que el límite es 1.000 NMP/100 ml. Esta muestra se localiza en Fresia, provincia de Llanquihue.

### 13.2. Calidad de Aguas Subterráneas

Para la caracterización de las aguas subterráneas, desde el punto de vista de su calidad, se recopilaron más de 62 pozos con análisis de calidad, los que cubren casi todos los acuíferos identificados sobre los cuales se emplazan los proyectos, con la excepción de los acuíferos de Ancud y Chepu.

Por esta razón, se decidió tomar 2 muestras de aguas subterráneas en pozos o norias ubicados en esos acuíferos, para poder caracterizar las aguas de riego en dichos sectores.

Dichas 2 muestras de agua subterránea tomadas en Agosto de 2019, se pudo observar que en un pozo en Ancud registró 0,32 mg/l de Manganeseo (límite de la norma 0,2 mg/l), mientras que una noria en la misma zona registró 41,5 % de Sodio porcentual y PH 4,88 (límite inferior es de 5,5).

## 14. ESTRATEGIA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La PAC es un proceso que se construye a través de distintas acciones concadenadas y coherentes entre sí, las cuales permiten la generación de espacios amplios de diálogo y deliberación ciudadana, con la clara intención de convocar a un público suficientemente heterogéneo, que permita incorporar distintas perspectivas, intereses y roles, existiendo así actores de distinto tipo: públicos y privados, asociados a distintos usos del agua, pero en este caso, principalmente enfocado al uso riego, con diferentes grados de incidencia pública, proveniente de distintos territorios (rurales, urbanos), etc.

El principal objetivo es levantar información e incorporar a los/las propios ciudadanos/as, acerca de los principales problemas vinculados al recurso hídrico que afectan a la población y agricultores asociados con el riego en la Región de Los Lagos.

Se realizaron 2 lanzamientos público del estudio, debido a la poca asistencia que hubo en el primero. El lanzamiento tuvo como objetivo dar a conocer a las autoridades regionales, provinciales y comunales, a los servicios públicos y a los agricultores y agricultoras, los objetivos, alcances y plazos del estudio. El primer lanzamiento se realizó en Osorno el día 12 de diciembre de 2017 y el segundo fue en Puerto Montt el día 11 de enero del 2018.

Durante el desarrollo del estudio, se realizaron varios ciclos de reuniones y asambleas de participación ciudadana. Éstas tuvieron una metodología expositiva, donde se presentaron los objetivos, alcances y tiempos del estudio. El énfasis estuvo puesto en que los asistentes conocieran el proyecto, y supieran cómo pueden participar y el resultado que éste tiene para ellos.

A lo largo del estudio se realizaron una serie de reuniones y entrevistas individuales con entidades públicas relacionadas con el riego (Indap, Prodesales, etc.).

También se hicieron asambleas con los futuros posibles beneficiarios del estudio, las cuales se realizaron el Martes 29 de Mayo de 2018 en Osorno, el Miércoles 30 de Mayo de 2018 en Castro y el Jueves 31 de Mayo de 2018 en Puerto Montt.

En el marco del cierre del estudio, se realizó una reunión- sesión con la Comisión Regional de Riego (CRR), el día miércoles 11 de diciembre de 2019, a las 15:00 horas, en la Seremi de Agricultura de la Región de Los Lagos.

## 15. Elaboración del SIG del Estudio

En el desarrollo del estudio se generó información espacializada, tanto primaria como secundaria, a través de la cual se obtuvo un completo sistema de información geográfico de la región, compatible con el SIG de la CNR (ESIIR) y utilizando el software QGIS Desktop Versión 3.0.3.

Las coberturas se generaron en formato shape independientes, compuestos de los elementos gráficos y su espacialización, además de una completa base de datos con la información correspondiente al levantamiento de información y análisis realizados.

La información básica presentada en el SIG ha considerado, entre otros, lo siguiente:

- Distritos agroclimáticos.
- Uso de suelo.
- Roles de propiedades.
- Clasificación y características agronómicas de los suelos.
- Hidrología superficial.
- Hidrología subterránea.
- Ubicación de acuíferos, ubicación de pozos, etc.
- Ubicación de ciudades y poblados
- Caminos y accesos
- Ubicación de los proyectos.

Toda la información contenida en el SIG está en el Datum SIRGAS, Huso 18 y coordenadas UTM.

El SIG consta de todos los shapes bases y generados durante el desarrollo del estudio más el detalle de los 100 proyectos definitivos con sus respectivas localizaciones.

## 16. Conclusiones y Recomendaciones

El principal objetivo del estudio fue contribuir a mejorar las condiciones de producción agrícola de los pequeños agricultores de la región de Los Lagos, a través de la generación de información básica en cuanto a disponibilidad de recursos hídricos superficiales y subterráneos, en cuanto a condiciones para el desarrollo agrícola, y la elaboración de perfiles de proyectos de riego sustentables y con uso de Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

Es así como se plantearon proyectos de riego para la pequeña agricultura en forma asociativa, tanto con recursos subterráneos como superficiales, y todos ellos operados con sistemas fotovoltaicos de bajos costos de operación.

A continuación, se presentan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas.

### 16.1. Conclusiones

En términos generales, para la región de Los Lagos, las principales problemáticas existentes para el desarrollo de la agricultura a nivel de pequeños usuarios tienen relación con los siguientes puntos específicos:

#### a) **Disminución de los recursos hídricos:**

Producto del cambio climático y de la disminución de los eventos de lluvias, se tiene que en la zona se ha producido una disminución importante de los recursos hídricos disponibles en régimen natural en la época de verano, lo que afecta de manera importante el desarrollo agrícola en aquellas zonas de secano. Lo anterior se ve agravado por la falta de infraestructura de regulación de aguas en la zona.

#### b) **Disponibilidad legal de recursos hídricos superficiales:**

En la zona en estudio existe una cantidad importante de derechos de agua del tipo consuntivo, permanente y continuo constituidos, y en menor medida derechos de agua del tipo no consuntivo. Por otro lado, el número de derechos de aguas

superficiales en trámite (solicitados) son bastante menores en número que los constituidos.

En ese sentido, tomando en cuenta la suma de los derechos que ya están constituidos más los que están en trámite, podría afectar directamente la disponibilidad legal del recurso superficial en la región, lo que pudiese impedir la ejecución de nuevos proyectos de desarrollo agrícola en la zona.

**c) Falta de Asociatividad entre Regantes:**

Otro problema detectado en la zona en estudio tiene relación con la falta de comunicación y de confianza entre regantes vecinos, lo que dificulta el desarrollo de proyectos de riego del tipo asociativo, lo anterior debido a que no desean asociarse con sus vecinos inmediatos.

**d) Costos elevados del Aprovechamiento y Operación de Aguas Subterráneas:**

Para solicitar un derecho de agua subterránea, es necesario en primer lugar construir la captación por cuenta del usuario (alumbrar el agua). Lo anterior requiere una fuerte inversión inicial, y con ello un riesgo por parte de los agricultores, lo que en la práctica constituye una barrera de entrada para este tipo de fuente para riego. A lo anterior se suma el elevado costo de operación de los equipos de bombeo.

**e) Costos elevados de Alimentación Eléctrica:**

Para el desarrollo de proyectos de riego donde se involucran sistemas de bombeo e impulsión, los elevados costos de la energía eléctrica se transforman en una limitante para su ejecución, debido a la falta de recursos en la mayoría de los regantes para el pago de la operación de dichos sistemas.

Por otro lado, a pesar de que los sistemas de ERNC requieren de una fuerte inversión inicial, los costos de operación para la generación de la energía eléctrica son mínimos. Debido a lo anterior, en todos los proyectos desarrollados se consideró usar sistemas con ERNC (solar).

**f) Falta de conocimiento de herramientas de financiamiento:**

En la zona estudiada existe falta de conocimiento respecto a las herramientas estatales existentes de apoyo a la pequeña agricultura, junto con los beneficios que pueden ser logrados por los agricultores. Esta falta de conocimiento desarrolla desconfianzas por parte de los regantes para la incorporación de nuevos proyectos de riego.

Descritas las principales problemáticas, a continuación se presentan las conclusiones obtenidas del estudio.

- 1 Con relación al clima en la región de Los Lagos, puede concluirse que en general es óptimo para algunos frutales de hoja caduca y berries. En cuanto a cultivos anuales y hortalizas, en esta zona es posible el cultivo de una amplia gama de especies, tales como trigo, papa, porotos, remolacha, lechuga y zanahorias, entre otros. Además, las praderas se adaptan favorablemente.
- 2 En relación al cambio climático, se concluye que hacia el año 2050 se produciría un aumento de las temperaturas, los días grados y de la evapotranspiración potencial. En contraposición, entre los parámetros que anotarían descensos figuran las horas frío, las heladas y las precipitaciones. Según lo anterior, algunas especies frutales que actualmente tienen una adaptación media a media-alta en el área de estudio, a futuro podría mejorar su adaptabilidad, al aumentar la cantidad de días-grado, disminuir el número de heladas como también ampliar el período libre de heladas.
- 3 Con relación a los suelos con Capacidad de Uso I y II en predios de hasta 12 HRB, en toda la región de Los Lagos, el 96 % no presenta erosión, el 50% posee buen drenaje, el 90% clasifica con categoría de riego 2, y casi el 100% posee aptitud frutal, por lo que se concluye que es factible la incorporación de estos suelos en futuros proyectos de riego, tanto por la aptitud a todo tipo de cultivo, como por la posibilidad de ser regados sin necesidad de uso de especiales labores de conservación.

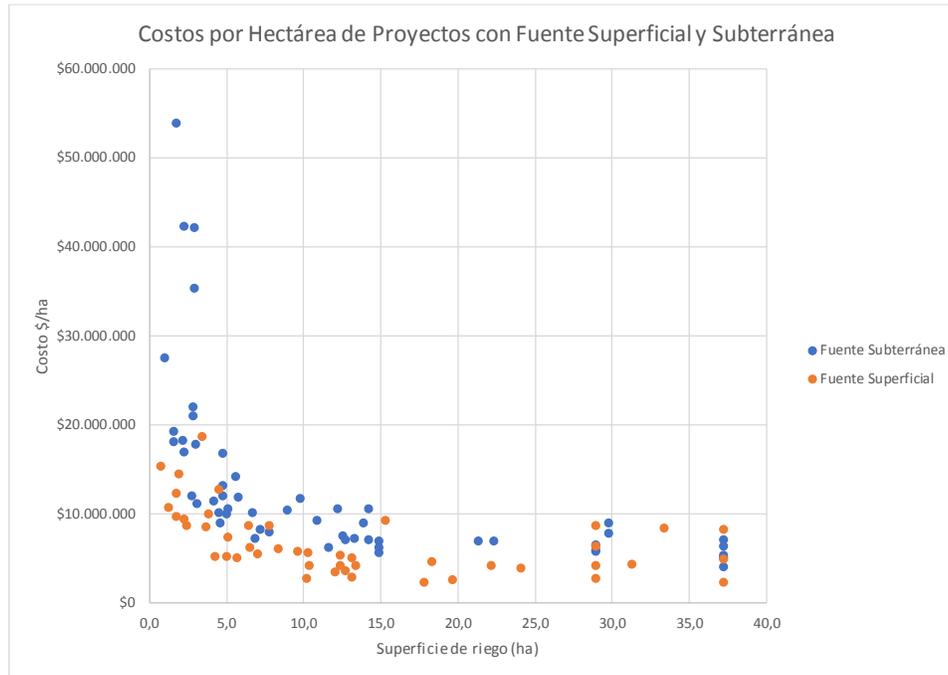
- 4 De acuerdo con los resultados de la encuesta, se puede concluir que en general los agricultores dan importancia al riego para la introducción de cultivos de mayor rentabilidad como frutales mayores y berries. En relación con el riego de forrajeras, éste debiera ser considerado sólo desde el punto de vista de aumentar la productividad, con fines de concentrar la superficie destinada a la ganadería, de manera que la superficie que quede disponible sea orientada a especies de mayor rentabilidad. No obstante, siempre existirán agricultores que quieran mantenerse en el rubro, pero con mayor producción.
- 5 En relación con el uso actual de los suelos, en condiciones de riego cultivan papa, huerta casera, arveja verde, betarraga, haba, lechuga, repollo, zanahoria y hortalizas en invernadero, en frutales destacan frambuesa y manzano, mientras que en praderas la natural y la mixta. En secano, las especies de mayor relevancia son avena grano, papa, huerta casera y manzano, pero las con mayor cobertura son las praderas y forrajeras, destinadas a la alimentación de ganado bovino y ovino.
- 6 Respecto a la calidad de las aguas superficiales, a través del análisis de información primaria y secundaria, se pudo concluir que, en muchas estaciones de calidad, sólo los parámetros Molibdeno, Mercurio, Boro y Sodio están fuera de la Norma Nch 1333 of. 78. Altos contenidos de Molibdeno pueden causar problemas tóxicos en animales rumiantes que se alimentan con las plantas que absorben dicho compuesto. Con relación al Mercurio, las plantas lo pueden tolerar en altas concentraciones, pero son inaceptables para la dieta animal y humana. La toxicidad del Boro en las plantas se caracteriza por crecimiento lento, malformación de la hoja, colores café y amarillento, clorosis, necrosis, etc. Altos contenidos de Sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Ninguno de los 4 parámetros físico-químicos producen problemas relacionados con el rendimiento de las plantas.
- 7 Con relación a la capacidad de extracción de aguas subterráneas, a partir de los antecedentes primarios y secundarios recopilados, se pudo establecer que los sectores donde se podrían esperar mejores resultados de la perforación de pozos profundos son en el sector del valle central, desde Purranque hasta Puerto Montt,

donde se podrían esperar caudales entre 10 y 50 l/s desde pozos con profundidades que van desde los 50 hasta los 90 m. Por otro lado, en la Isla de Chiloé, en los sectores de Ancud y Castro, también hay zonas atractivas con alta posibilidad de encontrar agua subterránea. En este sector, se podrían extraer caudales del orden de 10 a 15 l/s, desde pozos de hasta 70 m. Los sectores menos atractivos se ubican hacia el límite poniente del valle central, hacia la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa, donde los caudales varían en torno a los 3 a 10 l/s desde pozos de hasta 120 m de profundidad.

- 8 Sobre la base de lo anterior, y para dar respuesta en alguna forma a la problemática planteada, se desarrollaron 100 proyectos de riego, 46 con recursos de aguas superficiales y 54 con recursos de aguas subterráneas. Estos proyectos son alimentados con energía eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. En cada uno de los 100 proyectos se incluyó un tranque de emergencia, con el objetivo de proveer de recurso hídrico en caso de falla del sistema de bombeo desde la captación.
- 9 De acuerdo con lo señalado precedentemente, y con el objetivo de bajar los costos operacionales de los sistemas de energía eléctrica, la totalidad de los proyectos de riego consideraron alimentación eléctrica a través de paneles fotovoltaicos. Los costos de los proyectos fotovoltaicos se encuentran comprendidos entre los \$2.000.000 y los \$150.000.000 con potencias eléctricas requeridas de alimentación comprendidas entre los 0,4 kW y los 69 kW. De esta manera, se tiene un costo estimado entre 5 millones/kw y 2,2 millones/kw, con un promedio por kW requerido de 3,6 millones de pesos.
- 10 Los costos por hectárea de los proyectos con captación superficial en verano se encuentran entre los \$2.200.000 y los \$18.600.000. Siendo el valor promedio de los mismos de \$6.800.000.
- 11 Los costos por hectárea de los proyectos con captación mediante pozo se encuentran entre los \$4.000.000 y los \$54.000.000. Siendo el valor promedio de los mismos de \$13.000.000.

En el siguiente gráfico se resumen los costos por hectáreas de los 100 proyectos desarrollados.

**Gráfico 16.1-1 Costos por Hectárea de los 100 Proyectos**



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en la gráfica, para superficies mayores a 10 ha, los costos de los proyectos con fuente subterránea son levemente mayores a los con fuente superficial. Bajo las 10 ha de riego, se produce una mayor brecha entre los costos con fuente subterránea y fuente superficial, siendo los primeros más altos.

El resultado anterior era de esperarse, toda vez que, independiente de la cantidad de hectáreas a regar, el costo de construcción de un pozo siempre será gravitante.

Por otro lado, se evaluó para 23 proyectos con fuente superficial, el costo del proyecto considerando un embalse estacional, que permita almacenar agua durante los meses de invierno para regar en verano. Los costos por hectárea asociados a estos 23 proyectos varían entre 12 y 58 millones, con un promedio de 35 millones.

12 De acuerdo con lo anterior, la alternativa de embalse estacional no sería conveniente, tanto por el alto costo como por el espacio que se necesita para construir el tranque estacional. No obstante, una alternativa que podría ser viable sería utilizar aguas superficiales de invierno, para ser acumuladas en pequeños volúmenes de agua que podrían abastecer invernaderos. En este caso específico, el costo del estanque de acumulación sería bajo, de modo que haría viable esta alternativa.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los análisis efectuados.

**Tabla 16.1-1 Resumen Costos Promedios por Ha Según Tipología de Proyecto**

Tipo de Proyecto	Disponibilidad de Recurso Hídrico	Costo promedio Total / ha regada
Superficial en Verano	Baja	\$ 6.800.000
Pozos - Agua Subterránea	Alta	\$13.000.000
Superficial en Invierno	Alta	\$35.000.000

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con lo indicado en la tabla anterior, la prioridad en tipología de proyectos debiese ser primero Superficial Verano, luego Agua Subterránea y en tercer lugar Superficial Invierno; en esta última, tomar en cuenta lo señalado en párrafo anterior.

Los costos antes descritos, incluyen los valores de los equipos fotovoltaicos, pero no la puesta en riego.

13 La factibilidad de ejecución de un proyecto del tipo superficial con almacenamiento en invierno se ve lejana, lo anterior por el elevado costo por hectárea de esta alternativa, superando con creces el valor promedio de venta de una hectárea con riego en la región de los ríos. Producto de lo anterior, en el caso de existencia legal de recurso hídrico del tipo subterráneo o superficial solo en invierno, no se recomienda efectuar el desarrollo de este tipo de alternativas, priorizando los otros tipos de proyectos.

- 14 En este estudio se ha dado inicio a las solicitudes de 46 derechos de agua superficiales, acordes con los proyectos superficiales elaborados. Se efectuaron las solicitudes de derechos de agua del tipo permanente a la totalidad de los proyectos de aguas superficiales, independiente de que el estudio hidrológico realizado indicara su no disponibilidad. Será materia de la DGA especificar los montos y ejercicios de los derechos.

Es necesario destacar que el análisis técnico-hidrológico efectuado en la consultoría, concluyó que existen 15 proyectos que cuentan con factibilidad hidrológica para solicitar derechos permanentes, por lo que el resto de los proyectos debiera considerar, además, derechos eventuales.

## 16.2. Recomendaciones

- 1 De acuerdo con los resultados del cambio climático, en futuros proyectos de riego se debiese dar prioridad al riego tecnificado de frutales mayores y berries. En los casos que sea necesario se deben considerar labores de conservación de suelo y, cuando corresponda, inversión en métodos de prevención y control de heladas.
- 2 Si se deseara incrementar el número de proyectos en comunidades de pueblos originarios, se debiese ampliar el área de estudio hacia suelos de calidad inferior a la III de Capacidad de Uso, debido a que éstos se encuentran por lo general más cerca de la cordillera o en la costa.
- 3 En la zona de estudio, existe una fuerte tendencia al cultivo de especies tradicionales y a la crianza y engorda de ganado, por lo que se recomienda que en cualquier proyecto de riego, se debiese considerar el apoyo técnico y crediticio tanto por parte de instituciones del Estado como privadas.
- 4 No obstante que la red de estaciones fluviométricas está relativamente bien distribuida en la región de Los Lagos, puesto que el 30% de éstas están suspendidas, se recomienda usar la información con extrema precaución, y aprovechar el buen comportamiento de las relaciones precipitación escorrentía

usadas en el estudio para generar caudales en cuencas no controladas. Lo anterior se ratifica tomando en cuenta además la buena información pluviométrica que hay en la región.

- 5 Considerando la gran cantidad de información hidrogeológica generada, sería recomendable que dicha información sea compartida con otras instituciones del Estado que tienen relación con proyectos de riego (INDAP, CONADI, DOH), de tal manera que puedan contar con los antecedentes necesarios que les ayuden a tomar decisiones más informadas, acerca de los lugares donde proponer o construir nuevos sondeos para otros proyectos de riego en la región.
- 6 Dadas las características de los acuíferos estudiados, sería recomendable dar prioridad a proyectos ubicados en el valle central de las provincias de Osorno y Llanquihue, que es donde se esperarían mejores resultados de la perforación de captaciones subterráneas, y donde, además, la demanda de agua para riego es mayor, considerando que el período de déficit hídrico es más prolongado.
- 7 Se recomienda que, para el financiamiento de los proyectos desarrollados, éstos se postulen a los concursos de INDAP y CONADI. Para ello, será necesario una labor de acompañamiento (CNR) a los beneficiarios para que la postulación llegue a buen término.
- 8 Se recomienda analizar y estudiar la conveniencia de contar con sistemas de almacenamiento de energía, ya que con ello el costo del sistema fotovoltaico podría ser de menor costo, y más seguro en la entrega de la energía.
- 9 En el análisis de costos de las tipologías de los proyectos, se determinó que aquellos con fuente superficial tienen un menor costo que los con fuente subterránea. No obstante, en el estudio se desarrolló una matriz de priorización de ejecución de proyectos, la cual tomó en cuenta los costos, hectáreas regadas, etnia, asociatividad, entre otros. De acuerdo con lo anterior, se recomienda que las decisiones futuras en cuanto a ejecución de los proyectos, se tome en cuenta los resultados de dicha matriz de priorización.

- 10 Con relación al tema de la solicitud de derechos de aguas superficiales, proceso que ya se dio inicio en el presente estudio, y considerando que los agricultores han señalado que no cuentan con recursos financieros para continuar con los trámites asociados a la obtención definitiva del derecho de agua superficial (costo de la visita a terreno de la DGA, costo de la inscripción del derecho en el CBR, etc.), costo que puede elevarse a cifras que van de entre \$ 400.000 y \$ 500.000, aproximadamente, se recomienda conseguir financiamiento con fondos regionales (GORE) o de INDAP por medio del bono legal. De igual manera, se recomienda efectuar las consultas con la DGA regional con sede en Puerto Montt, para conseguir una rebaja en los montos de las visitas a terreno, sobre la base de que en una visita se pueden recorrer varias solicitudes (dependiendo de la distancia que exista entre ellas).