



**Mejor Riego  
para Chile**

yo  
cuido  
el agua

**ESTUDIO BÁSICO: “DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS PARA EL  
DESARROLLO DE PROYECTOS DE RIEGO CON ERNC PARA LA  
PEQUEÑA AGRICULTURA DE LA REGIÓN DE MAGALLANES Y LA  
ANTÁRTICA CHILENA”**

**CÓDIGO BIP: 40004397-0**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2020**



## **EQUIPO PARTICIPANTE DEL PRESENTE INFORME**

### **Jefe de Estudio**

Felipe Martin

### **Coordinador de Proyecto**

Nicolás Bravo

### **Especialista Hidrogeología**

Carmen Copier

### **Especialista Legal**

Roberto Abdala

### **Especialista Agronomía**

Manuel Bitsch

### **Especialista Hidrología**

María Antonieta Rodríguez

### **Especialista ERNC**

Sergi Jordana

### **Especialista PAC**

Jessica Toro

### **Ingeniero B**

Felipe Saavedra

### **Ingeniero C**

Emilio Aqueveque

### **Especialista SIG**

Valeska Pinto

### **Apoyo ingeniería 1**

Javier Cepeda

### **Apoyo ingeniería 2**

Felipe García

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>GLOSARIO</b>	<b>6</b>
<b>1 OBJETIVOS</b>	<b>8</b>
1.1 Objetivo general	8
1.2 Objetivos Específicos	8
<b>2 ALCANCE</b>	<b>9</b>
<b>3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE INTERES</b>	<b>10</b>
3.1 Encuesta agropecuaria	10
3.2 Resultados encuesta agropecuaria y caracterización de la agricultura de la zona de interés	11
<b>4 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES</b>	<b>13</b>
<b>5 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS</b>	<b>16</b>
5.1 Unidades Hidrogeológicas	16
5.2 Transiente Electromagnético - TEM	16
5.3 Estratigrafía del sector	20
5.4 Niveles de Agua	21
5.5 Parámetros Hidráulicos	21
<b>6 CLIMA</b>	<b>22</b>
6.1 Caracterización Agroclimática	22
<b>7 TIPO DE SUELO</b>	<b>23</b>
7.1 Aspectos Generales	23
7.2 Capacidad de Uso de Suelo	23
<b>8 CALIDAD DE AGUAS</b>	<b>26</b>
<b>9 PRIORIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PERFILES DE PROYECTO</b>	<b>28</b>
9.1 Selección inicial de beneficiarios	28
9.2 Ideas de Perfiles de Proyectos de Riego	28
9.3 Puntos Topográficos	29
9.4 Curvas de Nivel	31
9.5 Proyectos de Riego	31
9.5.1 Contenidos	31
9.5.2 Criterios de Diseño	32
9.5.3 Resultados	35

<b>10</b>	<b>SOLICITUD DE DERECHOS DE AGUA</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>PARTICIPACIÓN CIUDADANA</b>	<b>48</b>
<b>12</b>	<b>ELABORACIÓN DEL SIG DEL ESTUDIO</b>	<b>48</b>
<b>13</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
<b>14</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>51</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 4.1 CUENCAS QUE REPRESENTAN LA DISPONIBILIDAD DE RECURSO HÍDRICO PARA LOS DISTINTOS PREDIOS ASOCIADOS A LA CIUDAD DE PUNTA ARENAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	14
FIGURA 4.2 CUENCAS QUE REPRESENTAN LA DISPONIBILIDAD DE RECURSO HÍDRICO PARA LOS DISTINTOS PREDIOS ASOCIADOS A LA CIUDAD DE PUERTO WILLIAMS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	15
FIGURA 5.1: 318 ESTACIONES TEM REALIZADAS EN PUNTA ARENAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	17
FIGURA 5.2: 93 ESTACIONES TEM REALIZADAS EN PUERTO NATALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	18
FIGURA 5.3: 92 ESTACIONES TEM REALIZADAS EN PORVENIR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	19
FIGURA 5.4: 17 PUNTOS TEM REALIZADOS EN PUERTO WILLIAMS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	20
FIGURA 5.5 MUESTRAS EXTRAÍDAS EN UNO DE LOS SONDAJES REALIZADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	21
FIGURA 6.1 MAPA AGROCLIMÁTICO. FUENTE: ATLAS AGROCLIMÁTICO DE CHILE.	22
FIGURA 7.1 MAPA DE CAPACIDAD DE USO DE SUELO EN LAS ZONAS EN ESTUDIO. FUENTE: (AQUASYS, 2017).	24
FIGURA 9.1 CONFIGURACIÓN DE UN PROYECTO DEL TIPO SUBTERRÁNEO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	35
FIGURA 9.2 CONFIGURACIÓN DE UN PROYECTO DEL TIPO SUPERFICIAL. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	35
FIGURA 9.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE RIEGO EN PUERTO NATALES. FUENTE: GOOGLE EARTH.	41
FIGURA 9.4 DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE RIEGO EN PUNTA ARENAS. FUENTE: GOOGLE EARTH.	41
FIGURA 9.5 DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE RIEGO EN PORVENIR. FUENTE: GOOGLE EARTH.	42
FIGURA 9.6 DISTRIBUCIÓN DE LOS PROYECTOS DE RIEGO EN PUERTO WILLIAMS. FUENTE: GOOGLE EARTH.	42
FIGURA 10.1 VISTA GENERAL SOLICITUDES DAA OTORGADOS Y EN TRÁMITE. FUENTE: DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DE AGUAS (SINIA).	43

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1 POBLACIÓN OBJETIVO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	10
TABLA 3.2 SUPERFICIE DESTINADA A CULTIVOS DE INVERNADERO, POR COMUNA. FUENTE: ENCUESTA AGROPECUARIA.	11
TABLA 3.3 PRINCIPALES CULTIVOS AL AIRE LIBRE. FUENTE: ENCUESTA AGROPECUARIA.	11
TABLA 3.4 CULTIVO DE PAPAS POR COMUNA. FUENTE: ENCUESTA AGROPECUARIA.	12
TABLA 3.5 PRINCIPALES CULTIVOS EN INVERNADERO. FUENTE: ENCUESTA AGROPECUARIA.	12
TABLA 4.1 CUENCAS DGA ASOCIADAS AL ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	13
TABLA 4.2 ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS DGA CONSIDERADAS EN ANÁLISIS ESTADÍSTICO (DATUM DE COORDENADAS: WGS84 H18S PARA PUERTO NATALES Y H19S PARA EL RESTO). FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	13
TABLA 4.3 CAUDALES MEDIOS MENSUALES ESTIMADOS PARA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DEL 85%, EN L/S. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	15
TABLA 5.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS EN EL SECTOR DE ESTUDIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	16
TABLA 7.1 CAPACIDAD DE USO DE SUELO Y ÁREA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	24
TABLA 8.1 DETALLE CAMPAÑA DE CALIDAD DE AGUAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	26
TABLA 8.2 CONCENTRACIONES MÁXIMAS SEGÚN NCh 1333. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	26
TABLA 8.3 CONCENTRACIONES OBTENIDAS DE LAS MUESTRAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	26
TABLA 9.1 CANTIDAD DE PROYECTOS COLECTIVOS POR COMUNA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	28
TABLA 9.2: COORDENADAS Y COTAS DE PRs CONSTRUIDOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	29
TABLA 9.3: RESUMEN DE PUNTOS LEVANTADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	30
TABLA 9.4 RESUMEN RESULTADOS OBTENIDOS EN 22 PROYECTOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	36
TABLA 9.5 VALORES PROMEDIO, MÁXIMO Y MÍNIMO DE LOS DATOS DE LA TABLA ANTERIOR. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	36
TABLA 9.6: RESUMEN INFORMACIÓN ERNC DE LOS PROYECTOS DESARROLLADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	37
TABLA 9.7: RESUMEN INFORMACIÓN POZOS DE LOS PROYECTOS DESARROLLADOS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	39
TABLA 10.1 SOLICITUDES PROPUESTAS DE DERECHOS DE AGUA POR PROYECTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	44
TABLA 10.2: INFORMACIÓN RESPECTO A LOS DERECHOS DE AGUA INDIVIDUALES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	44
TABLA 10.3: DDAA OTORGADOS Y DISPONIBILIDAD SUPERFICIAL EN COMUNA DE PUNTA ARENAS. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.	47

## GLOSARIO

### Abreviaturas

<i>AGRIMED</i>	: Centro de Agricultura y Medioambiente.
<i>APR</i>	: Agua Potable Rural.
<i>BNA</i>	: Banco Nacional de Aguas.
<i>CIREN</i>	: Centro de Información de Recursos Naturales.
<i>CNR</i>	: Comisión Nacional de Riego.
<i>CONAF</i>	: Corporación Nacional Forestal.
<i>DAA</i>	: Derechos de Agua.
<i>DEM</i>	: Digital Elevation Model.
<i>DGA</i>	: Dirección General de Aguas.
<i>ERNC</i>	: Energías Renovables No Convencionales.
<i>eSIIR</i>	: Sistema de Información Integral de Riego.
<i>HDPE</i>	: High Density Polyethylene.
<i>IGM</i>	: Instituto Geográfico Militar.
<i>INDAP</i>	: Instituto de Desarrollo Agropecuario.
<i>ND</i>	: Nivel Dinámico.
<i>NE</i>	: Nivel Estático.
<i>OUs</i>	: Organización de Usuarios de Aguas.
<i>PAC</i>	: Participación Ciudadana.
<i>PROT</i>	: Plan Regional de Ordenamiento Territorial.
<i>PRs</i>	: Puntos de Referencia.
<i>SEA</i>	: Servicio de Evaluación Ambiental.
<i>SEM</i>	: Servicio Eléctrico de Magallanes.
<i>SEN</i>	: Servicio Eléctrico Nacional.
<i>SERNAGEOMIN</i>	: Servicio Nacional de Geología y Minería.
<i>SIG</i>	: Sistema de Información Geográfico.
<i>SINIA</i>	: Sistema Nacional de Información de Aguas.
<i>SIRGAS</i>	: Sistema de Referencia Geocéntrica para Las Américas.
<i>SISS</i>	: Superintendencia de Servicios Sanitarios.

<i>TEM</i>	: Transiente Electromagnético.
<i>UTM</i>	: Universal Transverse Mercator.
<i>WGS 84</i>	: World Geodetic System 1984.

## **Unidades**

[\$]	: Peso chileno.
[°C]	: Grados Celsius.
[ha]	: Hectáreas.
[km]	: Kilómetros.
[km <sup>2</sup> ]	: Kilómetros cuadrados.
[l/s]	: Litros por segundo.
[l/s/ha]	: Litros por segundo por hectárea.
[m]	: Metros.
[m. sn. m.]	: Metros sobre el nivel del mar.
[mm]	: Milímetros.
[mm/año]	: Milímetros por año.
[m/d]	: Metros por día.
[m <sup>2</sup> /d]	: Metros cuadrados por día.
[mg/l]	: Miligramos por litro.

## **1 OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Contribuir a mejorar las condiciones de producción agrícola de los pequeños(as) agricultores(as) de la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, a través de la generación de información básica en cuanto a disponibilidad de recursos hídricos y condiciones para el desarrollo agrícola, consolidando este trabajo en el desarrollo simplificado de proyectos de riego sustentables y con uso de ERNC.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar desde una perspectiva general la Región de Magallanes en cuanto a recursos naturales para riego agrícola.
- Diagnóstico de la situación legal de los actuales derechos de Aguas y Organizaciones de Usuarios(as) del agua (OUAs).
- Identificar las zonas agrícolas de pequeños productores atendidas por INDAP, que tengan factibilidad de utilizar aguas subterráneas o captaciones superficiales de acuerdo con el diagnóstico de los recursos naturales de la zona.
- Realizar un estudio hidrogeológico de las zonas con producción agrícola de la Región a partir de la información existente y mediante mediciones en terreno.
- Identificar una cartera de pequeños proyectos de riegos colectivos y/o individuales a nivel de perfil con fuentes de aguas subterránea, superficial y/o desalinización de agua de mar asociadas a la identificación de zonas agrícolas.

## 2 ALCANCE

El alcance del presente estudio es el de diseñar sistemas de captación, acumulación e impulsión de agua, a nivel de perfiles de proyecto, para riego en la zona periurbana de las ciudades de Puerto Natales, Punta Arenas, Porvenir y Puerto Williams, en la región de Magallanes y la Antártica Chilena. La metodología por seguir para lograr tal propósito es la siguiente:

1. Determinación de disponibilidad de agua superficial.
2. Exploración y estudio hidrogeológico para determinar propiedades y oferta de los acuíferos.
3. Proceso de encuesta de los agricultores de la región, para determinar principales cultivos, métodos de riego utilizados e interés en el proyecto.
4. Trabajos topográficos para el diseño de la impulsión.
5. Elaboración de perfiles de proyecto, buscando que éstos sean de carácter colectivo.
6. Capacitación de los agricultores respecto a:
  - Postulación de concursos CNR.
  - Ventajas de distintos métodos de riego.
  - Evaluación de proyectos.
  - Temas organizacionales y legales.

### 3 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA AGRICULTURA EN LA ZONA DE INTERES

#### 3.1 Encuesta agropecuaria

Con el objeto de recabar antecedentes para caracterizar la agricultura en la zona de interés, realizar el diagnóstico de la situación actual y determinar el interés por participar en proyectos de riego, entre otros aspectos, se realiza una encuesta muestral.

La población objetivo corresponde a todos los agricultores pertenecientes a INDAP de la región de Magallanes y la Antártica Chilena, que totalizan 305 usuarios, de los que solo se considerarán 269 para el marco muestral de referencia, caracterizado por los agricultores con los que se tiene información de los roles y un tamaño predial menor o igual a 100 hectáreas, lo que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.1 Población Objetivo. Fuente: Elaboración propia.

Ciudad	Original	Con información de roles	Marco muestral de referencia
Punta Arenas	119	103	102
Porvenir	44	44	41
Puerto Natales	118	114	112
Puerto Williams	24	24	14
Total	305	285	269

De esta forma, **el primer estrato** definido corresponde a los predios con superficies menores a 0,5 ha, ya que en base a los datos de Vidal<sup>1</sup> et al, 2007, el 57% de los productores entrevistados de Punta Arenas se encuentra dentro de este estrato; de los cuales un 25% posee tan solo 500 m<sup>2</sup> cultivados, producción destinada principalmente a autoconsumo; mientras que el promedio es cercano a los 1.000 m<sup>2</sup>, lo que permite que parte de este segmento tenga una producción mixta. Es una agricultura que se da exclusivamente en las ciudades de Punta Arenas, Puerto Natales, y en el sector norte de Cerro Dorotea.

El **segundo estrato** corresponde a los agricultores con una superficie predial mayor o igual a 0,5 ha y menor o igual a 1,0 ha, que agrupa a la mayor cantidad de agricultores. En él se encuentran pequeños agricultores con una superficie cultivada promedio cercano a los 5.000 m<sup>2</sup>, lo que les permite tener una producción mayoritariamente mixta, comercializando parte de sus productos. Los agricultores pertenecientes a este estrato se caracterizan por tener un mayor conocimiento/capacitaciones en cuanto a uso eficiente del agua, sistemas de riego u otros. En este estrato se ubica aproximadamente el 70% de los agricultores de las ciudades de Punta Arenas y Porvenir, y alrededor del 20% de los agricultores de las ciudades de Puerto Natales y Puerto Williams. Se caracterizan por ubicarse espacialmente en las cercanías de usuarios pertenecientes al mismo estrato.

<sup>1</sup> Vidal, G., Garay, P. y Vivallo, A. 2007. Estudio básico socioeconómico y de mercado sector hortofrutícola de las provincias de Última Esperanza y Magallanes; <http://www.fia.cl/wp-content/uploads/2018/03/Agenda-Magallanes.pdf>

El **tercer estrato** definido corresponde a los predios con superficie mayor a 1,0 ha y menor o igual a 10,0 hectáreas. Este estrato caracteriza alrededor del 50% de los agricultores de Puerto Natales, los que se ubican en sectores periurbanos, cercanos a agricultores pertenecientes al mismo estrato. Además, los agricultores pertenecientes a este estrato tienen, en promedio, una superficie plantada cercana a 1,0 hectárea. En este estrato se observa una ganadería incipiente, caracterizada por una baja presencia de ovejas.

El **cuarto estrato** corresponde a los predios con superficies mayores a 10 ha y menores o iguales a 100 ha. Este estrato caracteriza a aproximadamente el 50% de los agricultores de Puerto Williams y alrededor del 20% de los agricultores de Puerto Natales, ubicándose principalmente en el sector de Cerro Dorotea. Este tipo de agricultores se encuentran más alejados de los sectores periurbanos, aunque también cercanos a las localidades señaladas; en terrenos que corresponden a loteos o subdivisiones de mayor tamaño, aptos para la ganadería y con mayor presencia de flora nativa.

### 3.2 Resultados encuesta agropecuaria y caracterización de la agricultura de la zona de interés

De acuerdo con los resultados de la encuesta agronómica realizada en el contexto del presente estudio, más del 60% de los agricultores se identifica con el género femenino. Cerca del 80% se encuentran dentro de un rango de edad entre los 46 y 75 años, y más de un tercio supera la edad de jubilación (65 años). Cerca de 9% tienen menos de 45 años y otro 9% es mayor de 76 años.

Los predios encuestados presentan una superficie total aproximada de 500 hectáreas, sin embargo, sólo una porción cercana a las 220 hectáreas se destina al cultivo agropecuario. El uso agrícola se divide entre los cultivos al aire libre y los cultivos de invernadero. La siguiente tabla caracteriza comunalmente la superficie dedicada a invernaderos.

Tabla 3.2 Superficie destinada a cultivos de invernadero, por comuna. Fuente: Encuesta Agropecuaria.

Comuna	Invernadero [ha]	Total [ha]	Porcentaje
Porvenir	1,93	67,1	2,9%
Puerto Natales	0,93	201,9	0,5%
Punta Arenas	1,19	86,0	1,4%
Cabo de Hornos	0,60	141,5	0,4%
Total	4,65	496,4	1,0%

Los cuatro principales cultivos llevados a cabo al aire libre se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.3 Principales cultivos al aire libre. Fuente: Encuesta Agropecuaria.

Cultivo	Superficie [ha]	Porcentaje [%]
Papas	136,60	71%
Avena	32,08	17%

*Tabla 3.3 Principales cultivos al aire libre. Fuente: Encuesta Agropecuaria.*

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie [ha]</b>	<b>Porcentaje [%]</b>
Zanahorias	4,55	2%
Betarraga	3,47	2%

Otras hortalizas que se plantan al aire libre son nabos, repollo, acelga, ruibarbo, habas, cilantro, frambuesa y ajo.

Sin lugar a duda, el cultivo de papas es preponderante en la zona. La siguiente tabla muestra la cantidad de hectáreas dedicadas por comuna al cultivo de papas.

*Tabla 3.4 Cultivo de papas por comuna. Fuente: Encuesta Agropecuaria.*

<b>Comuna</b>	<b>Hectáreas</b>
Porvenir	1,4
Puerto Natales	33,6
Punta Arenas	7,6
Cabo de Hornos	94,0

En la región de Magallanes, los predios que cuentan con una menor área presentan una mayor variedad de cultivos disponibles. La siguiente tabla muestra los cultivos en invernadero por comuna.

*Tabla 3.5 Principales cultivos en invernadero. Fuente: Encuesta Agropecuaria.*

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie [ha]</b>	<b>Porcentaje [%]</b>
Lechuga	1,39	31%
Cilantro	0,69	15%
Frutillas	0,29	6%
Zanahorias	0,29	6%

De las 93 personas encuestadas, solo 16 aseguraron explotar animales para su beneficio. La presencia de animales es más fuerte en predio con tamaño mayor a las 10 hectáreas. Las comunas de Puerto Natales y Cabo de Hornos presentan animales en un tercio del total de sus predios. De acuerdo con la encuesta agropecuaria realizada, más de la mitad de los agricultores cuentan con capacitación en materia de manejo de recursos hídricos, por lo que los proyectos diseñados podrán ser operados de forma sostenible en el tiempo.

En la misma encuesta muchos agricultores han indicado que les falta agua para el riego, a pesar de que esta es una de las regiones más lluviosas del país. Esto indica que se hace muy necesario el desarrollo de proyectos que permitan captar de forma eficiente el agua.

La construcción de pozos, para obtener el agua almacenada en acuíferos subsuperficiales, se considera como la alternativa preferente dada la alta recarga en la zona.

## 4 RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

Los puntos de interés del estudio se sitúan en 4 cuencas de las 12 que se encuentran en la región de Magallanes. La Tabla 4.1 resume la correspondencia de las cuencas con los puntos de interés.

*Tabla 4.1 Cuencas DGA asociadas al estudio. Fuente: Elaboración propia.*

Sector de Interés	Cuenca DGA
Pto. Natales	Costeras entre Seno Andrew y R. Holleberg e islas al oriente
Pta. Arenas	Costeras entre Laguna Blanca, Seno Otway, Canal Jerónimo y Magallanes
Porvenir	Tierra del Fuego
Pto. Williams	Islas al Sur del Canal Beagle y Territorio Antártico

Para caracterizar la hidrología en la zona se ha realizado el análisis de frecuencia de cinco estaciones fluviométricas: una por ciudad a excepción de Punta Arenas, que presenta dos, lo que se observa en la siguiente tabla.

*Tabla 4.2 Estaciones fluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico (datum de coordenadas: WGS84 H18S para Puerto Natales y H19S para el resto). Fuente: Elaboración propia.*

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE	SECTOR
12285001-3	RIO CHORRILLOS TRES PASOS RUTA N 9	Vigente	674.776	4.297.256	Puerto Natales
12586001-K	RIO LAS MINAS EN BT. SENDOS	Vigente	367.016	4.110.136	Punta Arenas
12585001-4	RIO TRES BRAZOS ANTES BT. SENDOS	Vigente	367.794	4.094.495	Punta Arenas
12806001-4	RIO ORO EN BAHIA SAN FELIPE	Vigente	439.407	4.143.706	Porvenir
12930001-9	RIO ROBALO EN PUERTO WILLIAMS	Vigente	587.093	3.910.090	Puerto Williams

Todas las estaciones cuentan con al menos 30 años de registros, con excepción de la estación río Robalo en Puerto Williams, que cuenta con registros de los últimos 13 años. Esta última presenta una lejanía geográfica con el resto de las estaciones, lo que dificulta completar su estadística. Con el análisis realizado se obtienen los caudales medios mensuales con probabilidad de excedencia 85% y 50%.

Mediante una revisión de los mapas del Instituto Geográfico Militar (IGM), imágenes de Google Earth y modelo de elevación digital Alos Palsar, se identifican los cursos de agua que fluyen en las cercanías de los predios beneficiados. Como estos cauces se ubican en cuencas

no controladas, se consideran los caudales obtenidos de los registros de las estaciones recién mencionadas para realizar una transposición de caudal por área. De esta forma se obtiene el caudal asociado a cada cauce.

Las ecuaciones para realizar la transposición de caudales son las siguientes:

$$Q_{anual_i} = Q_{anual_{estación}} * \frac{A_i}{A_{estación}}$$
$$Q_{mensual_{(i,t)}} = Q_{anual_i} * \frac{Q_{mensual_t}}{Q_{anual_{estación}}}$$

Las siguientes figuras muestran las cuencas no controladas en las ciudades de Punta Arenas y Puerto Williams

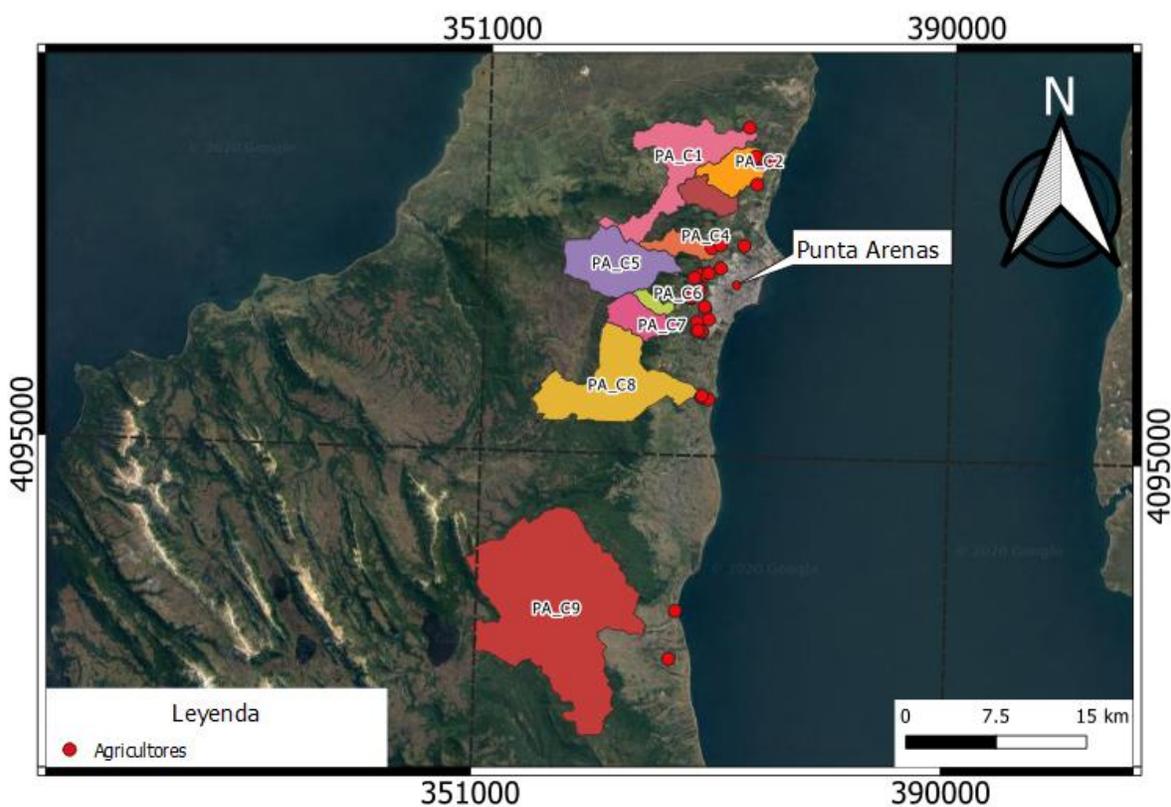


Figura 4.1 Cuencas que representan la disponibilidad de recurso hídrico para los distintos predios asociados a la ciudad de Punta Arenas. Fuente: Elaboración propia.

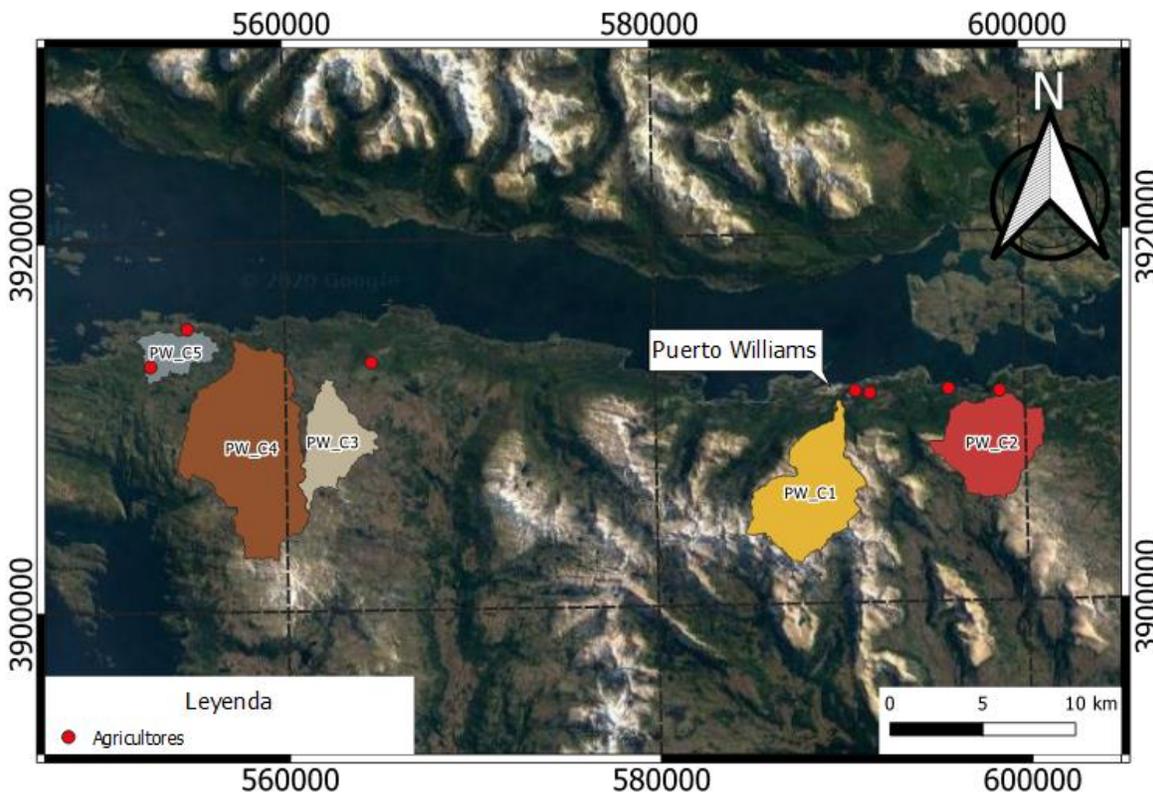


Figura 4.2 Cuencas que representan la disponibilidad de recurso hídrico para los distintos predios asociados a la ciudad de Puerto Williams. Fuente: Elaboración propia.

En base a la caracterización hidrológica realizada, se obtiene que los sectores en estudio en las comunas de Porvenir y Puerto Natales no cuentan con recurso hídrico superficial suficiente para realizar los proyectos. En cambio, en las comunas de Punta Arenas y Puerto Williams si existe disponibilidad de recurso hídrico superficial. En la siguiente tabla se presenta la estimación de los caudales medios mensuales asociados a una seguridad hídrica de un 85%.

Tabla 4.3 Caudales medios mensuales estimados para probabilidad de excedencia del 85%, en l/s. Fuente: Elaboración propia.

ID Cuenca	ID Proyecto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
PA_C7	PA6, PA9	137	135	210	133	182	291	233	83	46	51	49	76	239
PA_C6	PA11	39	39	60	38	52	84	67	24	13	15	14	22	69
PA_C4	PA21, PA22	92	91	140	89	122	195	157	56	31	34	33	51	160
PW_C1	PW1	369	389	362	359	332	457	843	1068	783	586	206	196	637

## 5 RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

### 5.1 Unidades Hidrogeológicas

En base a la información recopilada, y considerando los trabajos realizados en el contexto del presente estudio, se realizó una caracterización de las unidades hidrogeológicas existentes en cada uno de los cuatro sectores de estudio, lo que se presenta en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Unidades hidrogeológicas en el sector de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Sector	Unidad Hidrológica y principales características
Porvenir	Unidad I: unidades superficiales integrada por gravas, arenas y arcillas
	Unidad II: unidades superficiales, la cual se encuentra integrada por gravas, arenas y arcillas. Se diferencia de la unidad I debido a la mayor presencia de humedad.
	Unidad III: compuesta por granulometrías de tamaño arena. Esta unidad representa el acuífero productor.
	Unidad IV: compuesta por arenas con mayor presencia de arcillas
	Unidad V: intrusión salina y/o materia orgánica compuesta por arcillas grises
Punta Arenas	Unidad I: unidad superficial continua integrada por una alternancia de niveles de arenas medias, arenas medias con gravas y cantos; y, limo y arcillas
	Unidad II: unidades superficiales continuas integrada por una alternancia de niveles de cantos, gravas, arenas, arcillas y limos. Se diferencia de la unidad I debido a la mayor presencia de humedad.
	Unidad III: integrada por arenas y gravas, las cuales se distribuyen heterogéneamente y en menor proporción que las arenas. Esta unidad representa el acuífero productor
	Unidad IV: Integrada por arenas y gravas en mayor proporción que la unidad III. Esta unidad presenta mayor compactación que la unidad III
	Unidad V: intrusión salina y/o materia orgánica compuesta por arcillas grises
Puerto Natales	Unidad I: superficiales integrada por cantos, gravas, arenas y arcillas
	Unidad II: unidades superficiales, la cual se encuentra integrada arenas y arcillas. Se diferencia de la unidad I debido a la mayor presencia de humedad y por presentar depósitos de granulometría menor a 2 mm
	Unidad III: más resistiva que la unidad IV, por lo que se asume una presencia mayor de fracciones finas
	Unidad IV: integrada por arcillas y arenas, la cual representa el acuífero productor
	Unidad V: compuesta por arenas con mayor presencia de arcillas
	Unidad VI: intrusión salina del sector compuesta por arcillas y roca lutita.

### 5.2 Transiente Electromagnético - TEM

En este capítulo se muestran las campañas geofísicas TEM realizadas en las distintas ciudades en cuyo sector periurbano se ubican los proyectos.

### Punta Arenas

La campaña geofísica TEM realizada en Punta Arenas consistió en la realización de 318 estaciones TEM, los cuales se muestran en la Figura 5.1.

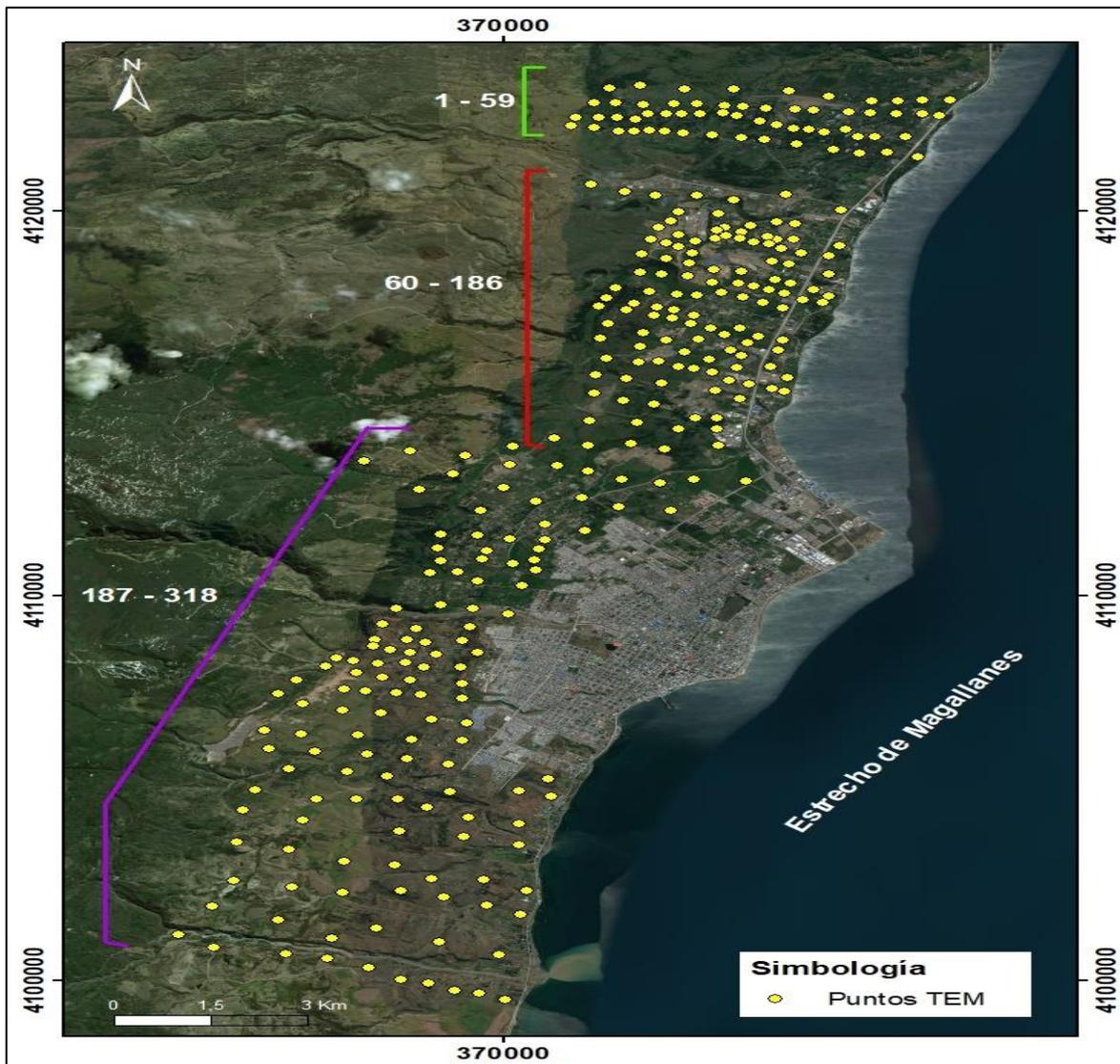


Figura 5.1: 318 estaciones TEM realizadas en Punta Arenas. Fuente: Elaboración propia.

### Puerto Natales

La campaña geofísica TEM realizada en Puerto Natales consistió en la realización de 102 estaciones TEM. De estas estaciones, 93 fueron realizadas en las cercanías de la ciudad de Puerto Natales y las restantes en el sector de cerro Dorotea. La Figura 5.2 muestra la distribución de las 102 estaciones.

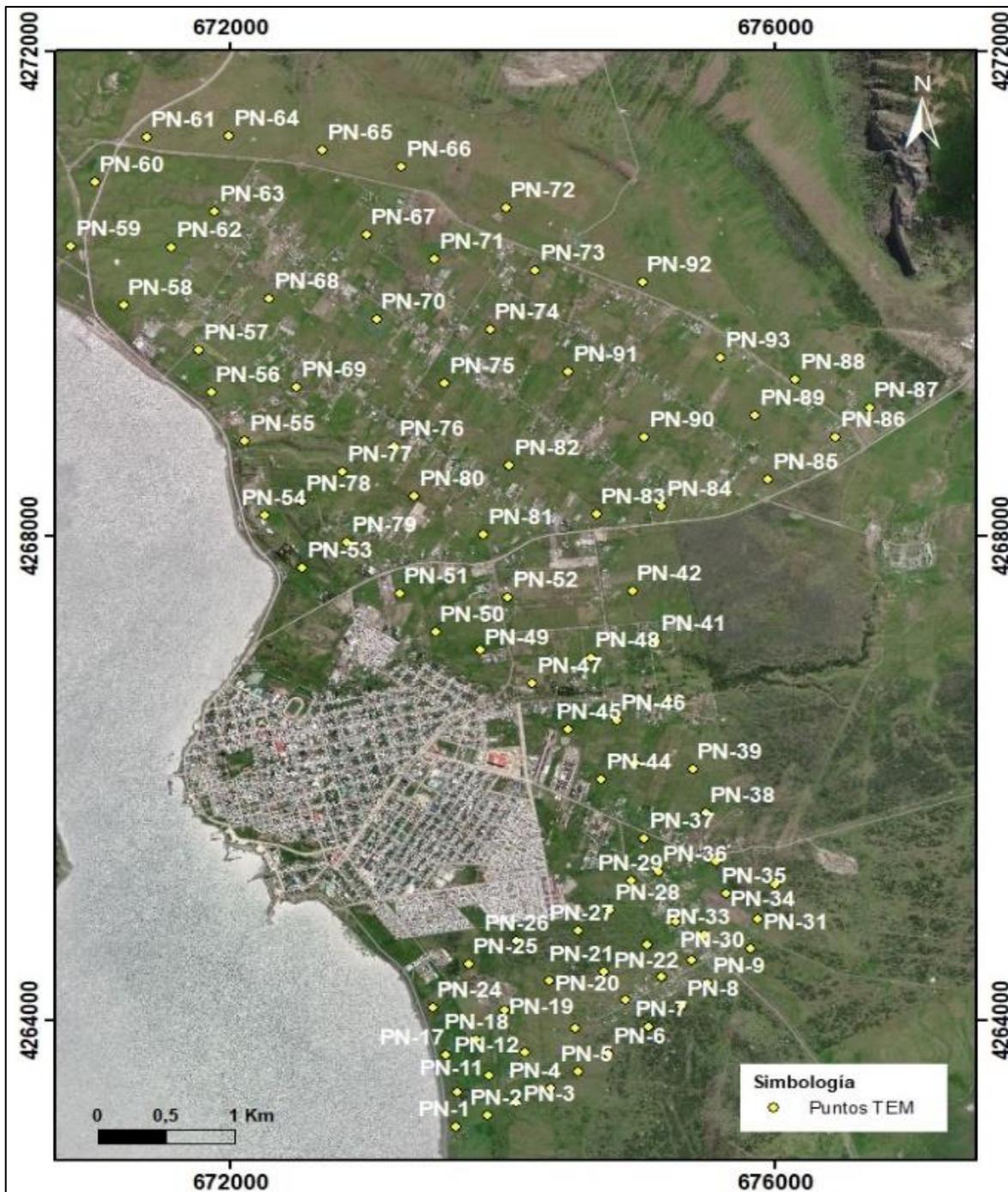


Figura 5.2: 93 estaciones TEM realizadas en Puerto Natales. Fuente: Elaboración propia.

### Porvenir

La campaña geofísica TEM realizada en Puerto Natales consistió en la realización de 92 estaciones TEM. La Figura 5.3 muestra la distribución de estos.



Figura 5.3: 92 estaciones TEM realizadas en Porvenir. Fuente: Elaboración propia.

### Puerto Williams

En Puerto Williams se han realizado 17 puntos TEM, los cuales se muestran en la siguiente figura.

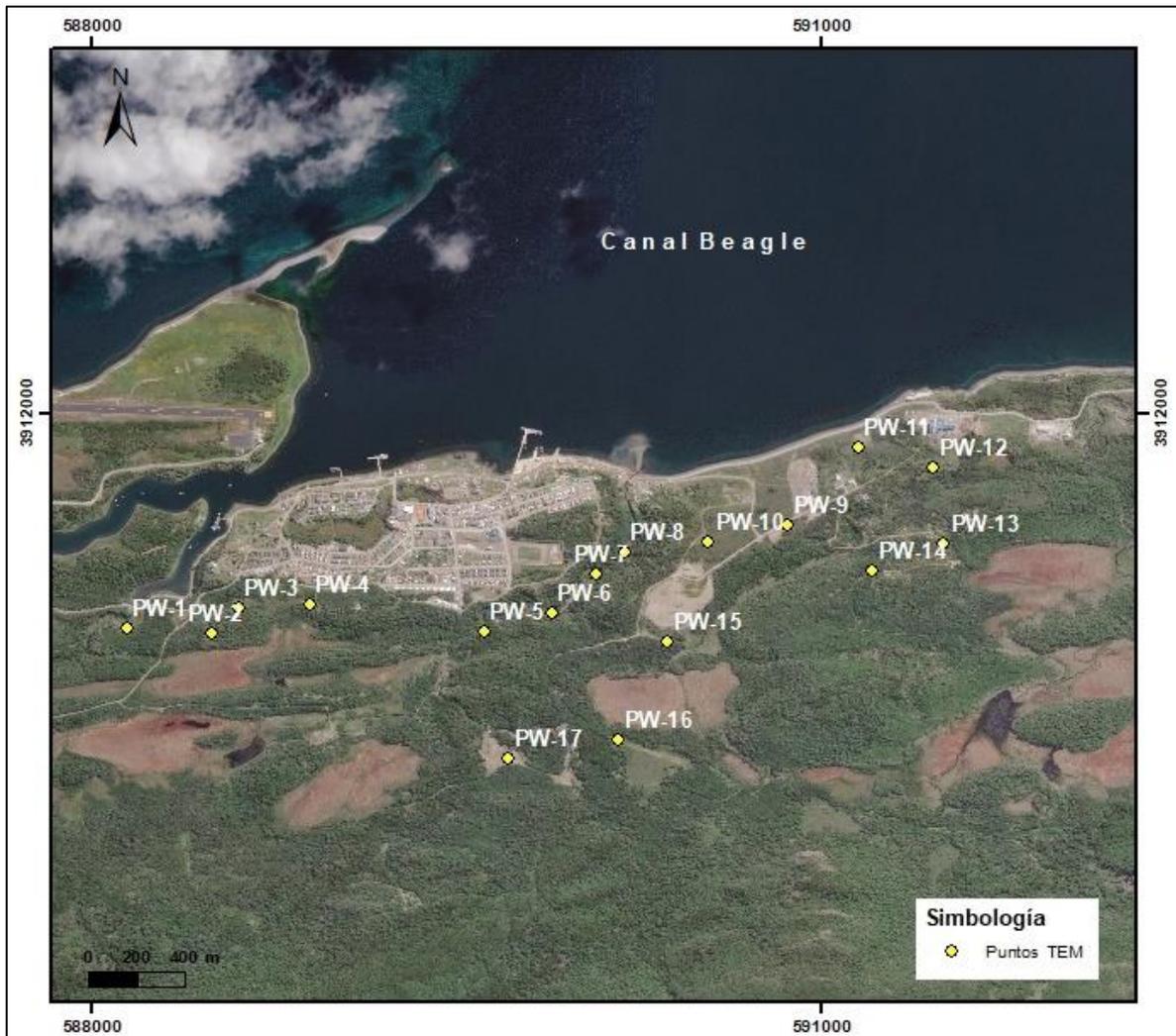


Figura 5.4: 17 puntos TEM realizados en Puerto Williams. Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Estratigrafía del sector

Para caracterizar la estratigrafía del sector se recurre a la información de expedientes pertenecientes a la DGA con información de pozos profundos, además de la información existente en el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), recopilación de estudios previos y los trabajos de terreno realizados en el marco del presente estudio. En este contexto, se utiliza tanto la información relativa a los Transientes Electromagnéticos (TEM), como los sondeos realizados en los sectores de Puerto Natales y Porvenir.



Figura 5.5 Muestras extraídas en uno de los sondajes realizados. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Niveles de Agua

La caracterización del nivel de aguas se realiza en base a la revisión de antecedentes, destacando el catastro realizado por ARCADIS (2016). Adicionalmente, se utilizó información proveniente de los expedientes pertenecientes a la DGA y al catastro de pozos realizado en el contexto del presente estudio.

De acuerdo con estos antecedentes, el nivel estático del agua en Punta Arenas llega hasta una profundidad de 32 metros y en Porvenir se encuentran profundidades de hasta 14 metros. En Puerto Natales el nivel estático alcanza una profundidad de aproximadamente 7 metros.

#### 5.5 Parámetros Hidráulicos

La caracterización de los parámetros hidráulicos del acuífero se realiza en base a las pruebas de bombeo obtenidas de expedientes de la DGA, además de la información obtenida a partir de los sondajes realizados. De estos datos es posible identificar que la permeabilidad varía entre 0,09 y 115 (m/d) para Punta Arenas, entre 0,12 y 0,14 (m/d) para Porvenir y 0,35 (m/d) para Puerto Natales. Se identifican valores de transmisividad para Porvenir y Puerto Natales, siendo de 10 y 15,05 (m<sup>2</sup>/d), respectivamente.

## 6 CLIMA

Se utiliza el “Atlas Agroclimático de Chile” (AGRIMED, 2017) para caracterizar el clima y agroclima del área en estudio.

### 6.1 Caracterización Agroclimática

La zona en estudio, en las cercanías de Puerto Natales, Punta Arenas, Porvenir y Puerto Williams, ha sido clasificada como parte del distrito agroclimático 12-4 de Punta Arenas. El distrito 12-4 es descrito como de Estepa fría con régimen de humedad sub-húmedo a húmedo (BSkShh) con una altitud media aproximada de 78 m.s.n.m. y una superficie territorial aproximada de 16.643 km<sup>2</sup>. El distrito se caracteriza por tener una temperatura que varía entre un máximo de enero de 15,7 °C y un mínimo en Julio de -1,4 °C, con un promedio de 58 días consecutivos libres de heladas. En el año se registra un promedio de 137 heladas. El periodo de temperaturas favorables a la actividad vegetativa dura 3 meses. La precipitación media anual es de 444 mm y un periodo seco de 4 meses, con déficit hídrico de 378 mm/año. El periodo húmedo dura 1 mes durante los cuales se produce un excedente hídrico de 0 mm.

A continuación, se presentan los distritos agroclimáticos existentes en la zona de estudio.



Figura 6.1 Mapa Agroclimático. Fuente: Atlas Agroclimático de Chile.

## **7 TIPO DE SUELO**

### **7.1 Aspectos Generales**

Existen cinco grandes tipos de suelos a nivel regional, de acuerdo con el “Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Región de Magallanes y Antártica Chile” (AQUASYS, 2017) elaborado para la CNR. Los tipos de suelo a nivel regional son los siguientes:

- Suelos Castaños.
- Suelos de Praderas.
- Suelos Podzólicos.
- Praderas Alpinas.
- Grises de Bosque.

### **7.2 Capacidad de Uso de Suelo**

No existen estudios de CIREN relativos a la capacidad de uso del suelo en la región. Sin embargo, en el mismo estudio mencionado anteriormente se ha identificado la superficie de la región que es posible agrupar en los distintos grupos de capacidad de uso de suelo.

En zona de estudio, asociada a las cercanías de las ciudades de Puerto Natales, Porvenir y Punta Arenas, existen suelos de clase III y IV, las que se consideran aptas para realizar proyectos de riego (ver Figura 7.1). En cuanto a los suelos cercanos a Puerto Williams, no se cuenta con una caracterización de ellos.

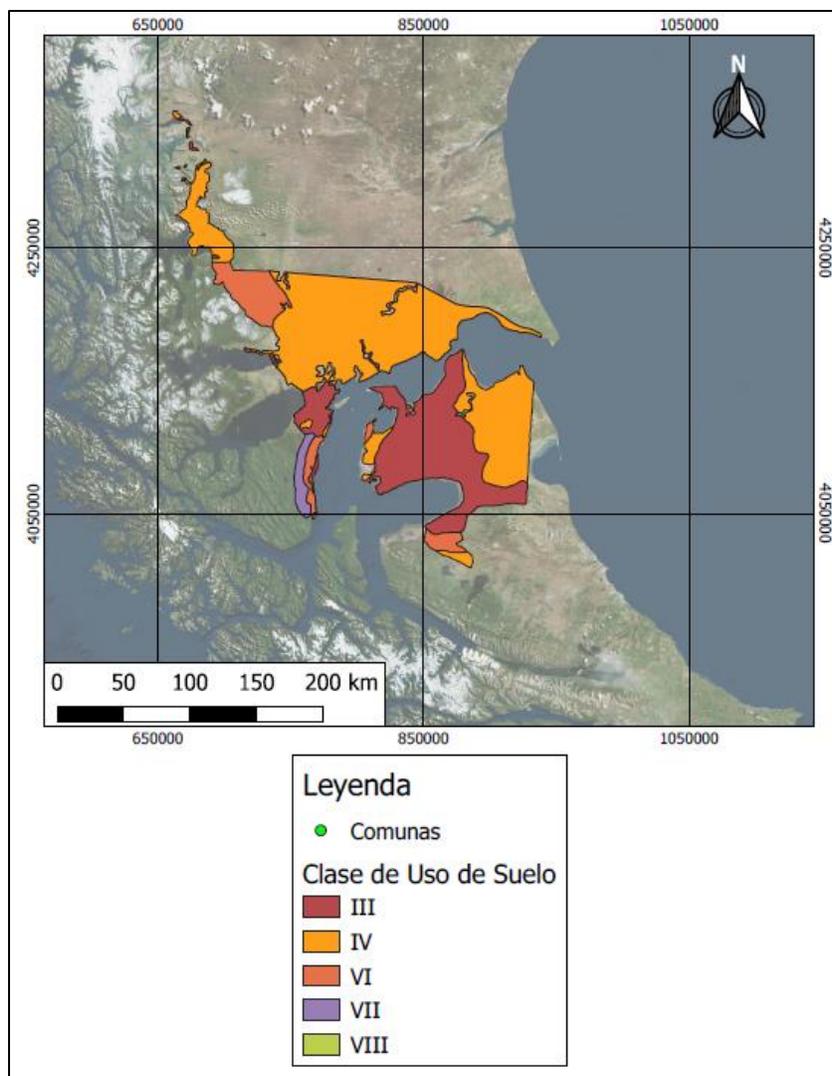


Figura 7.1 Mapa de capacidad de uso de suelo en las zonas en estudio. Fuente: (AQUASYS, 2017).

Tabla 7.1 Capacidad de Uso de Suelo y Área. Fuente: Elaboración propia.

Capacidad de Uso	Superficie (Ha)
I	0
II	0
III	708.982
IV	1.460.705
V	7.366
VI	252.209
VII	57.365
VIII	2.968
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>2.489.595</b>

La clasificación de los suelos se fundamenta en la aptitud natural que presenta el suelo para producir constantemente. Esta clasificación proporciona información relevante respecto a las limitaciones de uso, necesidades y prácticas de manejo que requieren, e igualmente proporciona información respecto a los elementos de juicio necesarios para la formulación y programación de planes de desarrollo agrícola.

Como bien se ha mencionado, el suelo de Magallanes presenta mayoritariamente suelos del tipo clase III y IV. De manera adicional, se cuenta con la información de referencia que los predios, en su gran mayoría, ya han sido utilizados de forma parcial para la agricultura, con lo que sus características permiten el desarrollo de cultivos.

## 8 CALIDAD DE AGUAS

Se realiza una campaña de muestreo de calidad de aguas en la región con la finalidad de verificar si las fuentes de agua para los proyectos cumplen con los requisitos estipulados en la norma NCh N°1333, que considera las aguas utilizadas para riego. La siguiente tabla muestra el detalle de la campaña de toma de muestras.

*Tabla 8.1 Detalle campaña de calidad de aguas. Fuente: Elaboración propia.*

Lugar	Tipo	N° Muestras
Puerto Natales	Subterránea	2
Punta Arenas	Superficial	3
Punta Arenas	Subterránea	1
Porvenir	Subterránea	1
Puerto Williams	Superficial	1

Los resultados de las muestras de calidad de aguas han arrojado que en líneas generales se cumplen con los parámetros necesarios para realizar el riego; sin embargo, existen excedentes en las concentraciones de manganeso, mercurio, zinc y sodio porcentual. La muestra de Puerto Williams es la única cuyas concentraciones se encuentran dentro de los límites normativos.

La siguiente tabla muestra los límites máximos permisibles de distintos compuestos de acuerdo con lo expuesto en la norma NCh N°1333.

*Tabla 8.2 Concentraciones máximas según NCh 1333. Fuente: Elaboración propia.*

Elemento	Unidades	Valor máximo
Manganeso	mg/l	0,2
Mercurio	mg/l	0,001
Zinc	mg/l	2
Sodio Porcentual	%	35

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones obtenidas por cada muestra de los elementos expuestos en la tabla anterior. La muestra "Tierra del Fuego" corresponde a la de Porvenir; las muestras "Natales SUB" y "Dorotea SUB" corresponden a Natales; y las muestras "Pozo PUQ", "Medio PUQ", "Sup. Sur" y "Norte PUQ" son las de Punta Arenas.

*Tabla 8.3 Concentraciones obtenidas de las muestras. Fuente: Elaboración propia.*

Muestra	Manganeso (mg/l)	Mercurio (mg/l)	Zinc (mg/l)	Sodio Porcentual (%)
Tierra del Fuego	0,36	0,001		
Pozo PUQ			13,5	

*Tabla 8.3 Concentraciones obtenidas de las muestras. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Muestra</b>	<b>Manganeso (mg/l)</b>	<b>Mercurio (mg/l)</b>	<b>Zinc (mg/l)</b>	<b>Sodio Porcentual (%)</b>
Medio PUQ	0,22			37
Sup. Sur				41
Norte PUQ		0,001		38
Natales Sub	1,02			
Dorotea Sub				40

Cabe aclarar que tanto en la Tabla 7.2 como en la Tabla 7.3 se muestran solo los elementos excedidos del total de elementos analizados. Se debe consultar el Anexo XVIII. Calidad de Aguas si se quiere profundizar respecto a los demás elementos analizados.

## 9 PRIORIZACIÓN Y ELABORACIÓN DE PERFILES DE PROYECTO

### 9.1 Selección inicial de beneficiarios

Los perfiles de proyecto a realizar se aplican a un grupo de agricultores seleccionados de un proceso de filtrado, el cual considera todos los pequeños agricultores del área de interés. Se seleccionan 22 proyectos a partir de este proceso.

Se utiliza la siguiente metodología para identificar a los posibles beneficiarios de proyectos:

- Identificar que agricultores están cerca de la zona definida para potenciales proyectos.
- Corroborar interés de los sondeados.
- Descartar predios con tamaño superior a 100 hectáreas.

Se ha realizado un proceso en el que se ha separado por estratos a los distintos agricultores. Cada estrato cumple con lo siguiente:

Los agricultores seleccionados son agrupados de acuerdo con su cercanía espacial con el fin de elaborar perfiles de proyecto colectivos entre ellos, los cuales son conformados entre 2 y 6 agricultores. Las variables por evaluar para la priorización de proyectos son promediadas o sumadas, dependiendo del caso. Estas variables corresponden a los siguientes:

- Disposición a invertir en agricultura
- Disposición a invertir en estructura de riego
- Tenencia de derechos de agua
- Presencia de infraestructura
- Superficie disponible para cultivos
- Destino de cultivos

La cantidad de proyectos colectivos seleccionados por cada comuna se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 9.1 Cantidad de proyectos colectivos por comuna. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Comuna</b>	<b>Cantidad de Proyectos</b>
Natales	9
Punta Arenas	9
Porvenir	3
Cabo de Hornos	1

### 9.2 Ideas de Perfiles de Proyectos de Riego

Los perfiles de proyectos de riego tienen elementos similares, con la única diferencia del sistema de captación de aguas, ya que este puede ser de tipo subterráneo (pozo) o de tipo superficial (toma desde estero o río).

Los proyectos de aguas subterráneas contemplados en este estudio cuentan con:

- Pozo ubicado en el predio de uno de los beneficiarios.
- Bombeo con energía solar (paneles fotovoltaicos) a un estanque de acumulación, que será una piscina excavada revestida con membrana de HDPE con autonomía de 1 día.
- Bombeo con energía solar (paneles fotovoltaicos) desde esta piscina hacia los predios de los beneficiarios.

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. Otra diferencia es que la autonomía de la piscina de acumulación es de 3 días.

### 9.3 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 levantamiento fue vinculado al sistema de coordenadas UTM, Datum WGS84. La siguiente tabla muestra las coordenadas y cotas de los PRs construidos.

Tabla 9.2: Coordenadas y cotas de PRs construidos. Fuente: Elaboración propia.

Punto	Coordenada UTM		Cota Ortométrica
	Norte	Este	
PO7a	4097017,085	409008,810	42,117
PO7b	4096934,149	409115,768	43,148
PR 1	4096379,383	408412,109	50,213
PO10a	4096596,570	408400,243	53,734
PN1a	4270450,481	672136,008	65,289
PN1b	4270551,723	672206,887	65,947
PN6b	4269699,234	673650,082	80,367
PN6a	4269568,746	673579,756	74,430
PN7b	4269446,370	673713,377	79,657
PN7a	4269299,339	673894,861	79,874
PN17b	4268041,966	674411,450	71,780
PN17a	4268180,794	674214,628	71,077
PN20a	4266997,364	674017,310	39,000
PN20b	4266824,598	674071,634	35,697
PN21a	4267248,056	673393,864	33,434
PN21b	4267087,605	673322,448	30,042
PN24a	4267266,272	674962,826	56,287
PN24b	4267249,591	674766,527	57,099

Tabla 9.2: Coordenadas y cotas de PRs construidos. Fuente: Elaboración propia.

Punto	Coordenada UTM		Cota Ortométrica
	Norte	Este	
PN29a	4265629,768	674880,865	67,265
PN29b	4265788,257	674599,615	59,636
PN37a	4279370,901	684774,735	461,340
PN37b	4279310,214	684764,885	459,101
PW1b	3911350,217	591278,442	66,208
PW1a	3911345,753	591323,164	63,517
PRb1	4105438,665	369122,066	80,488
PRb2	4105511,499	369140,010	86,698
PRc1	4106062,788	368845,730	85,120
PRc2	4106080,866	368679,238	92,425
PRd1	4108218,901	368073,943	154,587
PRd2	4108144,011	368431,866	128,326
PRe1	4110058,331	368872,034	134,400
PRe2	4110050,940	368935,930	132,615
PRf1	4110999,428	369412,632	141,990
PRf2	4110840,003	369392,614	139,630
PRg1	4111877,334	370560,737	86,580
PRg2	4111828,165	370514,720	87,836
PRh2	4112325,795	370709,417	80,194
PRh1	4112406,468	370649,598	80,230
PRI1	4117713,346	373808,390	69,100
PRI2	4117745,366	373719,706	71,233
PR28a	4119654,711	374897,954	49,212
PR28b	4119749,874	374899,104	47,017

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, límites de predios, 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. La Tabla 9.3 muestra las coordenadas y cotas de estos puntos por proyecto.

Tabla 9.3: Resumen de puntos levantados. Fuente: Elaboración propia.

Comuna	Proyecto	Base topográfica	Nº Puntos Levantado
Porvenir	PO7_SUB	PO7a-PO7b	8
Porvenir	PO10_SUB	PR 1-PO10a	10
Puerto Natales	PN1_SUB	PN1a-PN1b	8

Tabla 9.3: Resumen de puntos levantados. Fuente: Elaboración propia.

Comuna	Proyecto	Base topográfica	Nº Puntos Levantado
Puerto Natales	PN1_SUB V2	PN1a-PN1b	8
Puerto Natales	PN6_SUB	PN6b-PN6a	8
Puerto Natales	PN7_SUB	PN7b-PN7a	8
Puerto Natales	PN17_SUB	PN17b-PN17a	8
Puerto Natales	PN20_SUB	PN20a-PN20b	9
Puerto Natales	PN21_SUB	PN21a-PN21b	8
Puerto Natales	PN24_SUB	PN24a-PN24b	8
Puerto Natales	PN29_SUB	PN29a-PN29b	9
Puerto Natales	PN37_SUB	PN37a-PN37b	9
Puerto Williams	PW1_SUP	PW1b-PW1a	8
Punta Arenas	PA6_SUB	PRb1-PRb2	9
Punta Arenas	PA6_SUP	PRb1-PRb2	9
Punta Arenas	PA9_SUB	PRc1-PRc2	9
Punta Arenas	PA9_SUP	PRc1-PRc2	9
Punta Arenas	PA11_SUB	PRd1-PRd2	11
Punta Arenas	PA11_SUP	PRd1-PRd2	11
Punta Arenas	PA15_SUB	PRe1-PRe2	9
Punta Arenas	PA18_SUB	PRf1-PRf2	9
Punta Arenas	PA21_SUB	PRg1-PRg2	11
Punta Arenas	PA21_SUP	PRg1-PRg2	11
Punta Arenas	PA22_SUB	PRh2-PRh1	11
Punta Arenas	PA22_SUP	PRh2-PRh1	11
Punta Arenas	PA27_SUB	PRI1-PRI2	9
Punta Arenas	PA28_SUB	PR28a-PR28b	8

## 9.4 Curvas de Nivel

Para la generación de las curvas de nivel se empleó el software QGIS, usando Modelos de Elevación Digital (DEM) Alos Palsar con resolución 12,5 [m], la que fue corregida en base a la información recopilada en los trabajos topográficos.

## 9.5 Proyectos de Riego

### 9.5.1 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

## 9.5.2 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  $K_c = 1$ . La demanda unitaria se expresa en (l/s/ha)

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 continuo. El caudal resultante se lleva a 9 horas de bombeo, y corresponderá al caudal máximo de demanda agronómica (caudal de diseño).

### 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 de este. 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 determinan los caudales medios mensuales con la estadística de las estaciones pluviométricas seleccionadas.
- Se traspone por unidad de área al punto de interés
- Se calcula el Q85%, Q50% y Q5%. En teoría, el primero corresponde al caudal asociado a derechos de aprovechamiento permanente.

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 asociados a un 85% de seguridad hídrica; 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 + abatimiento estimado 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 archivo CAD 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: 10 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 0,5 y 5 m/s. Se usa diámetro comercial tubería HDPE PE 100 y presión nominal variable.
- 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 la cota del tranque, más las pérdidas friccionales y singulares.

#### **e) Dimensionamiento tranque acumulador**

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, el cual es igual a la máxima demanda agronómica. Se considera un volumen suficiente para bombear este caudal desde el tranque hacia las entregas con una autonomía de 1 día para proyectos subterráneos y de 3 días para proyectos superficiales.
- Taludes interior 2,5:1 (H:V) y del relleno exterior (terraplén) 2:1 (H:V).
- Altura total (desde la cota de terreno hasta el coronamiento) de 2 m.
- Altura de aspiración= 0,3 m.

- Para altura total menor a 1,5 m se considera una revancha de 30 cm, para altura total menor 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 precios de bombas y pozos se obtuvieron de cotizaciones (todo respaldado en anexos).

#### **g) Uso de Energías Renovables No Convencionales**

Por cada proyecto se entregan los datos generados por el Explorador Solar del Ministerio de Energía. Se ha optado por considerar energía fotovoltaica en el diseño de los perfiles debido a sus ventajas frente a la opción eólica, entre las que se cuentan:

- Variabilidad menor en la generación de energía a nivel diario.
- La instalación de paneles fotovoltaicos es una opción más barata que las turbinas eólicas.

A continuación, se muestran los esquemas de los proyectos según su tipo de fuente. La Figura 9.1 muestra la configuración de un proyecto subterráneo, mientras que la Figura 9.2 muestra la de un proyecto superficial.

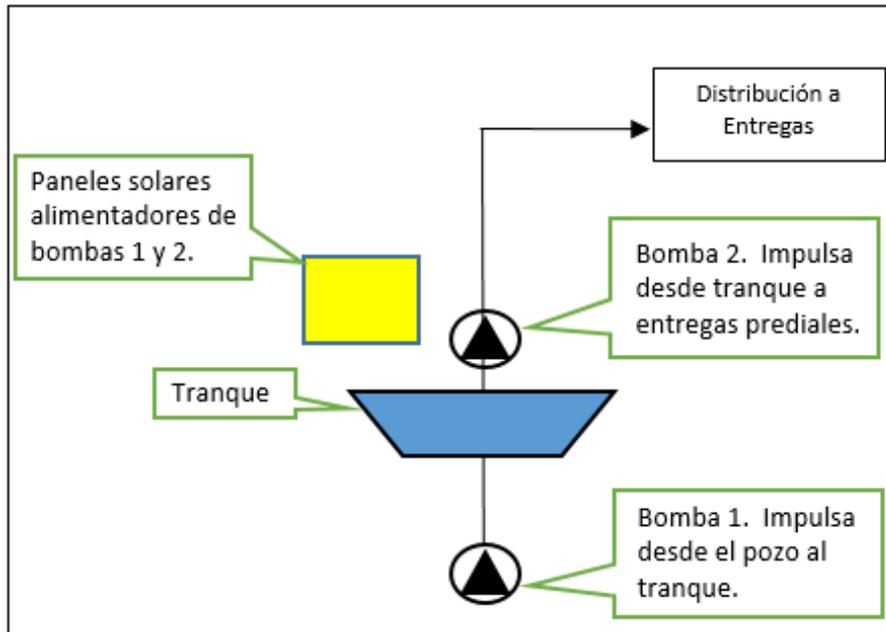


Figura 9.1 Configuración de un proyecto del tipo subterráneo. Fuente: Elaboración propia.

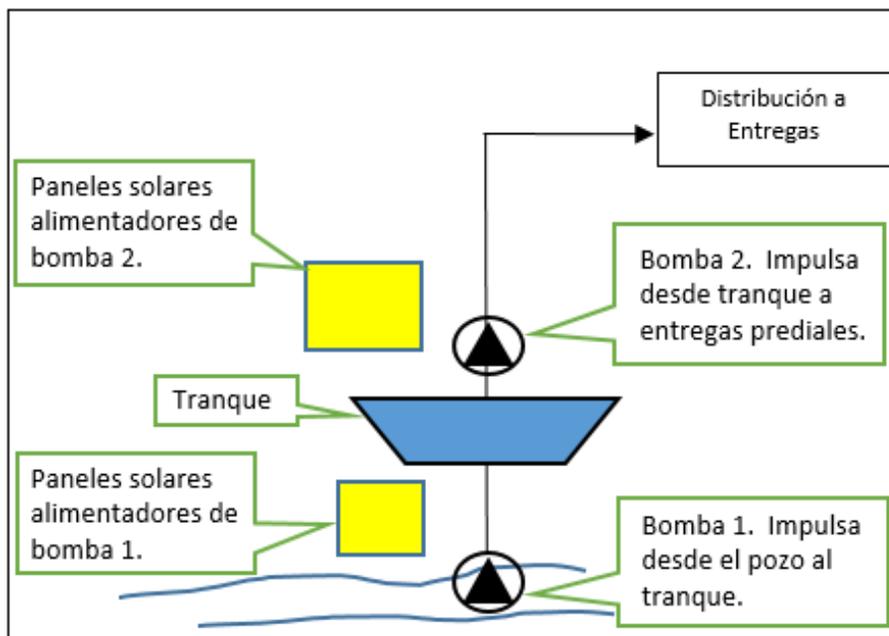


Figura 9.2 Configuración de un proyecto del tipo superficial. Fuente: Elaboración propia.

### 9.5.3 Resultados

En la siguiente tabla se incluyen los principales resultados obtenidos en cada uno de los 22 proyectos desarrollados, donde en el caso de algunos proyectos ubicados en Punta Arenas, se analizó tanto con fuente superficial como subterránea.

Tabla 9.4 Resumen resultados obtenidos en 22 proyectos. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	Fuente	N° de beneficiarios	Sup, Regada [ha]	Costo [\$]	Costo/ha [\$/ha]
PA6_SUB	SUBTERRANEA	4	1,49	\$ 54.014.151	\$ 36.251.108
PA6_SUP	SUPERFICIAL	4	1,49	\$ 99.769.642	\$ 66.818.814
PA9_SUB	SUBTERRANEA	5	3,07	\$ 87.377.998	\$ 28.461.889
PA9_SUP	SUPERFICIAL	5	3,07	\$ 101.130.494	\$ 32.906.291
PA11_SUB	SUBTERRANEA	4	8,01	\$ 147.211.225	\$ 18.378.430
PA11_SUP	SUPERFICIAL	4	8,01	\$ 240.427.962	\$ 30.015.975
PA15_SUB	SUBTERRANEA	4	2,04	\$ 60.748.086	\$ 29.778.473
PA18_SUB	SUBTERRANEA	4	1,60	\$ 111.222.046	\$ 69.513.779
PA21_SUB	SUBTERRANEA	4	1,45	\$ 53.543.974	\$ 36.926.879
PA21_SUP	SUPERFICIAL	4	1,45	\$ 38.970.054	\$ 26.906.114
PA22_SUB	SUBTERRANEA	3	3,02	\$ 86.899.240	\$ 28.774.583
PA22_SUP	SUPERFICIAL	3	3,02	\$ 64.883.973	\$ 21.463.644
PA27_SUB	SUBTERRANEA	4	1,88	\$ 109.387.648	\$ 58.184.919
PA28_SUB	SUBTERRANEA	3	1,60	\$ 57.126.741	\$ 35.704.213
PN1_SUB	SUBTERRANEA	3	4,41	\$ 115.588.329	\$ 26.210.505
PN1_SUB Versión 2	SUBTERRANEA	3	4,41	\$ 117.065.120	\$ 26.545.379
PN6_SUB	SUBTERRANEA	3	4,41	\$ 89.227.208	\$ 20.232.927
PN7_SUB	SUBTERRANEA	4	9,19	\$ 166.647.952	\$ 18.133.618
PN17_SUB	SUBTERRANEA	3	6,70	\$ 160.821.157	\$ 24.003.158
PN20_SUB	SUBTERRANEA	4	2,56	\$ 58.614.316	\$ 22.896.217
PN21_SUB	SUBTERRANEA	3	4,67	\$ 109.466.675	\$ 23.440.402
PN24_SUB	SUBTERRANEA	3	7,10	\$ 156.352.218	\$ 22.021.439
PN29_SUB	SUBTERRANEA	4	9,26	\$ 239.185.334	\$ 25.829.950
PN37_SUB	SUBTERRANEA	4	0,55	\$ 36.262.183	\$ 65.931.241
PO7_SUB	SUBTERRANEA	3	2,40	\$ 65.746.419	\$ 27.394.341
PO9_SUB	SUBTERRANEA	2	0,90	\$ 43.735.280	\$ 48.594.756
PO10_SUB	SUBTERRANEA	5	3,61	\$ 96.330.902	\$ 26.684.460
PW1_SUP	SUPERFICIAL	3	2,13	\$ 105.477.352	\$ 49.512.377

Tabla 9.5 Valores promedio, máximo y mínimo de los datos de la tabla anterior. Fuente: Elaboración propia.

<b>Promedio</b>	3,70	\$ 102.615.489	\$ 33.839.853
<b>Máximo</b>	9,26	\$ 240.427.962	\$ 69.513.779
<b>Mínimo</b>	0,55	\$ 36.262.183	\$ 18.133.618

A continuación, se incluyen cuadros resumen de información correspondiente a ERNC (Tabla 9.6) y Pozos (Tabla 9.7) de los proyectos desarrollados.

Tabla 9.6: Resumen información ERNC de los proyectos desarrollados. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	COMUNA	POTENCIA [kW]	TIPO CONEXIÓN	NÚMERO DE PANELES	COSTO FOTOVOLTAICO [€]
PA6_SUB	PUNTA ARENAS	29,7	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: ON-GRID	90	23.628.108
PA6_SUP	PUNTA ARENAS	33	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: ON-GRID	100	43.671.849
PA9_SUB	PUNTA ARENAS	42,24	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	128	34.922.978
PA9_SUP	PUNTA ARENAS	33	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	100	30.449.504
PA11_SUB	PUNTA ARENAS	90,75	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	275	71.280.142
PA11_SUP	PUNTA ARENAS	146,85	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	445	126.956.493
PA15_SUB	PUNTA ARENAS	22,11	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	67	19.807.928
PA18_SUB	PUNTA ARENAS	79,86	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	242	57.804.349
PA21_SUB	PUNTA ARENAS	20,13	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	61	17.549.184
PA21_SUP	PUNTA ARENAS	18,15	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	55	16.272.186
PA22_SUB	PUNTA ARENAS	49,83	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID BOMBA 3: OFF-GRID	151	38.723.799

Tabla 9.6: Resumen información ERNC de los proyectos desarrollados. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	COMUNA	POTENCIA [kW]	TIPO CONEXIÓN	NÚMERO DE PANELES	COSTO FOTOVOLTAICO [€]
PA22_SUP	PUNTA ARENAS	37,95	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID BOMBA 3: OFF-GRID	115	31.927.407
PA27_SUB	PUNTA ARENAS	48,18	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	146	35.372.028
PA28_SUB	PUNTA ARENAS	23,1	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	70	18.027.181
PN1_SUB	NATALES	66	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	200	50.159.101
PN1_SUB Versión 2	NATALES	66	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	200	51.053.898
PN6_SUB	NATALES	53,13	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	161	40.790.592
PN7_SUB	NATALES	118,8	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	360	90.708.332
PN17_SUB	NATALES	108,9	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	330	82.489.966
PN20_SUB	NATALES	29,7	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	90	23.420.448
PN21_SUB	NATALES	75,9	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	230	57.084.913
PN24_SUB	NATALES	110,55	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	335	82.744.109
PN29_SUB	NATALES	184,8	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	560	139.288.890

Tabla 9.6: Resumen información ERNC de los proyectos desarrollados. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	COMUNA	POTENCIA [kW]	TIPO CONEXIÓN	NÚMERO DE PANELES	COSTO FOTOVOLTAICO [€]
PN37_SUB	NATALES	10,23	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: ON-GRID	31	8.985.166
PO7_SUB	PORVENIR	36,63	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: ON-GRID	111	28.340.062
PO9_SUB	PORVENIR	13,86	BOMBA 1: ON-GRID BOMBA 2: ON-GRID	42	11.860.301
PO10_SUB	PORVENIR	59,4	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: OFF-GRID	180	44.774.534
PW1_SUP	CABO DE HORNO	36,3	BOMBA 1: OFF-GRID BOMBA 2: ON-GRID	110	45.870.008

Tabla 9.7: Resumen información pozos de los proyectos desarrollados. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	COMUNA	UTM NORTE	UTM ESTE	CAUDAL ESPERADO [L/s]	PROFUNDIDAD [m]	DIÁMETRO [in]	NE [m]	ND [m]
PA6_SUB	PUNTA ARENAS	4105293	369103	1,9	50	6	25	43,7
PA9_SUB	PUNTA ARENAS	4105959	368645	3,9	65	6	25	31
PA11_SUB	PUNTA ARENAS	4108025	368044	10,17	110	8	15	31
PA15_SUB	PUNTA ARENAS	4110063	368910	2,58	60	8	6	10
PA18_SUB	PUNTA ARENAS	4111176	369687	2,03	65	6	10	14
PA21_SUB	PUNTA ARENAS	4112013	370313	1,84	50	6	10	14
PA22_SUB	PUNTA ARENAS	4112224	370647	3,84	65	6	10	17
PA27_SUB	PUNTA ARENAS	4117728	373740	2,38	110	6	10	14
PA28_SUB	PUNTA ARENAS	4119523	374995	2,03	80	6	18	22
PN1_SUB	NATALES	4270437	672112	5,32	90	8	20	43

Tabla 9.7: Resumen información pozos de los proyectos desarrollados. Fuente: Elaboración propia.

ID PROYECTO	COMUNA	UTM NORTE	UTM ESTE	CAUDAL ESPERADO [L/s]	PROFUNDIDAD [m]	DIÁMETRO [in]	NE [m]	ND [m]
PN1_SUB Versión 2	NATALES	4270226	672432	5,32	90	8	20	43
PN6_SUB	NATALES	4269725	673570	5,33	60	8	15	38
PN7_SUB	NATALES	4269495	674120	11,1	90	8	10	57
PN17_SUB	NATALES	4268207	674157	8,08	100	8	20	54
PN20_SUB	NATALES	4266935	673859	3,1	75	6	15	29
PN21_SUB	NATALES	4267217	673459	5,63	80	6	10	34
PN24_SUB	NATALES	4267176	675067	8,57	80	8	10	46
PN29_SUB	NATALES	4266070	674695	11,18	110	8	20	67
PN37_SUB	NATALES	4279347	684800	0,67	55	6	15	18
PO7_SUB	PORVENIR	4097012	408999	2,81	61	6	40	46
PO9_SUB	PORVENIR	4096809	408580	1,05	58	6	40	43
PO10_SUB	PORVENIR	4096319	408404	4,21	65	6	30	39

Las siguientes figuras muestran la distribución de los proyectos de riego en las distintas ciudades: Puerto Natales, Punta Arenas, Porvenir y Puerto Williams.

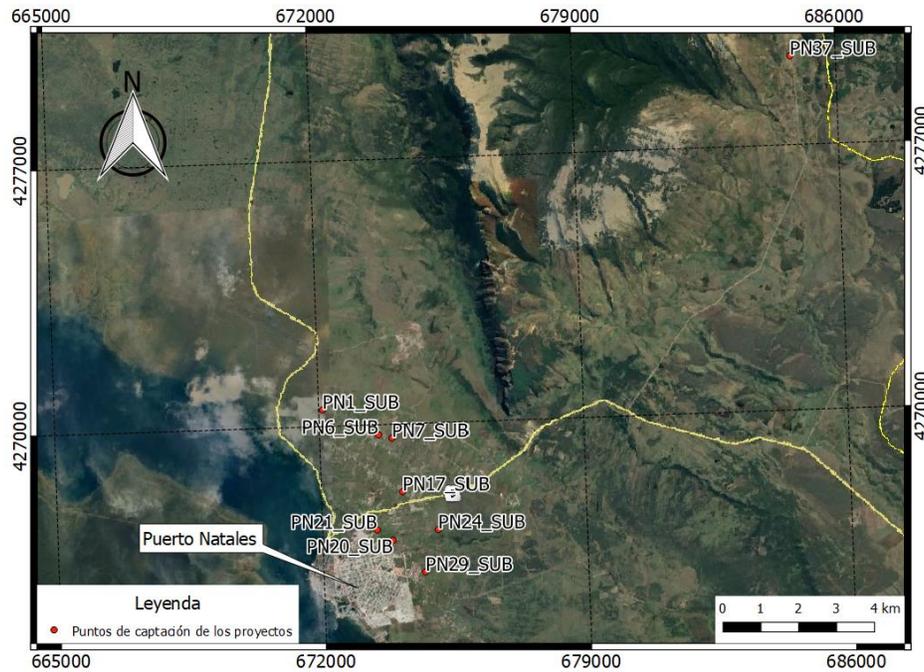


Figura 9.3 Distribución de los proyectos de riego en Puerto Natales. Fuente: Google Earth.

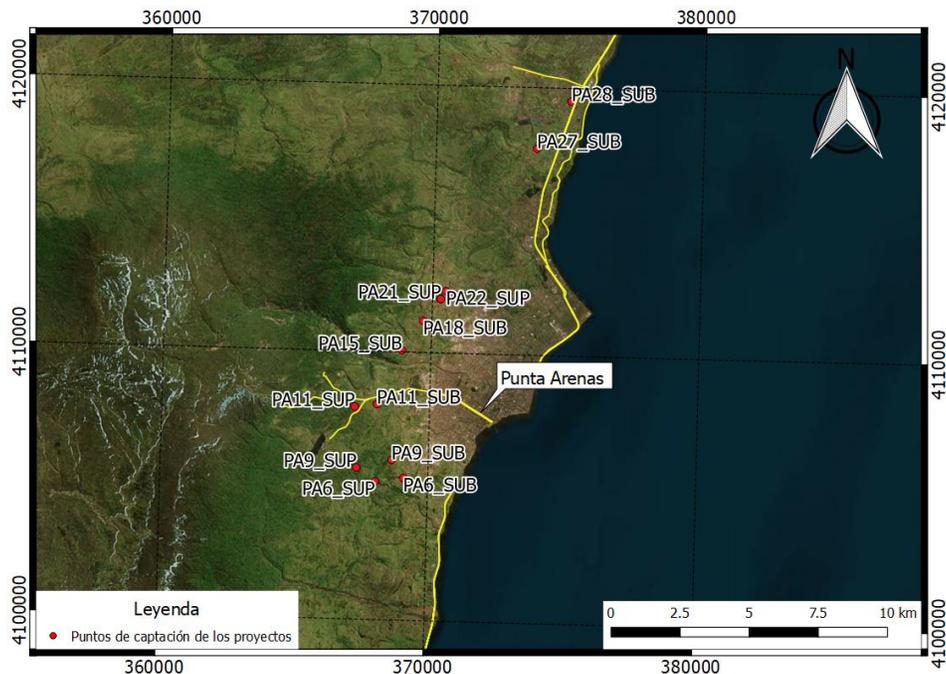


Figura 9.4 Distribución de los proyectos de riego en Punta Arenas. Fuente: Google Earth.

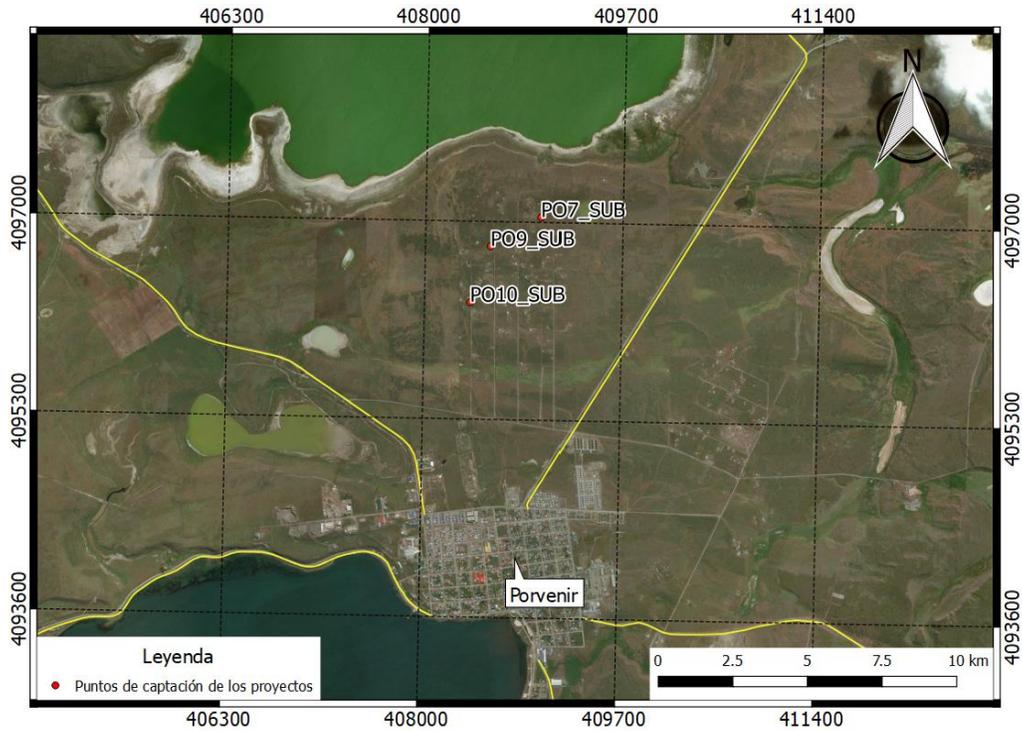


Figura 9.5 Distribución de los proyectos de riego en Porvenir. Fuente: Google Earth.

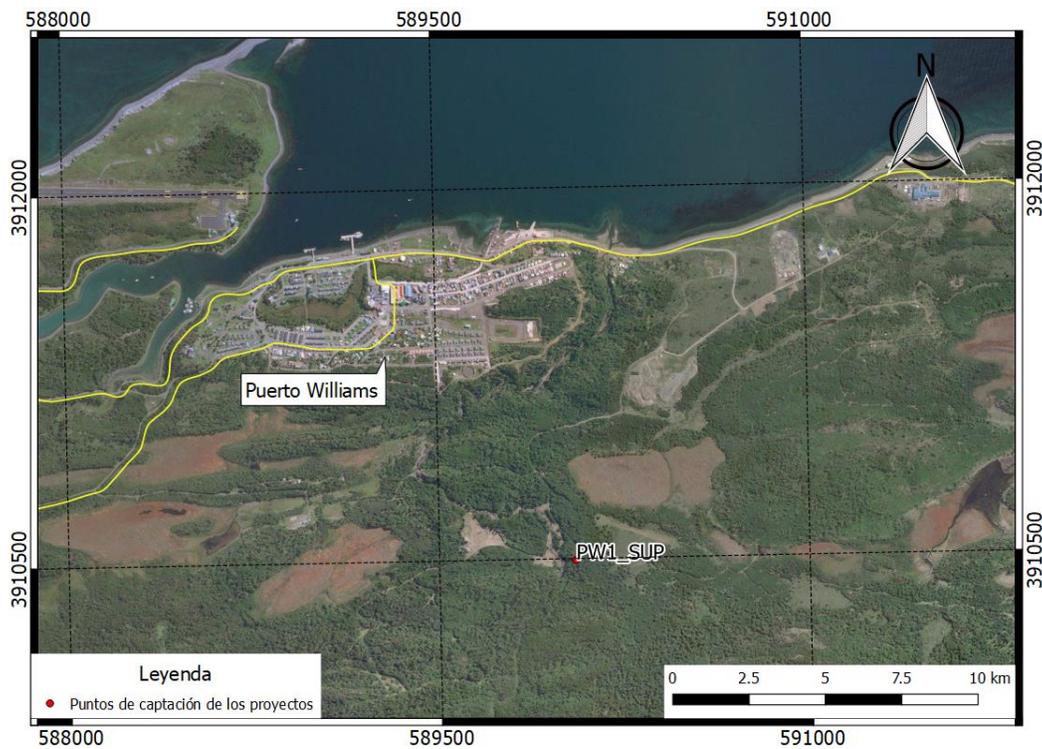


Figura 9.6 Distribución de los proyectos de riego en Puerto Williams. Fuente: Google Earth.

## 10 SOLICITUD DE DERECHOS DE AGUA

Para llevar a cabo el análisis de los derechos de agua existentes en la zona del estudio, se recurre a los tres registros de usuarios de imperativo legal, los cuales son:

1. Registro de propiedad de aguas del registro del conservador de bienes raíces.
2. Catastro público de aguas de la DGA.
3. Registro de comuneros a cargo de la organización de usuarios.

La siguiente figura muestra los derechos de agua otorgados y en trámite en la región de Magallanes.

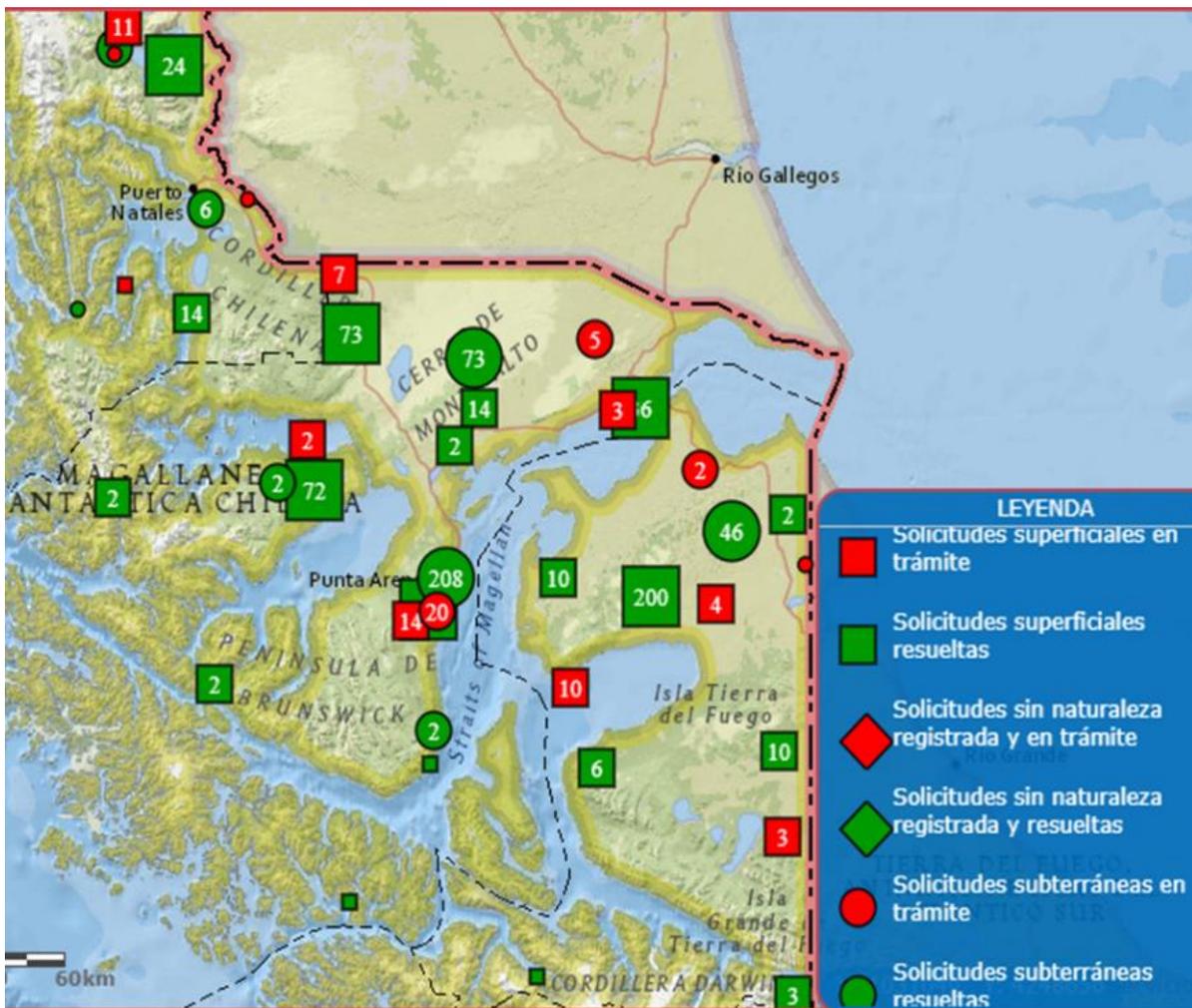


Figura 10.1 Vista general solicitudes DAA otorgados y en trámite. Fuente: Dirección General de Aguas, Sistema Nacional de Información de Aguas (SINIA).

La Tabla 10.1 muestra las solicitudes propuestas de derechos de agua por proyecto.

*Tabla 10.1 Solicitudes propuestas de derechos de agua por proyecto. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Tipo Solicitud</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Tipo derecho</b>	<b>Uso</b>	<b>Caudal (l/s)</b>	<b>Fuente Hídrica</b>	<b>Tipo de ejercicio</b>	<b>Características</b>
Colectivo	PA6	Superficial	Agrícola	1,9	Río Los Ciervos	Permanente y continuo	Consuntivo
Colectivo	PA9	Superficial	Agrícola	3,9	Río Los Ciervos	Permanente y continuo	Consuntivo
Colectivo	PA11	Superficial	Agrícola	10,17	Estero Lynch	Permanente y continuo	Consuntivo
Colectivo	PA21	Superficial	Agrícola	1,84	Canal de trasvase	Permanente y continuo	Consuntivo
Colectivo	PA22	Superficial	Agrícola	3,84	Canal de trasvase	Permanente y continuo	Consuntivo

La Tabla 10.2 muestra las solicitudes de derechos de agua individuales.

*Tabla 10.2: Información respecto a los derechos de agua individuales. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Proyecto</b>	<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo Ejercicio</b>	<b>Fuente Hídrica</b>	<b>Uso</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
PA6	Juan Neguelquín	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervos	Agrícola	0,61
	Lucy Aguilar	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervos	Agrícola	0,51
	Maura Nail	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	0,27

*Tabla 10.2: Información respecto a los derechos de agua individuales. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Proyecto</b>	<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo Ejercicio</b>	<b>Fuente Hídrica</b>	<b>Uso</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
PA9	Herminia Nehuelquén	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	0,67
	Leopoldo Barría	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	0,28
	Mirta Cárcamo	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	1,02
	Nally Nicurehue	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	1,66
	Teresa Ojeda	Consuntivo	Permanente y continuo	Río Los Ciervosl	Agrícola	0,27
PA11	Manuela Triviño	Consuntivo	Permanente y continuo	Estero Lynch	Agrícola	0,43
	Margarita Gómez	Consuntivo	Permanente y continuo	Estero Lynch	Agrícola	8,89
	María Cárdenas	Consuntivo	Permanente y continuo	Estero Lynch	Agrícola	0,46
	Rosa Vera	Consuntivo	Permanente y continuo	Estero Lynch	Agrícola	0,39
PA21	Eliana Ampuero	Consuntivo	Permanente y continuo	Canal de trasvase	Agrícola	0,31
	Julio Triviño	Consuntivo	Permanente y continuo	Canal de trasvase	Agrícola	1,53

*Tabla 10.2: Información respecto a los derechos de agua individuales. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Proyecto</b>	<b>Nombre</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo Ejercicio</b>	<b>Fuente Hídrica</b>	<b>Uso</b>	<b>Caudal (l/s)</b>
PA22	Clara Paredes Vera	Consuntivo	Permanente y continuo	Canal de trasvase	Agrícola	2,21
	María Colín	Consuntivo	Permanente y continuo	Canal de trasvase	Agrícola	1,02
	José Cárcamo	Consuntivo	Permanente y continuo	Canal de trasvase	Agrícola	0,61

No hay fuentes superficiales y subterráneas con restricciones. Por lo tanto, habría disponibilidad de recursos para constituir.

Para la elaboración de los perfiles de proyecto se analizó tanto la disponibilidad física como legal del recurso hídrico. En la siguiente tabla se presenta parte del análisis de los derechos de aprovechamiento otorgados y la disponibilidad hídrica superficial de las principales fuentes en la comuna de Punta Arenas.

*Tabla 10.3: DDAA otorgados y disponibilidad superficial en comuna de Punta Arenas. Fuente: Elaboración propia.*

Cuenca	Fuente	Qma estimado [L/s]	Qma consuntivo permanente [L/s]	Qma consuntivo eventual [L/s]	Qma no consuntivo [L/s]	Diferencia [L/s]
PA_C1	Rio Chabunco	984,85	69,6	218,5	399,8	696,8
PA_C2	Rio Seco	370,56	8,5	270	30,0	92,1
PA_C3	Estero Bitsh	239,55	34	103,3	-	102,3
PA_C4	-	-	-	-	-	-
PA_C5	Rio Las Minas	870,84	400,2	20	-	450,6
PA_C6	-	-	-	-	-	-
PA_C7	Rio De Los Ciervos	312,49	168,9	98,3	-	45,3
PA_C8	Rio Leñadura	1339,95			467,2	1340,0
PA_C9	Rio Agua Fresca	3847,4	100,8	32,8	427,0	3713,8

El informe anexa modelos de solicitudes de constitución de derechos de agua individuales y colectiva, ya que por perfil se proponen solicitudes con un solo punto de captación.

El archivo "*Expediente DGA Asoc. Canalistas Pto Natales*" ubicado en el Anexo V. Aspectos Legales se encuentra la información de la Organización de Usuarios de Agua (OUA) que se encuentra en el sector, específicamente en Puerto Natales.

## 11 PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Los procesos PAC permiten la generación de espacios de diálogo y deliberación ciudadana. La intención es convocar a un público suficientemente heterogéneo, en donde estén incorporadas las distintas perspectivas, intereses y roles. De esta forma se congregan actores de distinto tipo asociados a distintos usos del agua, enfocados principalmente al riego para el caso de este estudio.

Se realizaron actividades PAC en las comunas de Punta Arenas, Porvenir y Puerto Natales. Las fechas de realización de cada una de estas actividades fueron, respectivamente, el 06 de diciembre de 2019, 07 de diciembre de 2019 y el 09 de enero de 2020.

En Puerto Williams se ha realizado un trabajo puerta a puerta debido a que en toda la comuna son sólo 3 los beneficiarios.

## 12 ELABORACIÓN DEL SIG DEL ESTUDIO

En el desarrollo del estudio se generó información espacializada a través de la cual se obtuvo un completo sistema de información geográfico de la región, compatible con el SIG de la CRN (ESIIR) y utilizando el software QGIS Desktop versión 2.18.

Las coberturas se generaron en formato shape independientes, compuestas 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:

- División territorial por comunas.
- Proyectos Subterráneos.
- Proyectos Superficiales.
- Estaciones TEM.
- Proyectos INDAP.
- Lagos.
- Ciudades.
- Ubicación de ciudades.
- Red vial.
- Ríos y esteros.
- Límites de los predios.

Toda la información contenida en el SIG está en el Datum SIRGAS coordenadas UTM, Huso 18 para Puerto Natales y Huso 19 para Punta Arenas, Porvenir y Puerto Williams.

## 13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente estudio ha sido elaborado para mejorar las condiciones de la producción agrícola de los pequeños agricultores en la región de Magallanes. La finalidad es proveer de información referente a la disponibilidad del recurso hídrico existente en la zona (tanto superficial como subterránea), condiciones para el desarrollo de cultivos y elaboración de proyectos de riego cuya fuente de energía sea ERNC.

El costo estimado de los perfiles de proyecto propuestos, en pesos chilenos, se encuentra dentro del rango comprendido entre \$36.262.183 y \$240.427.962.

Las principales problemáticas existentes para el desarrollo de la agricultura en la región guardan relación con los siguientes puntos.

### a) **Costos elevados para construcción de pozo:**

La región de Magallanes se encuentra geográficamente aislada del resto del país, lo cual repercute en la conectividad. Esto implica que la experiencia y los equipos necesarios para realizar pozos dependen de las empresas ubicadas en la región, principalmente en Punta Arenas. La falta de competencia en este rubro repercute en un aumento considerable de los costos.

### b) **Baja incidencia de rayos solares:**

Debido a la latitud geográfica en la que se encuentra la región, la radiación incidente es baja en comparación a otros lugares del país. Esto repercute en que la cantidad de paneles solares requeridos será superior, lo que incrementa el costo.

### c) **Falta de conocimiento de herramientas de financiamiento:**

A nivel nacional es común la falta de conocimiento respecto a las herramientas estatales existentes de apoyo a la pequeña agricultura, y la región de Magallanes no es la excepción. Esto tiene dos principales consecuencias: el primero es el desaprovechamiento de estos beneficios que pueden repercutir positivamente en el desarrollo agrícola de la región; y el segundo es la desconfianza desarrollada por los regantes en la implementación de nuevos proyectos.

### d) **Aspectos agropecuarios:**

Existe un gran potencial para desarrollar proyectos agrícolas, ya que existe un porcentaje bajo de áreas explotadas en comparación a la totalidad de áreas que presentan los agricultores en la región, según la encuesta agropecuaria realizada. Llama la atención la mínima área destinada a invernaderos, debido a las inclemencias típicas de la región se esperaría que su uso fuera más masivo. Sin embargo, esto se entiende debido a la falta de financiamiento o la falta de información para el acceso a este financiamiento.

A continuación, se plantean algunas recomendaciones dadas por el consultor para dar continuidad a esta iniciativa.

1. Capacitaciones respecto a los fondos públicos concursables, dentro de los que destacan los ofrecidos por la ley 18.450 de la CNR. De esta forma los agricultores podrán tener conocimiento respecto a las bonificaciones a las que pueden postular y el procedimiento mediante el cual pueden concursar.
2. Entrevistas periódicas con los beneficiarios de los proyectos para conocer los inconvenientes que hayan podido aparecer. Con esto se busca tener una idea de las mejoras que es necesario hacer en este tipo de proyectos, tanto en su planificación como en la ejecución.
3. Realizar un estudio para determinar la capacidad de uso del suelo en el sector de estudio, para que de esta forma haya una base de datos confiable para determinar qué tan apto es el suelo para el cultivo. Esto será de utilidad para cuando los agricultores evalúen el tipo de cultivo que quieren tener, o para cuando quieran cambiar el cultivo actual que tienen.
4. Es necesario realizar pruebas de bombeo en la zona de estudio para determinar de forma concreta las propiedades del acuífero, tales como permeabilidad, transmisividad, coeficiente de almacenamiento. Si bien se han realizado estudios hidrogeológicos, solo la prueba de bombeo puede dar información fidedigna al respecto.
5. Incentivar a los agricultores para que ocupen la tecnología de riego por goteo para sus cultivos. De esta forma se aumenta la eficiencia en el riego y se puede regar una mayor superficie con el mismo caudal.

## 14 REFERENCIAS

- AGRIMED. (2017). *Atlas Agroclimático de Chile*. Santiago: Universidad de Chile.
- AQUASYS. (2017). *Diagnostico para Desarrollar Plan de Riego en la Región de Magallanes y Antártica Chile*. Santiago.
- ARCADIS. (2016). *Actualización de Información y Modelación Hidrológica Acuíferos de XII Región de Magallanes y la Antártica*. Santiago.
- Ayala, Cabrera y Asociados Ltda. (1991). *Catastro y Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos, XII Región*. Santiago.
- Charrier, R. P. (2007). *Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile*.
- Comisión Económica para América Latina. (2012). *Economía del cambio climático en Chile*. Santiago.
- Comisión Nacional de Riego. (1986). *Pautas para reconocimiento de suelo del Ministerio de Agricultura*. Santiago.
- Comisión Nacional de Riego. (1997). *Estudio Integral del Riego y Drenaje de Magallanes, XII Región*. Santiago.
- Departamento de Agricultura de EEUU. (1984). *Soil Survey Manual*.
- GCF INGENIEROS LTDA. (2014). *Metodología para la delimitación y sectorización de acuíferos a nivel nacional*. Santiago.
- Gobierno Regional. (2014). *Plan Regional de Ordenamiento Territorial (PROT) de la Región de Magallanes y Antártica Chilena*. Santiago.
- Malumián, N. H. (2013). *El Paleógeno de la cuenca de Magallanes: bioestratigrafía y discontinuidades*. Universidad de Magallanes.
- Pittion, J. L. (1999). *Sistema petrolero de la Cuenca Austral*.
- Sarricolea, P. (2017). *Climatic regionalisation of continental Chile*. Santiago: Journal of Maps.
- SERNAGEOMIN. (2004). *Mapa geológico de Chile, escala 1:1.000.000, versión digital*. Santiago.
- Servicio Agrícola y Ganadero. (2011). *Pauta para estudio de suelos (rectificada)*. Santiago.
- Universidad Austral de Chile. (1981). *Manual para reconocimiento de suelos*. Valdivia.
- Uribe M., J. M. (2012). *Atlas Bioclimático de Chile*. Santiago: Universidad de Chile.
- Vásquez, A. D. (2012). *Suelos de fundación de la ciudad de Punta Arenas, Región de Magallanes y Antártica chilena*. Santiago: Universidad de Chile.