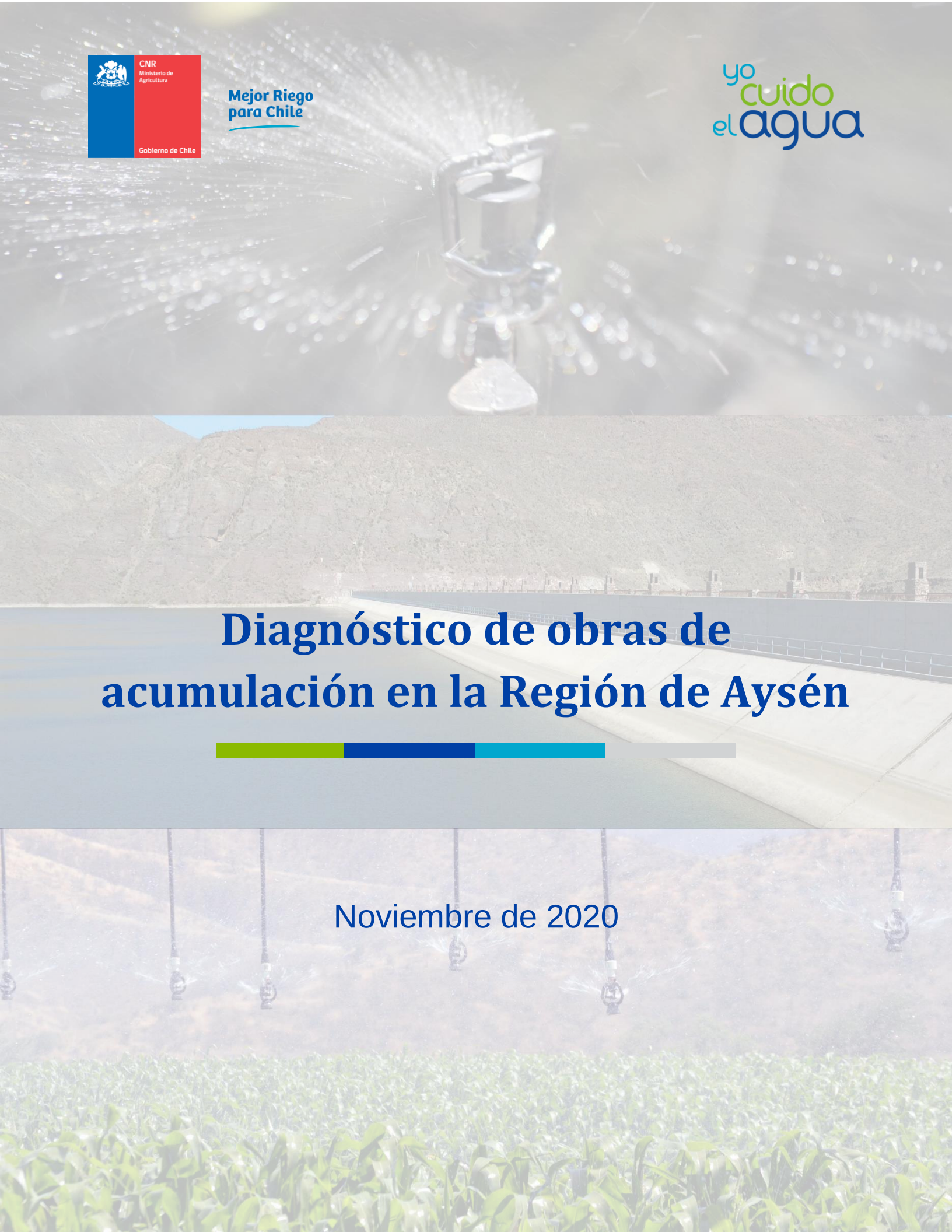


Diagnóstico de obras de acumulación en la Región de Aysén

Noviembre de 2020

EQUIPO PARTICIPANTE EN LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Jefe de Estudio: Juan Torres C.

Encargado Topografía: Marcos Díaz N.

Especialista Mecánica de Suelos y Embalses: Christian San Martín J.

Especialista Legal: Fernando Valdés H.

Especialista Estudio Hidrológico e Hidráulico: Alejandro Arenas H.

Especialista Desarrollo Agroproductivo: Katherine Vargas C.

Especialista SIG y Modelo de Gestión de Recursos Hídricos: Soledad Huerta M.

Jefe Terreno: Rodrigo Arenas H.

Ingeniero Civil: Gustavo Romero S.

INDICE

1 RESUMEN EJECUTIVO 2
2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS 2
2.1 INTRODUCCIÓN 2
2.2 ALCANCE DEL ESTUDIO 3
2.3 ETAPAS DEL ESTUDIO 4
2.3.1 Generalidades 4
2.3.2 Etapa 1 5
2.3.3 Etapa 2 5
2.3.4 Etapa 3 6
2.3.5 Etapa 4 6
2.3.6 Etapa 5 6
2.3.7 Etapa 6 6
2.3.8 Etapa 7 6
2.4 OBJETIVOS DEL ESTUDIO 6
2.4.1 Objetivo general 6
2.4.2 Objetivos específicos 7
3 REFERENCIAS 7
4 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES 8
4.1 GENERALIDADES 8
4.2 REVISIÓN DE DISPONIBILIDAD DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA 11
4.2.1 Aspectos generales 11
4.2.2 Revisión y análisis crítico de antecedentes legales recopilados 11
4.3 PERMISOS NECESARIOS PARA MATERIALIZAR LAS OBRAS DE ACUMULACIÓN 12
4.3.1 Microembalses y obras de acumulación lateral 12
4.3.2 Obras de acumulación alimentadas por aguas lluvia 13
4.4 DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA OTORGADOS EN LA ZONA DEL ESTUDIO 13
4.5 DISPONIBILIDAD HÍDRICA 19
4.6 ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE CRECIDA 21
4.7 REVISIÓN DE ANTECEDENTES CARTOGRÁFICOS 21
4.8 ANTECEDENTES HIDROMETEOROLÓGICOS 22
4.8.1 Estaciones meteorológicas y estaciones fluviométricas existentes 22
4.8.2 Estaciones patrón por cuenca 26
5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ESTUDIO 32
5.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA 32
5.2 ASPECTOS HUMANOS 33
5.2.1 Exploración y colonización 33
5.2.2 Demografía 34
5.2.3 Aspectos laborales 38
5.3 RELIEVE 40
5.4 CLIMA 41
5.4.1 Clima a nivel regional 41
5.4.2 Clima a nivel de cuenca 42
5.5 HIDROGRAFÍA 44
5.5.1 Generalidades 44
5.5.2 Río Palena 46
5.5.3 Río Cisnes 48
5.5.4 Río Aysén 49
5.5.5 Río Baker 50
5.5.6 Río Pascua 52
5.6 VEGETACIÓN 54
6 DESCRIPCIÓN AGROPECUARIA 54
6.1 EXPLOTACIONES AGROPECUARIAS 55
6.2 USO DE SUELO 59

6.3 CULTIVOS ... 63
6.3.1 Plantaciones forestales ... 63
6.3.2 Plantas forrajeras ... 64
6.3.3 Cereales, leguminosas y tubérculos ... 65
6.3.4 Hortalizas ... 66
6.3.5 Frutales ... 68
6.4 RIEGO ... 69
6.5 GANADERÍA ... 71
6.6 ANTECEDENTES DE SUELO ... 72
6.7 ANTECEDENTES AGROCLIMÁTICOS ... 74
7 VISITAS A TERRENO ... 78
7.1 REUNIONES Y COMUNICACIONES ... 78
7.1.1 Reuniones realizadas en diciembre de 2018 ... 78
7.1.2 Reuniones realizadas en enero de 2019 ... 78
7.2 CONSULTORES DE LA LEY N°18.450 ... 79
8 SITIOS PRESELECCIONADOS ... 79
8.1 GENERALIDADES ... 79
8.2 METODOLOGÍA ... 82
8.2.1 Aspectos generales ... 82
8.2.2 Factores de evaluación ... 84
8.3 DIAGNÓSTICO DE LOS SITIOS PRESELECCIONADOS ... 85
8.4 ELEMENTOS A CONSIDERAR EN LA IDENTIFICACIÓN DE SITIOS ... 85
8.5 DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS ... 86
9 SELECCIÓN DE SITIOS DEFINITIVOS ... 87
9.1 ASPECTOS GENERALES ... 87
9.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN ... 88
9.3 SITIOS SELECCIONADOS ... 91
9.4 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS ANTE LA CRR ... 93
10 ESTUDIO HIDROLÓGICO ... 94
10.1 ESTIMACIÓN DEL RESPALDO HIDROLÓGICO DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO ... 94
10.1.1 Introducción ... 94
10.1.2 Variabilidad geográfica de las precipitaciones ... 94
10.1.3 Registros de la DGA ... 97
10.1.4 Meses con registros incompletos ... 101
10.1.5 Patrón de precipitaciones ... 101
10.1.6 Relleno y extensión de precipitaciones ... 104
10.1.7 Precipitaciones en las cuencas aportantes a los microembalses ... 118
10.1.8 Relaciones precipitación-escorrentía y precipitación-temperatura-escorrentía ... 120
10.1.9 Caudales en los puntos de captación de los microembalses ... 121
10.1.10 Caudales en los puntos de captación de los microembalses ... 127
10.1.11 Análisis de frecuencia ... 128
11 ESTUDIOS LEGALES ... 129
11.1 INTRODUCCIÓN ... 129
11.2 LAS AGUAS TERRESTRES ... 130
11.2.1 Generalidades ... 130
11.2.2 Utilización de las aguas de manera exclusiva y excluyente ... 131
11.2.3 Modos de adquirir el derecho de aprovechamiento de agua ... 131
11.2.4 Adquisición del derecho de aprovechamiento de aguas por acto de autoridad ... 132
11.2.5 Potestad reglada de la Dirección General de Aguas para constituir el derecho de aprovechamiento de aguas por acto de autoridad ... 132
11.2.6 Procedencia legal de la solicitud o petición ... 133
11.2.7 Disponibilidad del recurso hídrico ... 134
11.2.8 Perjuicio o menoscabo a derechos de terceros ... 136
11.3 LOS USOS FACULTADOS POR LA LEY ... 136
11.3.1 Introducción ... 136

11.3.2 Las aguas pluviales o aguas lluvias ... 136
11.3.3 El aprovechamiento de las aguas pluviales ... 137
11.3.4 El uso de las aguas pluviales que caen en predio de dominio privado ... 137
11.4 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD ... 138
11.4.1 Aspectos generales ... 138
11.4.2 La utilización de las aguas pluviales para abastecer las obras de acumulación ... 138
11.4.3 La utilización de aguas superficiales (esteros, quebradas, etc.) para abastecer las obras de acumulación ... 139
11.4.4 Determinación de la forma como se abastecerán las obras de acumulación en los sitios elegidos ... 143
11.4.5 Viabilidad de obtener los derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales de ejercicio eventual para abastecer las obras de acumulación en los sitios elegidos ... 144
11.4.6 Solicitud de derechos de aprovechamiento sobre aguas superficiales ... 144
11.5 CONCLUSIONES ... 152
12 SOLICITUD DE DERECHOS DE AGUAS ... 154
12.1 MODIFICACIÓN DEL LISTADO DE SITIOS SELECCIONADOS ... 154
12.2 SOLICITUDES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS ... 156
12.3 SOLICITUDES SIN CARTA 1:50.000 DEL IGM ... 160
12.4 REDACCIÓN E INGRESO DE SOLICITUDES ... 160
12.5 SEGUIMIENTO DE LAS SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS ... 162
12.6 TOPOGRAFÍA ... 167
13 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS BÁSICOS ... 167
13.1 GENERALIDADES ... 167
13.2 OBJETIVO GENERAL ... 167
13.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ... 167
13.4 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA SUPERFICIAL ... 167
13.5 CALICATAS ... 168
13.6 ENSAYOS DE LABORATORIO ... 168
13.7 GRANULOMETRÍA ... 168
13.8 LÍMITES DE CONSISTENCIA ... 170
13.9 ENSAYOS PORCHET ... 171
13.10 PARÁMETROS DE DISEÑO – DETALLE POR SITIO ... 173
13.11 AGRUPACIÓN SITIOS - PARÁMETROS DE DISEÑO ... 174
13.12 GEOMETRÍA ADOPTADA ... 174
13.13 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD ... 175
13.13.1 General ... 175
13.13.2 Resultados ... 175
13.14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ESTUDIOS GEOTÉCNICOS ... 176
14 ENCUESTAS AGROPECUARIAS ... 177
14.1 GENERALIDADES ... 177
14.2 CLASIFICACIÓN EDAFOLÓGICA DE LOS SUELOS ... 177
14.3 SITIOS EN COYHAIQUE ... 179
14.4 SITIOS EN CHILE CHICO ... 179
14.5 SITIOS EN RÍO IBÁÑEZ ... 180
14.6 SITIOS EN COCHRANE ... 180
15 ANÁLISIS DE CRECIDAS ... 191
15.1 GENERALIDADES ... 191
15.2 CAUDALES DE CRECIDA ... 191
16 DEFINICIÓN EJE DE PRESA Y CÁLCULO DE ESTABILIDAD ... 193
17 CÁLCULOS HIDRÁULICOS ... 194
17.1 GENERALIDADES ... 194
17.2 VERIFICACIÓN OBRAS DE ENTREGA ... 194
17.3 CÁLCULOS ESTRUCTURALES ... 196
17.4 SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN ... 196
17.5 CÁLCULOS TOPOGRÁFICOS ... 196
17.6 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA ... 196

17.7 Obras de distribución 197
17.7.1 Diseño sistema de impulsión 197
17.7.2 Dimensionamiento hidráulico canal de distribución 199
17.8 Planos y especificaciones técnicas de construcción 201
17.9 Cubicación y estimación de costos 201
17.10 Cronograma del proyecto 201
18 IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES 201
19 CONSTRUCCIÓN Y PRODUCTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG) 203
19.1 Objetivo del SIG 203
19.2 Naturaleza y origen de los datos 203
19.3 Base cartográfica 204
19.4 Estructura del directorio, DATUM y proyección cartográfica. 205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1: Área del estudio. 4
Figura 2-2: Etapas del estudio. 5
Figura 4.1: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Palena (fuentes superficiales) 15
Figura 4.2: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Cisnes (fuentes superficiales). 16
Figura 4.3: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Aysén (fuentes superficiales). 17
Figura 4.4: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Baker (fuentes superficiales) 18
Figura 4.5: Derechos de agua constituidos en la cuenca del río Pascua (fuentes superficiales). 19
Figura 4.6: Red hidrométrica DGA, cuencas de Palena, Cisnes y Aysén. 22
Figura 4.7: Red hidrométrica DGA, cuencas de Baker y Pascua 23
Figura 4.8: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Palena) 28
Figura 4.9: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Palena). 28
Figura 4.10: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Cisnes). 29
Figura 4.11: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Cisnes). 29
Figura 4.12: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Aysén). 30
Figura 4.13: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Aysén). 30
Figura 4.14: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Baker). 31
Figura 4.15: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Baker). 31
Figura 5.1: División político-administrativa de la región de Aysén. 33
Figura 5.2: Población urbana de la región de Aysén (1982-2017). 36
Figura 5.3: Población rural de la región de Aysén (1982-2017). 37
Figura 5.4: Evolución de la tasa de desocupación en Aysén según sexo. 39
Figura 5.5: Cuencas de la zona de estudio - sector chileno. 45
Figura 5.6: Cuenca del río Palena - sector chileno. 47
Figura 5.7: Cuenca del río Cisnes. 48
Figura 5.8: Cuenca del río Aysén - sector chileno 49
Figura 5.9: Cuenca del río Baker - sector chileno. 51
Figura 5.10: Cuenca del río Pascua - sector chileno. 53
Figura 6.1 Distritos agroclimáticos de la región. 75
Figura 6.2 Distritos agroclimáticos por cuenca 77
Figura 8.1 Sitios potenciales de emplazamiento de microembalses. 80
Figura 8.2 Relación entre caudal a evacuar y costo de obra de evacuación 83
Figura 10.1: Isolíneas sector campo de hielo Norte - lago General Carrera. 95
Figura 10.2: Isoyetas en la Patagonia argentina. 96
Figura 10.3: Precipitaciones en la región de Aysén. 97
Figura 10.4: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Aysén 99
Figura 10.5: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Baker. 100
Figura 10.6: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Aysén. 102
Figura 10.7: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Cisnes. 103
Figura 10.8: Correlación entre Puerto Chacabuco y Coyhaique escuela agrícola. 105
Figura 10.9: Correlación entre Ñirehuao y Coyhaique Alto. 106
Figura 10.10: Correlación entre Estancia Baño Nuevo y Coyhaique Alto. 106
Figura 10.11: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Coyhaique Alto. 107

Figura 10.12: Correlación entre Coyhaique Alto y Estancia Baño Nuevo. 107
Figura 10.13: Correlación entre Coyhaique Alto y Ñirehuao. 108
Figura 10.14: Correlación entre Coyhaique esc. agr. y Río Blanco Chico antes junta río Oscuro 108
Figura 10.15: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Villa Mañihuales. 109
Figura 10.16: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Villa Ortega. 109
Figura 10.17: Correlación entre Chile Chico y Puerto Ibáñez. 110
Figura 10.18: Correlación entre Villa Cerro Castillo y Puerto Ibáñez. 110
Figura 10.19: Correlación entre Balmaceda y Puerto Ibáñez. 111
Figura 10.20: Correlación entre Puerto Ibáñez y Chile Chico. 111
Figura 10.21: Correlación entre Bahía Murta y Puerto Guadal. 112
Figura 10.22: Correlación entre Chile Chico y Puerto Guadal 112
Figura 10.23: Correlación entre Puerto Guadal y Bahía Murta. 113
Figura 10.24: Correlación entre Puerto Ibáñez y Villa Cerro Castillo. 113
Figura 10.25: Correlación entre Puerto Guadal y Río Baker en angostura Chacabuco. 114
Figura 10.26: Correlación entre R. Baker en angostura Chacabuco y R. Nef ant jta est El Revalse. 114
Figura 10.27: Correlación entre Puerto Ibáñez y Río Ibáñez en desembocadura. 115
Figura 10.28: Isoyetas cuenca de Aysén (1989-2018). 116
Figura 10.29: Isoyetas cuenca de Baker (1989-2018). 117
Figura 10.30: Ejemplo de estimación de precipitaciones en los sitios seleccionados. 118
Figura 10.31: Correlación de temperaturas entre Coyhaique Tte. Vidal y Coyhaique esc. agr. 121
Figura 10.32: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr y Villa Mañihuales. 122
Figura 10.33: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Ea. Baño Nuevo. 122
Figura 10.34: Correlación de temperaturas entre Ea. Baño Nuevo y Ñirehuao. 123
Figura 10.35: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Coyhaique Alto 123
Figura 10.36: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Villa Ortega. 124
Figura 10.37: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr y Puerto Aysén. 124
Figura 10.38: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Chile Chico. 125
Figura 10.39: Correlación de temperaturas entre Chile Chico y Puerto Ibáñez. 125
Figura 10.40: Correlación de temperaturas entre Puerto Ibáñez y Bahía Murta. 126
Figura 10.41: Correlación de temperaturas entre Bahía Murta y Puerto Guadal. 126
Figura 12.1: Sector representativo del trazado del canal alimentador (sitio 55). 155
Figura 12.2: Sector representativo del trazado del canal alimentador (sitio 42). 155
Figura 13.1: Curvas granulométricas sitios en estudio. 169
Figura 13.2: Límites de consistencia. 171
Figura 13.3: Secciones de análisis tipo. 175
Figura 14.1: Clases texturales del suelo. 178
Figura 17.1: Geometría sección trapecial. 195
Figura 17.2: Geometría tubería. 195
Figura 17.3: Esquema layout sistema propuesto. 197
Figura 17.4: Resultados análisis seccional canal de distribución para altura normal. 200
Figura 17.5: Sección trapecial de diseño para canal de distribución. 200
Figura 17.6: Resultados análisis seccional canal de distribución para altura crítica. 201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Derechos de agua constituidos en las cuencas del estudio (fuentes superficiales) 14
Tabla 4.2: Caudales medios en las cuencas del estudio (m^3/s) 20
Tabla 4.3: Caudal medio anual (m^3/s) 20
Tabla 4.4: Disponibilidad hídrica 21
Tabla 4.5: Información cuencas estero La Tina y río Aysén 21
Tabla 4.6: Estaciones meteorológicas en la zona de estudio. 24
Tabla 4.7: Estaciones fluviométricas en la zona de estudio 25
Tabla 4.8: Estaciones meteorológicas patrón por cuenca 27
Tabla 4.9: Estaciones fluviométricas patrón por cuenca 27
Tabla 5.1: División político-administrativa de la región de Aysén 32
Tabla 5.2: Población de la Región de Aysén 35
Tabla 5.3: Evolución de la población de la región de Aysén 35

Tabla 5.4: Evolución de la Población de la Región de Aysén (1982-2017) 36
Tabla 5.5: Proyección a nivel comunal de la población de Aysén al año 2022. 38
Tabla 5.6: Población de 15 años y más por situación en la fuerza de trabajo de la región de Aysén, en el trimestre móvil julio-septiembre de 2018. 39
Tabla 5.7: Ocupados por categoría de ocupación en la región de Aysén, en el trimestre móvil julio-septiembre de 2018. 40
Tabla 5.8: Temperaturas medias mensuales en la región de Aysén. 42
Tabla 5.9: Precipitaciones medias mensuales en la región de Aysén. 42
Tabla 5.10: Áreas de las cuencas del sector en estudio. 46
Tabla 6.1: Número y superficie (ha) de las explotaciones censadas según provincia y comuna. 57
Tabla 6.2: Explotaciones agrícolas según estrato de tamaño. 58
Tabla 6.3: Número y superficie de las explotaciones agrícolas censadas según estrato de tamaño según comuna. 59
Tabla 6.4: Superficie regional por uso de suelo 59
Tabla 6.5: Uso suelo según suelos de cultivo por comuna (ha). 60
Tabla 6.6: Uso Suelo según otros suelos por comuna (ha). 61
Tabla 6.7: Superficie de bosque nativo por especie. 62
Tabla 6.8: Uso Suelo según explotaciones pequeñas y medianas. 62
Tabla 6.9: Superficie por rubro silvoagropecuario 63
Tabla 6.10: Superficie regional de plantaciones forestales por especie. 63
Tabla 6.11: Superficie de plantaciones forestales según comuna a diciembre 2016. 64
Tabla 6.12: Superficie regional de plantas forrajeras según especie. 64
Tabla 6.13: Superficie de plantas forrajeras según comuna. 65
Tabla 6.14: Superficie sembrada de cereales, leguminosas y tubérculos en riego y secano. 65
Tabla 6.15: Superficie sembrada de cereales, leguminosas y tubérculos según comuna. 66
Tabla 6.16: Superficie cultivada de hortalizas por sistema de cultivo. 67
Tabla 6.17: Superficie de hortalizas según comuna. 68
Tabla 6.18: Superficie plantada de frutales. 68
Tabla 6.19: Superficie plantada por especie a nivel comunal. 69
Tabla 6.20: Superficie total con riego por provincia (ha). 69
Tabla 6.21: Superficie regada por sistema de riego según comuna (ha). 70
Tabla 6.22: Superficie por sistema de riego en pequeñas y medianas explotaciones (ha). 71
Tabla 6.23: Existencia de ganado en las explotaciones. 71
Tabla 6.24: Distribución de existencias por comuna. 71
Tabla 6.25: Categorías de capacidad de uso de suelos (CUS) según comunas (ha). 73
Tabla 6.26: Cobertura vegetacional por CUS (ha) en valles de interés agropecuario. 74
Tabla 7.1 Consultores de la Ley N°18.450 con iniciativas desarrolladas en la región de Aysén. 79
Tabla 8.1 Ubicación sitios de estudio. 81
Tabla 8.2 Valores de los parámetros de evaluación de los sitios preseleccionados. 84
Tabla 9.1 Puntaje por volumen de acumulación. 88
Tabla 9.2 Puntaje por complejidad de la obra de conducción 89
Tabla 9.3 Puntaje por interferencias de la obra de acumulación. 89
Tabla 9.4 Matriz propuesta para la selección de sitios. 90
Tabla 9.5 Resultado de la evaluación de los sitios preseleccionados. 91
Tabla 9.6 Sitios seleccionados. 93
Tabla 10.1: Información disponible de precipitaciones medias mensuales DGA 97
Tabla 10.2: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Aysén. 99
Tabla 10.3: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Baker 100
Tabla 10.4: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Aysén 102
Tabla 10.5: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Cisnes 103
Tabla 10.6: Estaciones rellenadas 104
Tabla 10.7: Precipitaciones en las cuencas aportantes a los microembalses 119
Tabla 10.8: Temperaturas medias mensuales en las cuencas aportantes a los microembalses 127
Tabla 10.9: Caudales medios anuales en los sitios seleccionados 128
Tabla 12.1 Sitios seleccionados 157
Tabla 12.2 Estado de solicitudes de derechos de agua al 5 de noviembre de 2020. 163
Tabla 12.3 Estado de solicitudes de derechos de agua al 5 de noviembre de 2020 (complemento). 165

TABLA 13.1 CALICATAS EXCAVADAS.....168
TABLA 13.2: RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS PORCHET. 171
TABLA 13.3: PARÁMETROS DE DISEÑO POR SITIO. 173
TABLA 13.4 PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE MURO DE MICROTRANQUE.....174
TABLA 13.5 PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE FUNDACIÓN MURO DE MICROTRANQUE. 174
TABLA 13.6: FACTORES DE SEGURIDAD MÍNIMOS.....175
TABLA 13.7: CONFIGURACIÓN DE TALUDES POR SITIO.....175
TABLA 14.1 CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA DEL SUELO DE LOS SITIOS (CALICATA 1).....181
TABLA 14.2 CLASIFICACIÓN AGRONÓMICA DEL SUELO DE LOS SITIOS (CALICATA 2).....186
TABLA 15-1: ESTACIÓN METEOROLÓGICA PARA EL CÁLCULO DE CRECIDAS. UTM WGS84 HUSO 18S.....191
TABLA 15-2: CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS. ESTACIÓN RÍO AYSÉN EN PUERTO AYSÉN. 191
TABLA 15-3: CAUDALES DE CRECIDA. ESTACIÓN RÍO AYSÉN EN PUERTO AYSÉN. 192
TABLA 15-4: RESULTADOS CAUDALES DE CRECIDA EN LOS 30 SITIOS.....193
TABLA 17.1 PENDIENTE Y CAUDALES PORTANTES POR SITIO.....195
TABLA 17.2 REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE UN HUERTO DE PALTA HASS. 198
TABLA 18.1 PRESELECCIÓN DE SITIOS DE EMBALSES.....202
TABLA 18.2 SELECCIÓN DE SITIOS DE EMBALSES.....202
TABLA 19.1 ARCHIVOS .SHP DE LOS DIRECTORIOS DEL SIG.....206

ANEXOS

ANEXO 1: REVISIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE ANTECEDENTES RECOPILADOS SOBRE DERECHOS DE AGUA
ANEXO 2: DERECHOS DE AGUA CONSTITUIDOS EN LA REGIÓN DE AYSÉN. FUENTES SUPERFICIALES
ANEXO 3: ENTREVISTAS REALIZADAS
ANEXO 4: FICHAS DE SITIOS
ANEXO 5: ENCUESTAS
ANEXO 6: DECLARACIONES DE CONOCIMIENTO Y CONFORMIDAD
ANEXO 7: TABLA DE SELECCIÓN DE SITIOS
ANEXO 8: REGISTROS DE PRECIPITACIONES
ANEXO 9: DATOS COMPLETOS ESTACIONES METEOROLÓGICAS
ANEXO 10: PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES EN LAS CUENCAS APORTANTES
ANEXO 11: REGISTRO TEMPERATURAS
ANEXO 12: RELLENO TEMPERATURAS
ANEXO 13: CURVAS DE VARIACIÓN ESTACIONAL
ANEXO 14: SOLICITUD DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA
ANEXO 15: EXTRACTOS DE SOLICITUDES DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA
ANEXO 16: CARTAS IGM
ANEXO 17: CERTIFICADOS INGRESO SOLICITUDES DERECHOS DE AGUA
ANEXO 18: CERTIFICADOS PUBLICACIÓN DIARIO OFICIAL DERECHOS DE AGUA
ANEXO 19: CERTIFICADOS PUBLICACIÓN DIARIO NACIONAL DERECHOS DE AGUA
ANEXO 20: CERTIFICADOS PUBLICACIÓN DIARIO REGIONAL DERECHOS DE AGUA
ANEXO 21: CERTIFICADOS PUBLICACIÓN RADIAL DERECHOS DE AGUA
ANEXO 22: MINUTA DE COORDINACIÓN DE ACTIVIDADES TOPOGRÁFICAS
ANEXO 23: INFORME DE TOPOGRAFÍA
ANEXO 24: PLANOS PERFIL OBRAS DE ACUMULACIÓN LATERAL
ANEXO 25: CERTIFICADO DE ANÁLISIS DE LABORATORIO (MECÁNICA DE SUELOS)
ANEXO 26: SALIDAS DE MODELO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANEXO 27: ENCUESTAS AGRONÓMICAS PARA CADA SITIO EVALUADO
ANEXO 28: CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA DE SUELOS
ANEXO 29: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD
ANEXO 30: PERFILES DE PROYECTOS DE 30 OBRAS DE ACUMULACIÓN LATERAL
ANEXO 31: EMBALSES
ANEXO 32: PLANILLAS CAUDALES DE CRECIDAS
ANEXO 33: RESULTADOS SOFTWARE HCANALES
ANEXO 34: SIG – ARCHIVOS .shp
ANEXO 35: ESTIMACIÓN DE COSTOS

1 RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio responde a una necesidad reciente de una mayor cantidad de infraestructura de riego en la región de Aysén[1], en especial en los meses de estiaje; esta zona ha contado tradicionalmente con superávit hídrico para riego.

Sin embargo, pues en los últimos años se ha verificado una inédita escasez de precipitaciones, en especial entre los meses de noviembre y febrero, ambos inclusive, las que hasta la década anterior eran suficientes para asegurar el riego de los cultivos existentes en Aysén.

El presente informe corresponde a versión definitiva del estudio, y tiene como objetivo principal desarrollar los estudios de ingeniería para proyectar a nivel de perfil los diseños de 30 obras de acumulación y el seguimiento a las correspondientes solicitudes de derechos de aprovechamiento de agua. Las obras de acumulación, de acuerdo con las bases técnicas del estudio, no podían superar los 50.000 m^3 de capacidad, con muros de altura no mayor que 5,0 m, denominados microembalses.

El área del estudio corresponde al total de la región de Aysén, y durante el desarrollo del mismo, tanto a través de análisis de información en gabinete como el reconocimiento del terreno y la toma de contacto con autoridades regionales y productores agrícolas permitió definir 58 sitios en los cuales, preliminarmente, se podría potencialmente emplazar obras de acumulación lateral para permitir el riego en época de estiaje de los predios en que se ubicarían estas obras. Posteriormente se procedió a seleccionar 30 sitios para el diseño a nivel de perfil de las obras de acumulación lateral. Los sitios seleccionados corresponden a 16 en la provincia de Coyhaique, 12 en la de General Carrera, 1 en la de Capitán Prat y 1 en la de Aysén.

Para la definición de los diseños de estas obras se desarrollaron estudios legales, para determinar la factibilidad de obtención de derechos de aprovechamiento de agua, de carácter eventual, a acumular en los microembalses. Asimismo, se realizaron estudios hidrológicos, geotécnicos y agronómicos que permitieran respaldar la disponibilidad física de los recursos hídricos y la factibilidad constructiva de las obras, así como la potencial demanda de riego.

En términos generales, la producción agrícola de la región de Aysén corresponde en una gran parte a forraje, y en una menor proporción, aunque creciente, de hortalizas y frutas. La posibilidad de disponer de estas obras de riego podría permitir una cosecha adicional anual de plantas forrajeras.

2 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Introducción

Entre las misiones que tiene la Comisión Nacional de Riego (CNR) está el incremento y mejoramiento de la superficie regada de Chile. Una de las zonas menos desarrolladas en términos de infraestructura y seguridad de riego corresponde a la región de Aysén, debido a la disminución de las precipitaciones que se ha registrado en los últimos años, tanto en el promedio anual, como especialmente en los meses de estiaje (noviembre - febrero).

En la actualidad, la agricultura en Aysén se desarrolla en algunos sectores de condiciones edafoclimáticas adecuadas para el cultivo de praderas, papas, frutales y algunas hortalizas al aire libre y en invernadero.

El presente estudio aborda la problemática de la construcción de nuevas obras de captación, conducción, acumulación y entrega para dar mayor seguridad de riego en las 5 cuencas hídricas más importantes de la

[1] Oficialmente se denomina “Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo” (Oficio N°0031 del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, del 2 de marzo de 2018). En concordancia con el principio de economía lingüística, en este informe se le mencionará como “Región de Aysén”.

región de Aysén, correspondientes a los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua. Estas cuencas representan la mayor parte del territorio continental de la región de Aysén y, asimismo, la casi totalidad de las zonas pobladas de esa región.

Las tres variables principales a analizar en el área del estudio son:

- Oferta hídrica física: recursos de aguas superficiales disponibles.
- Oferta hídrica legal: factibilidad de constituir derechos de aguas superficiales.
- Demanda de agua para riego: identificación de problemas de riego.

Las obras de acumulación consideradas *a priori* corresponden a tres tipos:

- Embalses estacionales, correspondientes a microtranques, es decir, embalses de menos de 50.000 m^3 de capacidad y con muros de menos de 5 m de altura, a los que no son aplicables el Artículo 294 del Código de Aguas, es decir, que requieren una tramitación más breve y simple que aquellas obras que no cumplan con esas restricciones.

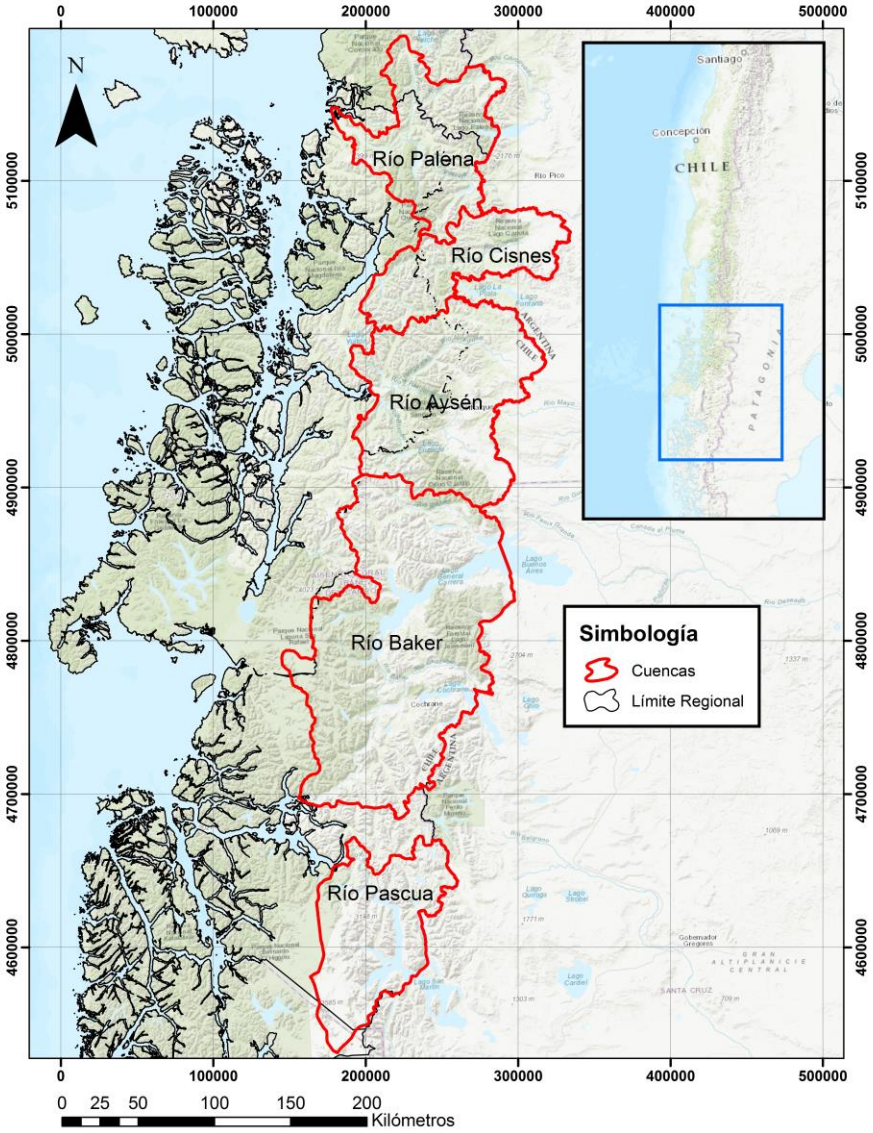
- Tranques de acumulación lateral, definidas como obras que captan las aguas a través de una bocatoma en un cauce natural que no forma parte de red de drenaje de dicha obra. Las aguas pueden ser conducidas a la obra de acumulación mediante tuberías, canales o impulsadas mecánicamente. Este tipo de obras debe cumplir con las mismas condiciones de los embalses estacionales, es decir, poseer muros de menos de 5 m de altura y menos de 50.000 m^3 de capacidad.

- Se deben identificar adicionalmente 5 sitios que no cumplan con los requisitos de un microtranque. En esos 5 casos no se procedió a desarrollar proyectos de ingeniería a nivel de perfil, sino solamente confeccionar una ficha de proyecto. Corresponderá a instancias de iniciativas futuras de la CNR el desarrollo de estudios de prefactibilidad de los 5 sitios mencionados.

2.2 Alcance del estudio

El área a estudiar corresponde a las cuencas hidrográficas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, dentro del área de la región de Aysén, las que se muestran en la Figura 2-1.

Figura 2-1: Área del estudio.



Fuente: Elaboración propia.

El presente estudio entrega, como producto final, 30 proyectos de microtranques con capacidades de almacenamiento de hasta 50.000 m³ y muro de hasta 5 m de altura, generando todos los estudios necesarios para la presentación a la Ley 18.450. El nivel de ingeniería de las obras de acumulación es a nivel de perfil.

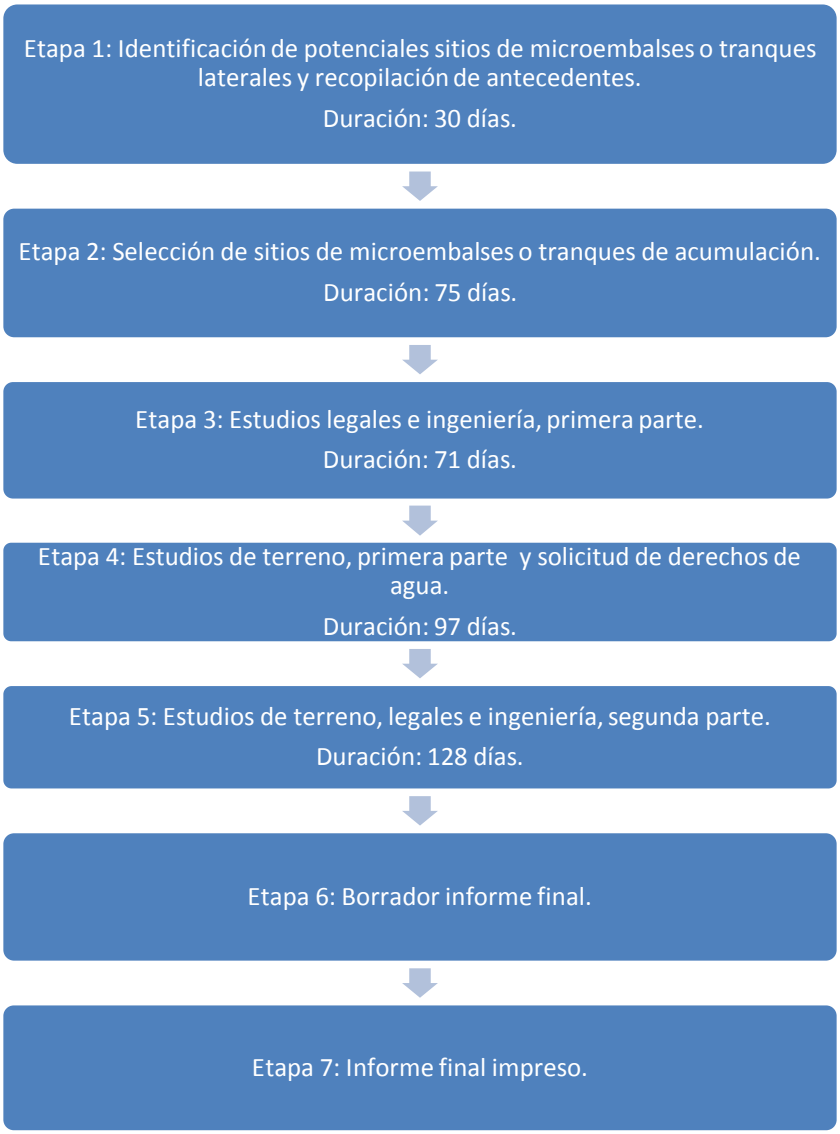
Asimismo, se entrega un listado de 5 sitios con capacidad mayor que 50.000 m³ y/o altura de muro mayor a 5 m.

2.3 Etapas del estudio

2.3.1 Generalidades

Para alcanzar los objetivos del estudio, éste se dividió en 7 etapas, con una duración total estimada de 18 meses. En la Figura **2-2** se presentan las etapas, el nombre y su tiempo de duración, y fecha oficial de entrega.

Figura 2-2: Etapas del estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Las etapas del estudio se describen a continuación:

2.3.2 Etapa 1

La etapa 1 tiene por finalidad la recopilación de antecedentes y la identificación de al menos 50 sitios en los que exista la potencialidad de ser emplazado un microembalse, en los que además exista demanda de agua para riego futuro y cuyos aspectos legales de propiedad de predios y derechos de agua sean factibles.

2.3.3 Etapa 2

En esta etapa se seleccionaron 30 sitios del listado determinado en la etapa 1, mediante el empleo de un método de priorización, previo recorrido de la zona del estudio y la visita a los predios de interés.

2.3.4 Etapa 3

Corresponde a la ejecución de la primera parte de los estudios legales y de ingeniería, consistente en el desarrollo de estudios legales (análisis de factibilidad de utilización de aguas superficiales) y los estudios hidrológicos para la estimación de los recursos hídricos disponibles en cada caso y cuyos resultados entregaron información relevante para el desarrollo de la etapa 4.

2.3.5 Etapa 4

En esta etapa se procedió a realizar la solicitud de derechos de agua correspondientes a los recursos hídricos necesarios para la operación de las obras de acumulación, considerando lo señalado en los documentos respectivos de la DGA y refrendado esta actividad con la emisión de los certificados de inscripción en trámite.

Asimismo, se realizaron los trabajos de terreno (primera parte): calicatas y ensayos, topografía y encuesta agropecuaria.

2.3.6 Etapa 5

Consideró la segunda parte de las labores de terreno: estudios geotécnicos básicos, análisis de crecidas, encuestas agropecuarias, la definición del eje de la presa y cálculo de estabilidad, cálculos hidráulicos, estructurales y topográficos, definición de áreas de empréstito para la construcción de los muros, el dimensionamiento preliminar de las obras de distribución y el diseño a nivel de perfil de las obras de acumulación, incluyendo planos y especificaciones técnicas, cronograma del proyecto, cubicaciones y estimación de costos.

En el caso de los 5 sitios de obras de acumulación que no cumplen con las restricciones que definen los microembalses, se presentó una ficha de idea de proyecto.

2.3.7 Etapa 6

Corresponde a la plasmación de la información recolectada a lo largo del estudio y de los resultados del desarrollo de todas sus actividades en un borrador de informe final (BIF).

2.3.8 Etapa 7

Una vez aprobado el BIF, se procede a entregar el informe final en la cantidad de ejemplares y las condiciones señaladas en las bases administrativas del estudio.

2.4 Objetivos del estudio

2.4.1 Objetivo general

Identificar y seleccionar sitios para obtener derechos de agua (en futuras iniciativas a licitar por parte de la CNR) para la construcción de microembalses de acumulación estacional o tranques de acumulación lateral analizando condiciones físicas, antecedentes legales e hidrología y elaborar perfiles de proyecto y los antecedentes necesarios para iniciar la tramitación de derechos de aprovechamiento de las aguas. Estas obras de acumulación deben tener una capacidad menor que 50.000 m^3 y cuyo muro debe tener una altura menor que 5 m.

Adicionalmente se considera identificar 5 sitios para obras de acumulación con capacidad superior a 50.000 m^3 o cuyo muro tenga una altura superior a 5 m. Los proyectos de estos tranques no deben ser desarrollados en este estudio.

2.4.2 Objetivos específicos

Para cumplir con el objetivo general se desarrollaron las siguientes actividades para cumplir con los siguientes objetivos específicos:

1) Identificar a lo menos 50 sitios para luego seleccionar 30 de ellos en los que se puedan establecer microembalses de acumulación estacional o tranques de acumulación lateral, para lo cual se consideraron las condiciones geográficas, propiedad de la tierra, análisis hidrológico, análisis de derechos de agua y potencialidades de cultivos.
2) Estimar el volumen de acumulación mediante uso de imágenes satelitales.
3) Determinar mediante análisis hidrológico, los caudales eventuales para la realización de solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas.
4) Determinar la tenencia de la tierra mediante análisis de límites prediales.
5) Iniciar el trámite de solicitud de los derechos de aprovechamiento sobre las aguas superficiales a embalsar.
6) Preparar perfiles de proyectos de obras de acumulación.
7) Determinar los costos estimados de construcción para cada proyecto considerando las tipologías señaladas anteriormente.

3 REFERENCIAS

1. Planilla electrónica “Derechos_Concedidos_XI_Region.xls”, descargada del sitio web http://www.dga.cl/productosyservicios/derechos_historicos/Paginas/default.aspx, consultado el 12 de noviembre de 2018.
2. Estudio Básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Región de Aysén. Informe Final. CNR, 2017.
3. Empleo Trimestral, Región de Aysén, Edición N°102. INE, 31.10.2018.
4. Balance Hídrico de Chile, DGA, 1987.
5. Prefactibilidad Conservación Vías de Navegación Río Aysén y Aguas Muertas, XI Región. Informe Etapa 1. GHD, 2006.
6. Estudio Hidrológico Estero La Tina, XI Región. MWH para Compañía Minera Cerro Bayo Ltda., 2005.
7. Sitio web http://www.ine.cl/docs/default-source/FAQ/enfoque-estad%C3%ADstico-nuevas-regiones-de-chile.pdf?sfvrsn=2, consultado el 20 de noviembre de 2018.
8. Planilla electrónica “Cantidad-de-Personas-por Sexo-y-Edad.xlsx”, descargada desde el sitio web http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/, consultado el 15 de noviembre de 2018.
9. Síntesis Geográfica de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, División Político Administrativa y Censal 2007, INE.
10. Cuencas de los Ríos Carrenleufú y Pico (Cuenca N°77), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/77.pdf el 15 de noviembre de 2018.
11. Inventario Público de Cuencas Hidrográficas de la DGA, sitio web http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=140491cbe86847cab6b18949442393f9, consultado el 15 de noviembre de 2018.
12. Cuenca del Río Simpson (Cuenca N°78), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/78_nueva.pdf el 15 de noviembre de 2018.
13. Cuenca de los Lagos Buenos Aires y Pueyrredón (Cuenca N°79), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/79.pdf el 15 de noviembre de 2018.
14. Cuenca del Río Meyer y del Lago San Martín (Cuenca N°80), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/80_nueva.pdf, el 15 de noviembre de 2018.

15. Zonas con potencial frutícola en la región de Aysén en base a tecnologías de la información geográfica, INDAP, 2017. Recuperado de: https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/fruticola-aysen.pdf?sfvrsn=0.
16. Estudio básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la región de Aysén, CNR 2017. Recuperado de: https://www.cnr.gob.cl/DivisionDeEstudios/Documents/22_IF%20PGR%20Regio%CC%81n%20Ayse%CC%81n.pdf.
17. Las pequeñas y medianas explotaciones VII Censo Agropecuario y Forestal 2006-2007, INE, 2009.
18. Información Regional, ODEPA, 2018. Recuperado de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Aysen.pdf.
19. Anuario Forestal, INFOR, 2018. Recuperado de: https://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2018/Anuario2018.pdf.
20. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén), INIA, 2014.
21. Pauta para estudios de suelos, SAG, 2011. Recuperado de: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/pauta-para-estudio-de-suelos--mod-2016.pdf.
22. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén), INIA, 2014. Recuperado de: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40101.pdf.
23. Atlas Agroclimático de Chile del siglo XXI, Tomo VI, correspondiente a las regiones de Aysén y Magallanes, Agrimed, 2017. Recuperado de: http://www.agrimed.cl/contenido.asp?Id=1&Titulo=Home.
24. Caracterización Agroclimática de Aysén, INIA, 2014. Recuperado de: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40095.pdf.
25. Diagnóstico de Microtranques en el Secano Costero VI Región, CNR (estudio en ejecución).
26. Estudio Básico Diagnóstico de Microtranques en el Secano Costero de la VII Región, estudio en ejecución, CNR.
27. DT-18 Precios unitarios mínimos y máximos para proyectos de canales (revestimiento y construcción), embalses y obras de arte presentados a la bonificación de la Ley N°18.450, CNR, s/fecha. Descargado el 16 de mayo de 2019 desde sitio web https://www.cnr.gob.cl/agricultores/concursos-de-riego-y-drenaje/bases-de-concurso/
28. Sitio web http://ponce.sdsu.edu/mapa_de_isoyetas_argentina.html, visitado el 28 de noviembre de 2018.
29. http://www.agrimed.cl/contenido.asp?Id=9&Titulo=Atlas%20Agroclimatico%20de%20Chile, consultado el 31.7.2019.
30. "Taller de hidrología aplicada a la resolución de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales. ADM841", DGA, 1998.

4 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

4.1 Generalidades

Como primera actividad del estudio se analizaron los antecedentes existentes con el fin de recabar información de potenciales sitios a estudiar.

Se recopilaron los antecedentes que tienen relación con el estudio correspondiente a esta licitación y que aporten a su desarrollo. Se consideraron antecedentes que están disponibles en la CNR o en otros servicios u organismos, estatales o privados.

Como punto de partida de la revisión y análisis de antecedentes, se consideraron informes tales como estudios de ingeniería o agroeconómicos, y programas de desarrollo y transferencia desarrollados en la zona de estudio, además de analizar estudios que posean la componente del análisis hidrológico desarrollado en la zona de estudio.

Entre los antecedentes revisados para el desarrollo del presente estudio se consideran:

- Estudio Básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la Región de Aysén. Informe Final. CNR, 2017.
- Estudio Básico Identificación de Lugares para Micro-Tranques en las Áreas PIRDT de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Informe Final. CNR, 2014.
- Estudio de Diagnóstico para Emplazamiento de Micro-Embalses Región VI. Informe Final. CNR, 2012.
- Estudio de Diagnóstico para Emplazamiento de Micro-Embalses Región VII. Informe Final. CNR, 2012.
- Estudio Básico Diagnóstico y Análisis de Microtranques Región del Bío Bío. Informe Final. CNR, 2014.
- Estudio Básico Diagnóstico y Análisis de Microtranques Región de la Araucanía, CNR, 2014.
- Estudio Básico Diagnóstico de Microtranques en el Secano Costero de la VII Región, estudio en ejecución, CNR.
- Factibilidad del Uso de Embalses Menores para Aumentar Seguridad de Riego. Área de Estudio Valles de La Ligua y Petorca. Estudio de Localización de Embalses Menores y Balance Hídrico. Informe Final. Proyecto Innova Chile – Corfo, 2007.
- Informe Preliminar Determinación del Potencial Hidroeléctrico XI Región y Provincia Palena X Región. SIT N°120. DARH-DGA, 2007.
- Informe Técnico N°145. Caudales de Reserva en la Subcuenca del Río Emperador Guillermo, Cuenca del Río Aysén. DEP-DGA, 2008.
- Informe Técnico N°120. Caudales de Reserva en Cuencas de la Región de Aysén. DEP-UARH, 2009.
- Informe Técnico Metodología para la Actualización del Balance Hídrico Nacional. SDT N°404. DEP-DGA, 2017.
- Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad. SIT N°104. DGA, 2004.
- Prefactibilidad Conservación Vías de Navegación Río Aysén y Aguas Muertas, XI Región. Informe Etapa 1. GHD, 2006.
- Estudio Hidrológico Estero La Tina, XI Región. Compañía Minera Cerro Bayo Ltda., 2005.
- Hoyas Hidrográficas de Chile: Undécima Región. Hans Niemeyer F., s/f.
- Análisis y Modelación Hidrológica Cuenca del Río Palena. Resumen Ejecutivo. SIT N°388. DGA, 2015.
- Sitio web http://www.ine.cl/docs/default-source/FAQ/enfoque-estad%C3%ADstico-nuevas-regiones-de-chile.pdf?sfvrsn=2, consultado el 20 de noviembre de 2018.
- Planilla electrónica "Cantidad-de-Personas-por Sexo-y-Edad.xlsx", descargada desde el sitio web http://www.censo2017.cl/descargue-aqui-resultados-de-comunas/, consultado el 15 de noviembre de 2018.
- Sitio web https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region11 consultado el 20 de noviembre de 2018.
- Chile XI Censo de Población (1940). Recopilación de cifras publicadas por la Dirección de Estadísticas y Censos, Centro Latinoamericano de Demografía, 1941.
- Planilla "datos.xls" descargada el 26 de noviembre de 2018 del sitio web https://www.bcn.cl/siit/estadisticasterritoriales//resultados-consulta?id=10661
- Cuencas de los Ríos Carrenleufú y Pico (Cuenca N°77), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/77.pdf el 15 de noviembre de 2018.
- Cuenca del Río Simpson (Cuenca N°78), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/78_nueva.pdf el 15 de noviembre de 2018.
- Cuenca de los Lagos Buenos Aires y Pueyrredón (Cuenca N°79), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/79.pdf el 15 de noviembre de 2018.
- Cuenca del Río Meyer y del Lago San Martín (Cuenca N°80), descargado del sitio web https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/80_nueva.pdf, el 15 de noviembre de 2018.

- Inventario Público de Cuencas Hidrográficas de la DGA, sitio web http://www.arcgis.com/apps/OnePane/basicviewer/index.html?appid=140491cbe86847cab6b18949442393f9, consultado el 15 de noviembre de 2018.
- Síntesis Geográfica de la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, División Político Administrativa y Censal 2007, INE.
- Programa Transferencia Concurso Especial Soluciones Hídricas Sector Agropecuario. Gobierno Regional de Aysén, 2018.
- Atlas Agroclimático de Chile, Tomo VI: Regiones de Aysén y Magallanes. Universidad de Chile/Agrimed, 2017.
- Zonas con Potencial Frutícola en la Región de Aysén en Base a Tecnologías de la Información Geográfica. INDAP, 2017.
- Caracterización y Propiedades de los Suelos de la Patagonia Occidental (Aysén). INIA, 2014.
- Chile: Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos. INE, 2005.
- Empleo Trimestral, Región de Aysén, Edición N°102. INE, 31 octubre 2018.
- GORE-Cepal (2009) Estrategia de Desarrollo regional de Aysén Periodo 2009-2030. Recuperado de: http://www.subdere.gov.cl/documentacion/aysen-estrategia-de-desarrollo-regional-periodo-2009-2030
- INE, VII Censo Agropecuario y Forestal 2007. Recuperado de: http://www.censoagropecuario.cl/index2.html
- INE (2009). Las pequeñas y medianas explotaciones VII Censo Agropecuario y Forestal 2006-2007.
- ODEPA (2018). Información Regional. Recuperado de https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/Aysen.pdf
- INFOR (2018). Anuario Forestal Recuperado de: https://wef.infor.cl/publicaciones/anuario/2018/Anuario2018.pdf
- INIA (2014) Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén)
- ODEPA-CIREN (2016). Catastro Frutícola Región de Aysén. Recuperado de: https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2016/11/Catastro-Fruticola-XI-Aysen-2016.pdf
- INDAP (2017) Zonas con potencial frutícola en la región de Aysén en base a tecnologías de la información geográfica. Recuperado de: https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/fruticola-aysen.pdf?sfvrsn=0
- CNR (2017) Estudio básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego en la región de Aysén. Recuperado de: https://www.cnr.gob.cl/DivisionDeEstudios/Documents/22_IF%20PGR%20Regio%CC%81n%20Ayse%CC%81n.pdf
- SAG (2011) Pauta para estudios de suelos. Recuperado de: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/pauta-para-estudio-de-suelos--mod-2016.pdf
- INIA (2014) Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén), Recuperado de: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40101.pdf
- Agrimed (2017). Atlas Agroclimático de Chile del siglo XXI, Tomo VI, correspondiente a las regiones de Aysén y Magallanes. Recuperado de: http://www.agrimed.cl/contenido.asp?Id=1&Titulo=Home
- INIA (2014). Caracterización Agroclimática de Aysén. Recuperado de: http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40095.pdf
- FIA (2008). Cultivos de cerezos en Aysén. Recuperado de: https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75526_archivo_01.pdf
- Administración de los Recursos Hídricos en la Región de Aysén. Recuperado de: http://www.sna.cl/seminario/2011/aysen_2011/fabian_espinoza.pdf

4.2 Revisión de disponibilidad de derechos de aprovechamiento de agua

4.2.1 Aspectos generales

Una de los principales aspectos del estudio es el análisis legal y la solicitud de los derechos de aprovechamiento de agua necesarios para el funcionamiento de las obras a diseñar. Es fundamental contar con una identificación preliminar de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de agua para el área de estudio, analizando esto por cada cuenca identificada.

Para completar esta tarea, se realizó la solicitud del Catastro Público de Aguas, el cual ha sido revisado para determinar la situación en la zona de estudio. Además, se realizó una reunión con la agente de expedientes de la DGA, en las dependencias en Coyhaique del Ministerio de Obras Públicas.

4.2.2 Revisión y análisis crítico de antecedentes legales recopilados

Uno de los problemas que aborda el presente estudio es la disponibilidad legal de las aguas que son necesarias para abastecer las obras de acumulación a proyectar. El recurso hídrico debe estar disponible para ser otorgado a sus beneficiarios a través de un derecho de aprovechamiento de aguas constituido originariamente por acto de autoridad, esto es, una resolución de la DGA.

Se debe señalar que un porcentaje importante de aguas superficiales en el sur de Chile y en particular en la región de Aysén, se encuentran pedidas tanto como derechos de aprovechamiento consuntivos, tanto como no consuntivos.

Durante la recopilación de antecedentes se constató que en las hoyas hidrográficas que comprende este estudio, se han decretado reservas de caudales en diversos en cauces naturales superficiales que forman parte dichas cuencas, en virtud de la facultad que el año 2005 se confirió al presidente de la República por la Ley N°20.017, que agregó el artículo 147 bis inciso 3°, al Código de Aguas en vigor.

Dado que la disponibilidad del recurso hídrico es uno de los requisitos que deben necesariamente concurrir para la constitución de los derechos de aprovechamiento de aguas, se efectuó un análisis y revisión crítica de los decretos supremos que denegaron en parte solicitudes de derechos no consuntivos, y establecieron a su vez, reservas de caudales. El mencionado análisis se puede consultar en detalle en el Anexo 1.

Es necesario destacar que este tema resulta de vital importancia para el desarrollo de la presentación de solicitudes para adquirir el derecho de aprovechamiento de ejercicio eventual, para abastecer los 30 puntos de acumulación definidos. Las principales conclusiones del análisis legal realizado son:

- La existencia de reservas decretadas no es obstáculo para que se otorguen los derechos de aprovechamiento que son necesarios para abastecer los microembalses, por cuanto, legalmente pueden solicitarse los recursos hídricos con cargo a ellas.

- Naturalmente que la constitución de tales derechos reales está subordinada a que exista la disponibilidad legal para satisfacer las peticiones, y que se cumplan otros requisitos formales que exige el Código de Aguas.

- Acorde con lo informado por la agente de expedientes de la Dirección Regional de Aguas de la Región de Aysén, Sra. Alejandra Espina, existiría la disponibilidad hídrica para constituir sin ninguna dificultad los nuevos derechos de aprovechamiento de aguas en las 5 cuencas que comprende el estudio básico.

- En virtud de renuncia que efectuó ENDESA, hoy ENEL, con arreglo al artículo 6° inciso 3° del Código de Aguas, de derechos de aprovechamiento de aguas no consuntivos de que era titular en los ríos Pascua y Baker, por caudales de 650 m^3/s y más de 1.000 m^3/s, respectivamente, dichos recursos hídricos al quedar liberados del uso y goce por parte de su ex-titular, pueden ser asignados por la Dirección General de Aguas, a quienes soliciten derechos de aprovechamiento sobre las aguas superficiales de los mencionados cauces naturales de uso público.

4.3 Permisos necesarios para materializar las obras de acumulación

4.3.1 Microembalses y obras de acumulación lateral

Para la construcción de los microembalses y de las bocatomas que los alimenten, se debe obtener la aprobación de los proyectos respectivos de parte de la Dirección Regional de Aguas de Aysén, de conformidad a lo establecido en el artículo 151 y siguientes del Código de Aguas.

Es requisito *sine qua non* para solicitar la autorización en comento, que el peticionario sea titular de un derecho de aprovechamiento de aguas.

Esa calidad debe acreditarla con copia autorizada con certificación de vigencia de la inscripción registral del título que contiene el derecho de aprovechamiento que rola en el Registro de Propiedad de Aguas, del Conservador de Bienes Raíces competente.

Además, el peticionario debe acreditar que su derecho de aprovechamiento se encuentra anotado o inscrito en el Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, que forma parte del Catastro Público de Aguas, con la certificación pertinente emitida por el archivero del Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas, so pena de no ser admitida a tramitación su solicitud.

La tramitación de la solicitud de construcción de bocatoma debe efectuarse con sujeción al procedimiento administrativo se encuentra reglado minuciosamente en los artículos 130 a 139 inclusive, del Código de Aguas, que establecen las diversas etapas que integran el proceso, entre ellas, su inicio, la publicación y radiodifusión de la solicitud, la forma de oponerse los terceros afectados, las diligencias que de oficio o a petición de parte puede decretar la Dirección General de Aguas, la petición de fondos, las visitas a terreno, la emisión de informes técnicos, la resolución terminal del asunto sometido a su decisión y los recursos administrativos y judiciales que proceden en su contra.

La solicitud de construcción de bocatoma debe ser resuelta en un plazo máximo de 4 meses, a partir del vencimiento del plazo de 30 días a que se refiere al artículo 134 del Código de Aguas.

Con todo, por la aplicación supletoria del procedimiento administrativo general establecido en la Ley N°19.880, según lo establecen sus artículos 1°y 27°, el procedimiento administrativo especial que incoe la Dirección General de Aguas no podrá exceder de 6 meses, desde la iniciación hasta la fecha en que emita la decisión final, salvo caso fortuito o fuerza mayor.

Quedan exceptuados de solicitar la aprobación de los proyectos de construcción de bocatomas "(…) los servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, los cuales deberán remitir los proyectos de obras a la Dirección General de Aguas para su conocimiento, informe e inclusión en el Catastro Público de Aguas (…)".

Para la construcción de los canales alimentadores y los cauces artificiales de conducción, se debe obtener la aprobación de los proyectos respectivos de parte de la Dirección Regional de Aguas de Aysén, de conformidad a lo establecido en el artículo 41 del Código de Aguas, en relación con el artículo 171 de la misma codificación.

En las solicitudes respectivas los peticionarios además de su individualización deben indicar la ubicación de las obras; se recomienda para ello usar coordenadas UTM, y una breve descripción del proyecto.

La Dirección General de Aguas aprobará los proyectos de cauces artificiales referidos, cuando constate técnicamente que las obras respectivas no alteran el régimen y el libre escurrimiento de las aguas, ni significan peligro para vida, salud o bienes de la población.

La tramitación de las solicitudes de construcción de los canales de alimentación y de conducción deben efectuarse con sujeción al procedimiento administrativo se encuentra reglado minuciosamente en los artículos 130 a 139 inclusive, del Código de Aguas, que establecen las diversas etapas que integran el proceso, entre ellas, su inicio, la publicación y radiodifusión de la solicitud, la forma de oponerse los terceros afectados, las diligencias que de oficio o a petición de parte puede decretar la Dirección General de Aguas, la petición de fondos, las visitas a terreno, la emisión de informes técnicos, la resolución terminal del asunto sometido a su decisión y los recursos administrativos y judiciales que proceden en su contra.

Las solicitudes de construcción de los acueductos en comento, deben ser resultas en un plazo máximo de 4 meses, a partir del vencimiento del plazo de 30 días a que se refiere al artículo 134 del Código de Aguas.

Quedan exceptuados de solicitar la autorización de que tratan los artículos 41 y 171 del Código de Aguas, "(…) los servicios dependientes del Ministerio de Obras Públicas, así como los proyectos financiados por servicios públicos que cuenten con la aprobación técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas. Estos servicios deberán remitir los proyectos definitivos de las obras a la Dirección General de Aguas para su conocimiento e inclusión en el Catastro Público de Aguas, dentro del plazo de seis meses, contado desde la recepción final de la obra (…)"

4.3.2 Obras de acumulación alimentadas por aguas lluvia

Por regla general, se requiere tener un derecho de aprovechamiento de aguas constituido o reconocido en conformidad a la ley, para usar y gozar del bien público agua en forma exclusiva o excluyente.

Existen ciertos casos en nuestra legislación en los que no se requiere tener un derecho de aprovechamiento para emplear o usar agua.

Ello acontece en el caso de las aguas pluviales que caen o se recogen en un predio de propiedad particular, en que el dueño del predio puede utilizar dichas aguas, sin tener un derecho de aprovechamiento (artículo 10 del Código de Aguas).

El titular de dicha facultad de uso, puede embalsar dichas aguas dentro de su predio, para después usarlas en el regadío de dicho predio (artículo 10 inciso 2° del Código de Aguas)

En principio, para construir el embalse respectivo en el terreno de su propiedad, el interesado no requerirá la autorización de la Dirección General de Aguas, y, por tanto, no deberá presentar proyecto alguno para su aprobación previa, por dicho servicio, salvo que tenga una capacidad superior 50.000 m^3 o un muro de más de 5 metros de altura.

4.4 Derechos de aprovechamiento de agua otorgados en la zona del estudio

Desde el sitio web de la DGA se obtuvo las informaciones actualizadas de derechos de aguas constituidos en la región de Aysén (Ref. 1), correspondientes a fuentes superficiales. El total de derechos constituidos en las cuencas del estudio es de 4.162, los que se sintetizan en la Tabla 4.1. El detalle de esta información se adjunta en el Anexo 2.

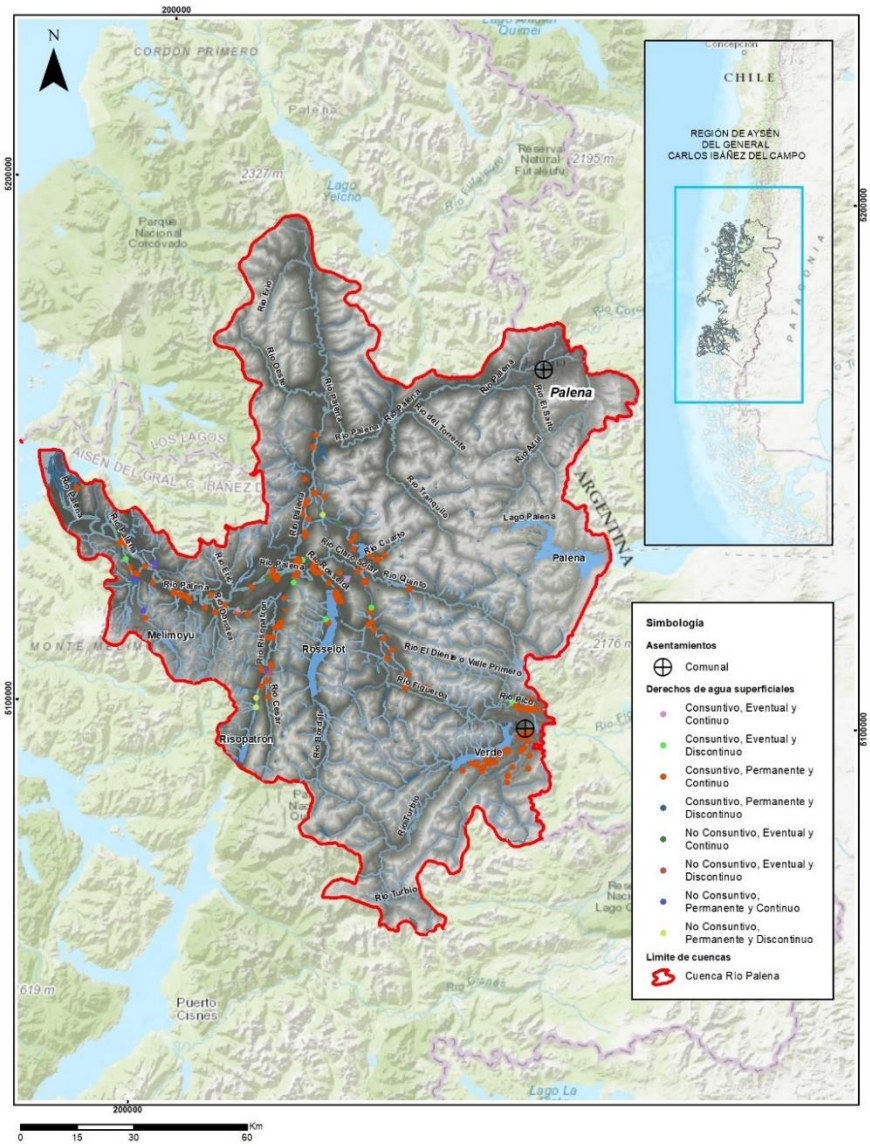
Tabla 4.1: Derechos de agua constituidos en las cuencas del estudio (fuentes superficiales)

Cuenca	Derecho y ejercicio	Derechos Solicitados	Caudal total (m^3/s)
Palena	Consuntivo, Eventual y Continuo	5	0,073
	Consuntivo, Eventual y Discontinuo	20	0,087
	Consuntivo, Permanente y Continuo	199	2,418
	Consuntivo, Permanente y Discontinuo	3	0,017
	No Consuntivo, Eventual y Continuo	12	8,473
	No Consuntivo, Eventual y Discontinuo	6	0,327
	No Consuntivo, Permanente y Continuo	25	4,804
	No Consuntivo, Permanente y Discontinuo	5	2,450
	Subtotal permanente	232	9,689
	Subtotal eventual	43	8,960
	Total cuenca río Palena	**275**	**18,6**
Cisnes	Consuntivo, Eventual y Continuo	19	1,977
	Consuntivo, Eventual y Discontinuo	24	0,358
	Consuntivo, Permanente y Continuo	66	0,894
	Consuntivo, Permanente y Discontinuo	5	0,044
	No Consuntivo, Eventual y Continuo	8	13,846
	No Consuntivo, Eventual y Discontinuo	8	6,955
	No Consuntivo, Permanente y Continuo	29	35,753
	No Consuntivo, Permanente y Discontinuo	1	4,344
	Subtotal permanente	101	41,035
	Subtotal eventual	59	23,136
	Total cuenca río Cisnes	**160**	**64,2**
Aysén	Consuntivo, Eventual y Continuo	103	2,761
	Consuntivo, Eventual y Discontinuo	704	5,913
	Consuntivo, Permanente y Continuo	989	13,310
	Consuntivo, Permanente y Alternado	1	0,001
	Consuntivo, Permanente y Discontinuo	514	4,877
	Consuntivo (ejercicio no indicado)	1	
	No Consuntivo, Eventual y Continuo	103	557,648
	No Consuntivo, Eventual y Discontinuo	108	62,665
	No Consuntivo, Permanente y Continuo	265	352,611
	No Consuntivo, Permanente y Discontinuo	38	23,217
	Subtotal permanente	1.293	389,139
	Subtotal eventual	1.018	628,987
	Total cuenca río Aysén	**2.826**	**1.023,0**
Baker	Consuntivo, Eventual y Continuo	60	2,055
	Consuntivo, Eventual y Discontinuo	173	2,303
	Consuntivo, Permanente y Alternado	1	0,001
	Consuntivo, Permanente y Continuo	397	7,344
	Consuntivo, Permanente y Discontinuo	113	0,551
	Consuntivo (ejercicio no indicado)	1	
	No Consuntivo, Eventual y Continuo	53	477,947
	No Consuntivo, Eventual y Discontinuo	25	24,036
	No Consuntivo, Permanente y Continuo	85	4644,357
	No Consuntivo, Permanente y Discontinuo	6	0,655
	Subtotal permanente	489	4652,357
	Subtotal eventual	311	506,341
	Total cuenca río Baker	**914**	**5.159,2**
Pascua	Consuntivo, Eventual y Discontinuo	28	0,144
	Consuntivo, Permanente y Continuo	47	4,269
	Consuntivo, Permanente y Discontinuo	31	0,097
	No Consuntivo, Eventual y Continuo	14	97,692
	No Consuntivo, Eventual y Discontinuo	3	1,345
	No Consuntivo, Permanente y Continuo	23	2798,728
	No Consuntivo, Permanente y Discontinuo	1	0,004
	Subtotal permanente	102	2803,098
	Subtotal eventual	45	99,181
	Total cuenca río Pascua	**147**	**2.902,3**
	TOTAL CUENCAS ESTUDIADIAS	**4.162**	**9.103,2**

Fuente: Elaboración propia.

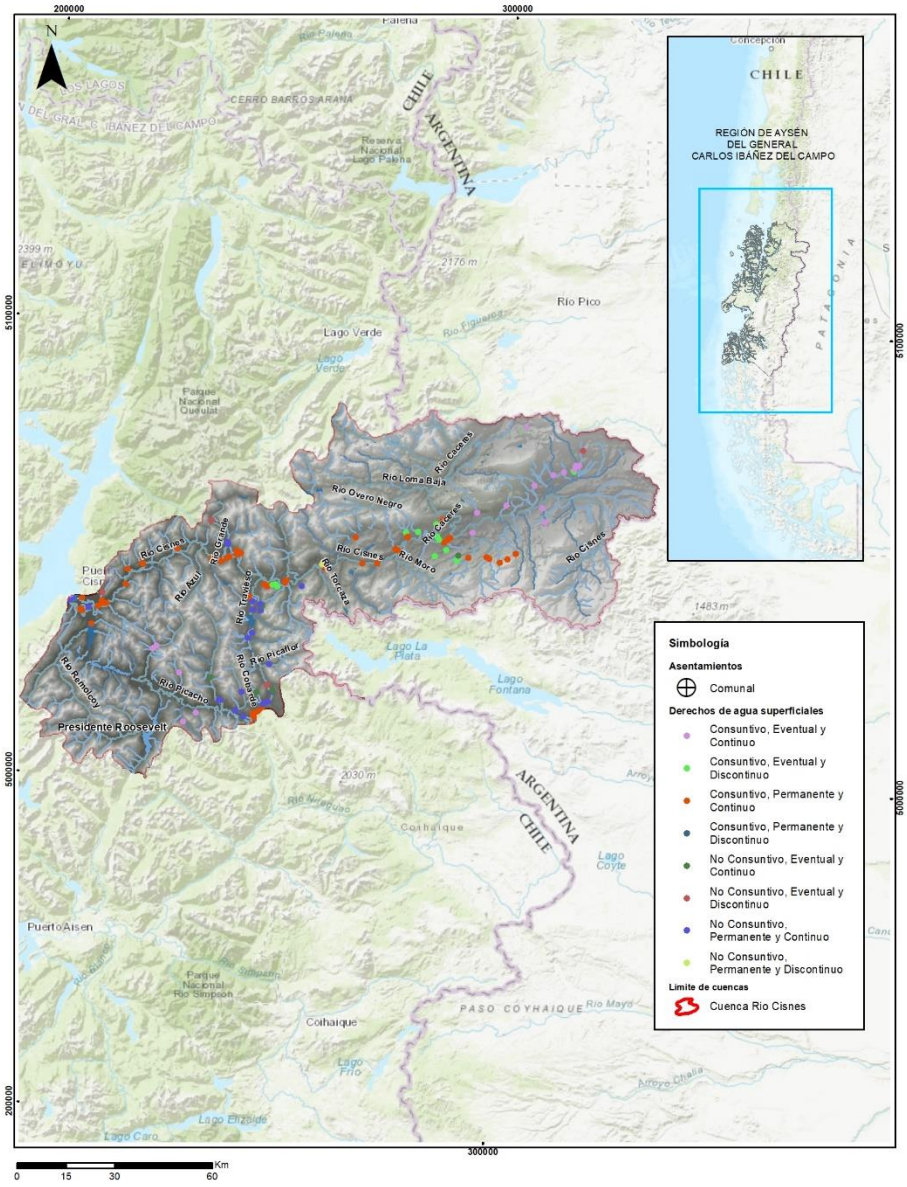
Sin embargo, esta información de cantidad de derechos constituidos y de caudales asociados no debe ser considerada definitiva, sino solamente referencial, como cota superior, ya que un examen un poco más profundo de la información mencionada permite detectar derechos efectivamente constituidos, como los de algunas empresas hidroeléctricas en las cuencas de los ríos Baker y Pascua, a los que esas empresas renunciaron y que fueron solicitados, posteriormente, en los mismos puntos y por los mismos caudales, por el Fisco de Chile. De ese modo, al no eliminar del listado derechos constituidos y renunciados, el total de derechos, y en especial de caudales, es superior al real. En las Figuras 4.1 a 4.5 se muestra la ubicación de los derechos de agua constituidos en cada una de las cuencas del estudio.

Figura 4.1: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Palena (fuentes superficiales).



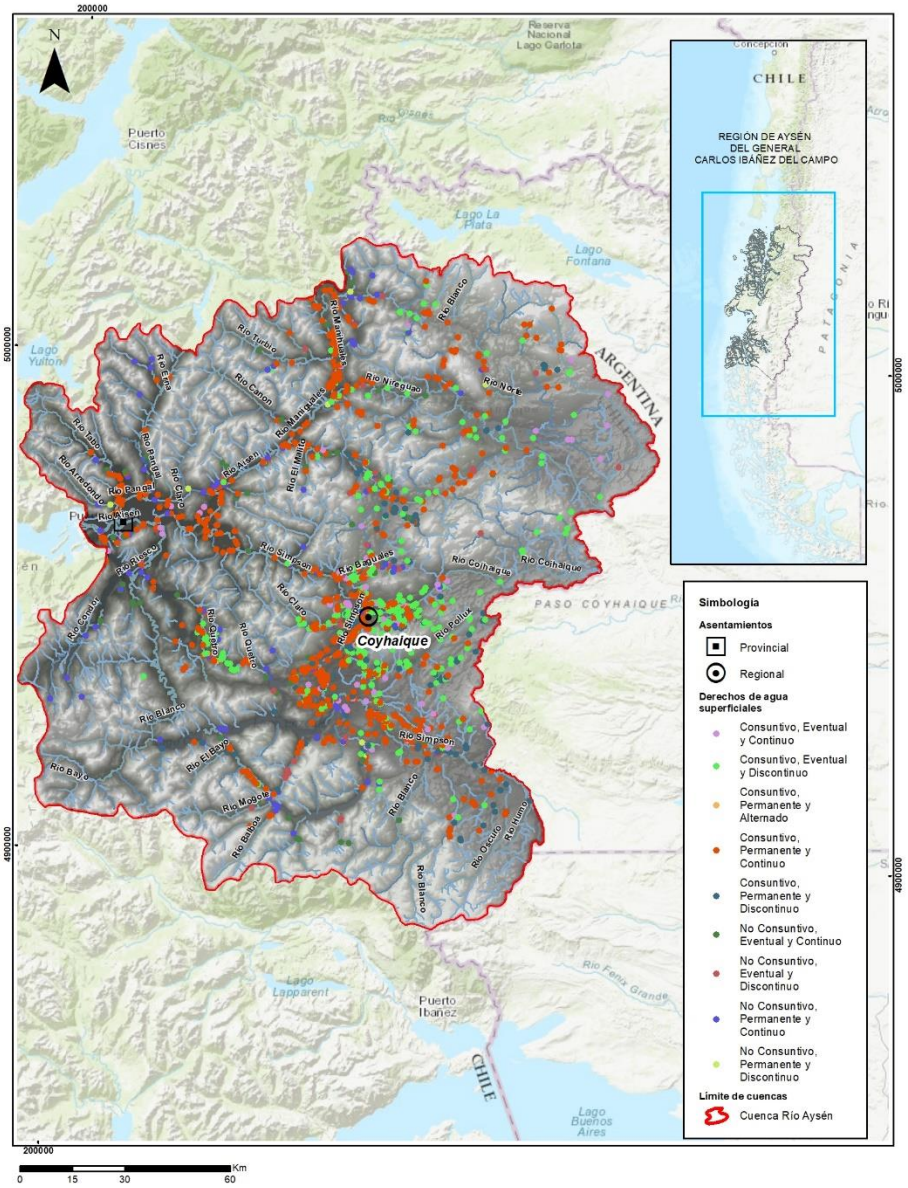
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Cisnes (fuentes superficiales).



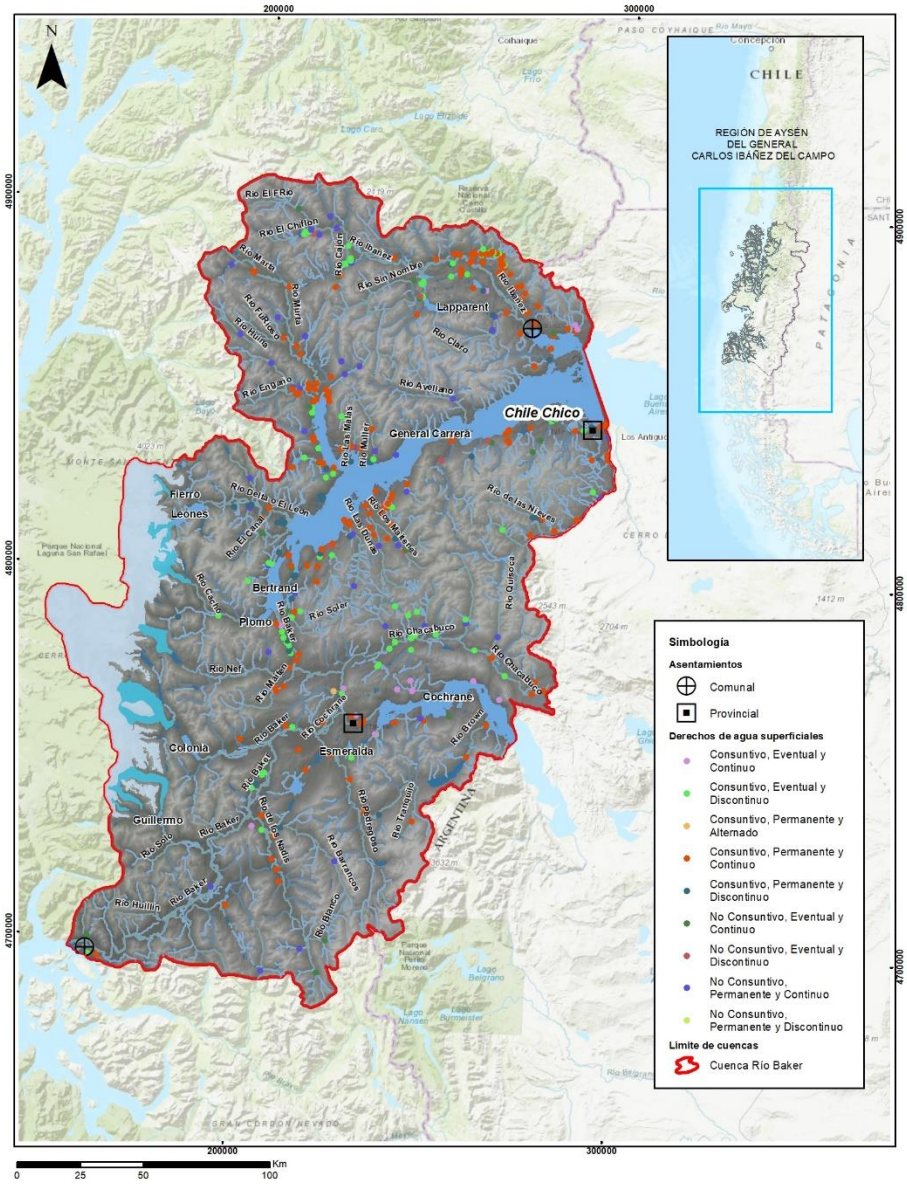
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Aysén (fuentes superficiales).



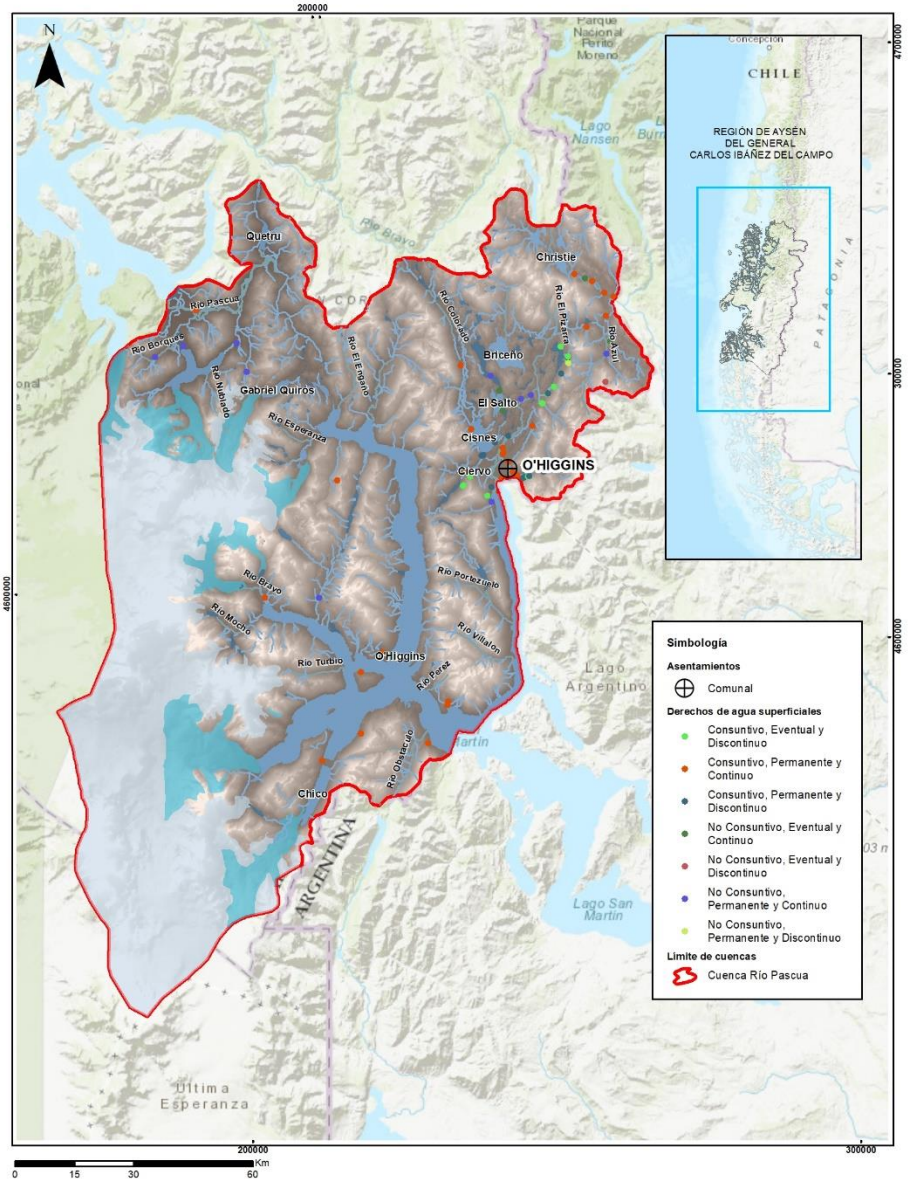
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.4: Derechos de agua constituidos en la cuenca de Baker (fuentes superficiales).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5: Derechos de agua constituidos en la cuenca del río Pascua (fuentes superficiales).



Fuente: Elaboración propia.

4.5 Disponibilidad hídrica

La disponibilidad de recursos se puede estimar, en primera instancia, a partir de los antecedentes disponibles en estudios previos. Se dispone de la información de caudales medios mensuales medidos en varias estaciones representativas de las cuencas del estudio, de los resultados del estudio de la etapa anterior (CNR 2017, Ref. 2), de un documento de la DGA (Ref. 3) y del Balance Hídrico de Chile (Ref. 4), que en los próximos meses debería presentar una nueva versión actualizada. En la Tabla 4.2 se muestran los caudales medios proporcionados por las diversas fuentes consultadas, así como el área total de las cuencas consideradas y el área de las cuencas controladas por las estaciones mencionadas.

Tabla 4.2: Caudales medios en las cuencas del estudio (m³/s)

Cuenca	Caudal medio mensual (m^3/s)			Estación fluviométrica y período considerado	Área cuenca (km^2)	
	CNR 2017	DGA 2011	DGA 1987		Total	Controlada
Río Palena	821	800	819	Río Palena bajo junta Rosselot (1999-2017)	13.091	9.480
Río Cisnes	217	200	233	Río Cisnes en Puerto Cisnes (2001-2014)	5.440	5.163
Río Aysén	521	600	-	Río Aysén en Puerto Aysén (2010-2018)	12.068	-
Río Baker	963	1.100	1.011	Río Baker bajo junta Ñadis (2007-2016)	26.851	24.969
Río Pascua	708	900	690	Río Pascua antes junta Quetru (2003-2015)	14.869	13.880

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla precedente se incluye el área de la cuenca controlada, dato que proporcionaba la DGA en la Ref. 4, pero que desde hace algún tiempo no entrega en la información oficial de su sitio web, tanto en los mapas interactivos como en las estadísticas fluviométricas disponibles en línea. En el caso de la estación Río Aysén en Puerto Aysén, su instalación es ulterior a la publicación de la Ref. 4, por lo que no figura en ésta.

En el caso de las estaciones de los ríos Cisnes y Aysén, el área controlada es muy similar a la de la cuenca total, dado que esas estaciones se encuentran muy próximas a las desembocaduras de los respectivos cauces. En los demás casos el área controlada corresponde a un 72% (Palena), 92% (Baker) y 93% (Pascua) del área total de la cuenca. Los caudales de las Ref. 2 y 4 corresponden a la cuenca controlada y los caudales de la Ref. 6 corresponden a la cuenca total.

Para homologar los caudales, refiriéndolos todos a las cuencas totales, en la Tabla 4.3, para los casos de los estudios DGA 1987 (Ref. 2) y CNR 2017 (Ref. 2) se han estimado, los caudales medios de las cuencas del estudio mediante transposición por unidad de área, esto es, considerando una proporcionalidad directa entre el caudal de salida y el área de una cuenca.

$$Q_1 = A_1 \cdot \frac{Q_2}{A_2}$$

Donde:

Q_1: Caudal medio anual en la cuenca total.

Q_2: Caudal medio anual cuenca controlada.

A_1: Área cuenca total.

A_2: Área cuenca controlada.

Esta estimación es conservadora, por cuanto las precipitaciones en las zonas costeras son muy superiores a las medias en estas cuencas y, por lo tanto, el aporte de la zona costera de cada cuenca, aguas abajo de las estaciones consideradas, presenta un mayor caudal por unidad de área. De los tres caudales obtenidos, se consideró, también conservadoramente, la menor de todas, como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3: Caudal medio anual (m³/s)

Cuenca	Estac DGA	DGA 2011	DGA 1987	Qm
Río Palena	1.134	800	1.131	**800**
Río Cisnes	217	200	233	**200**
Río Aysén	521	600		**521**
Río Baker	1.036	1.100	1.087	**1.036**
Río Pascua	758	900	739	**739**

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.4 se muestra la estimación de la disponibilidad hidrológica en estas cuencas. Se observa que, en términos generales y considerando caudales medios, un microembalse de hasta 50.000 m³ de capacidad requiere una cuenca aportante mínima comprendida entre 2,59 Há (cuenca del río Palena) y 4,31 Há (cuenca del río Cisnes).

Tabla 4.4: Disponibilidad hídrica

Cuenca	Qm (m^3/s)	Área cuenca (km^2)	Disponibilidad (m^3/ha/año)	Cuenca requerida (ha)
Río Palena	800	13.091	19.272	2,59
Río Cisnes	200	5.440	11.594	4,31
Río Aysén	521	12.068	13.615	3,67
Río Baker	1.036	26.851	12.163	4,11
Río Pascua	739	14.869	15.677	3,19

Fuente: Elaboración propia.

Se debe señalar que los requerimientos máximos unitarios de los microembalses, son aproximadamente 3 l/s durante 6 meses al año.

4.6 Estimación de caudales de crecida

Para obtener los caudales correspondientes a las crecidas para cuencas de 200 ha, se aplicó el método de transposición de cuencas descrito anteriormente. Como base de información se cuenta con estudios realizados por el consultor en las cuencas del río Aysén (Ref. 5) y del estero La Tina (Ref. 6), en el sector suroeste del lago General Carrera, próxima a Chile Chico.

El área pluvial determinada para estas cuencas y los caudales asociados a crecidas de 100 años de período de retorno se resumen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5: Información cuencas estero La Tina y río Aysén

	Cuenca estero La Tina	Cuenca río Aysén
Área pluvial [km^2]	5,6	9.892,9
Q (T=100 años) [m^3/s]	11,0	9.450,0

Aplicando el método de transposición para cuencas con áreas pluviales de 200 ha se obtiene como resultado un intervalo de crecidas con período de retorno de 100 años entre 1,9 m^3/s y 3,9 m^3/s.

4.7 Revisión de antecedentes cartográficos

Una de las variables que favorecen la posibilidad de emplazar obras como microembalses estacionales o tranques de acumulación laterales, es la geografía del sector, y que, con base en la experiencia, este Consultor reconoce que los sitios más adecuados se encuentran en los valles y quebradas de la región, en general estrechos y profundos, donde es posible identificar angostamientos que permitan emplazar las obras de acumulación que cumplan con los requerimientos contemplados en el Art. 294 del Código de Aguas.

Por lo tanto, es de importancia reconocer dentro del área de estudio aquellas zonas en que estas condiciones tienen mayor probabilidad de estar presentes, para lo cual inicialmente se revisó y analizó la información

geográfica disponible, en particular la información digitalizada del IGM. Naturalmente, esta búsqueda de sitios debe ser concordante con la ubicación de las zonas susceptibles de desarrollar producción agrícola.

Posteriormente, una vez determinados los 30 sitios definitivos, se retomó el análisis cartográfico utilizando los DEM e imágenes gratuitas disponibles que permitan obtener curvas de nivel cada 2 metros, a fin de estimar el volumen posible de acumular en cada sitio.

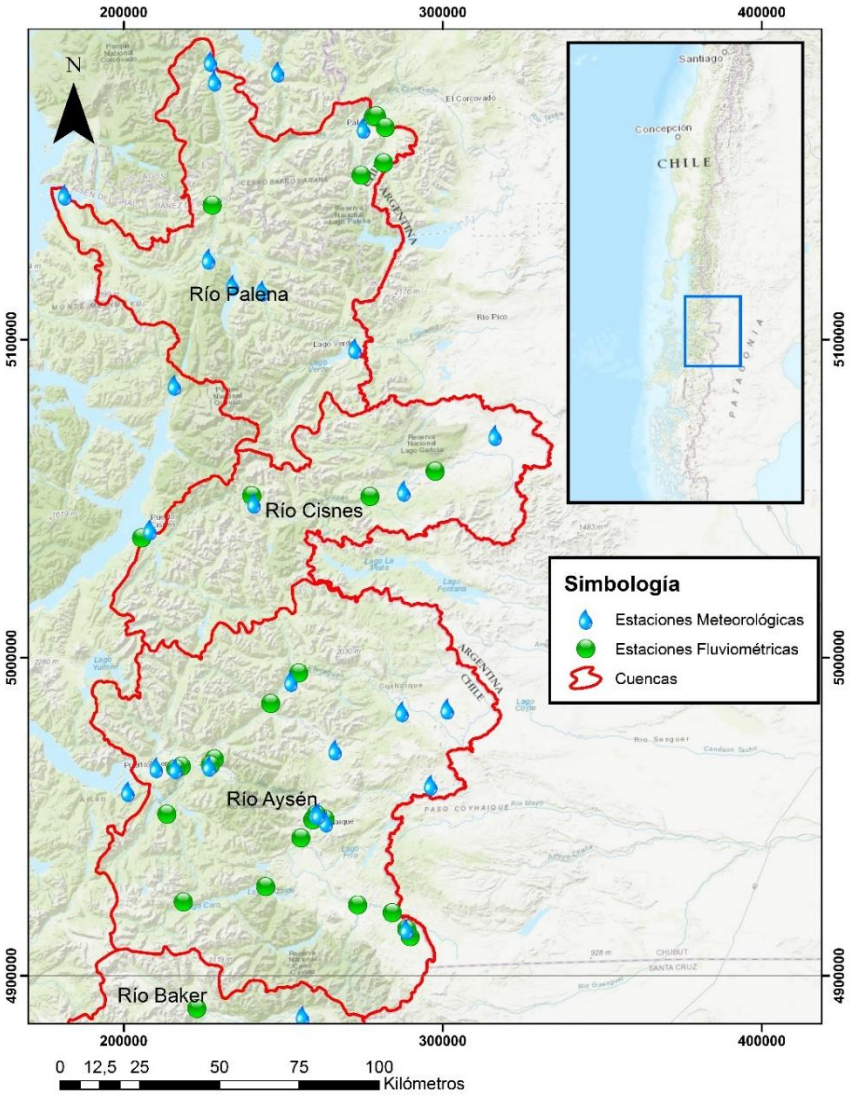
4.8 Antecedentes hidrometeorológicos

4.8.1 Estaciones meteorológicas y estaciones fluviométricas existentes

En la Figura 4.6 y en la

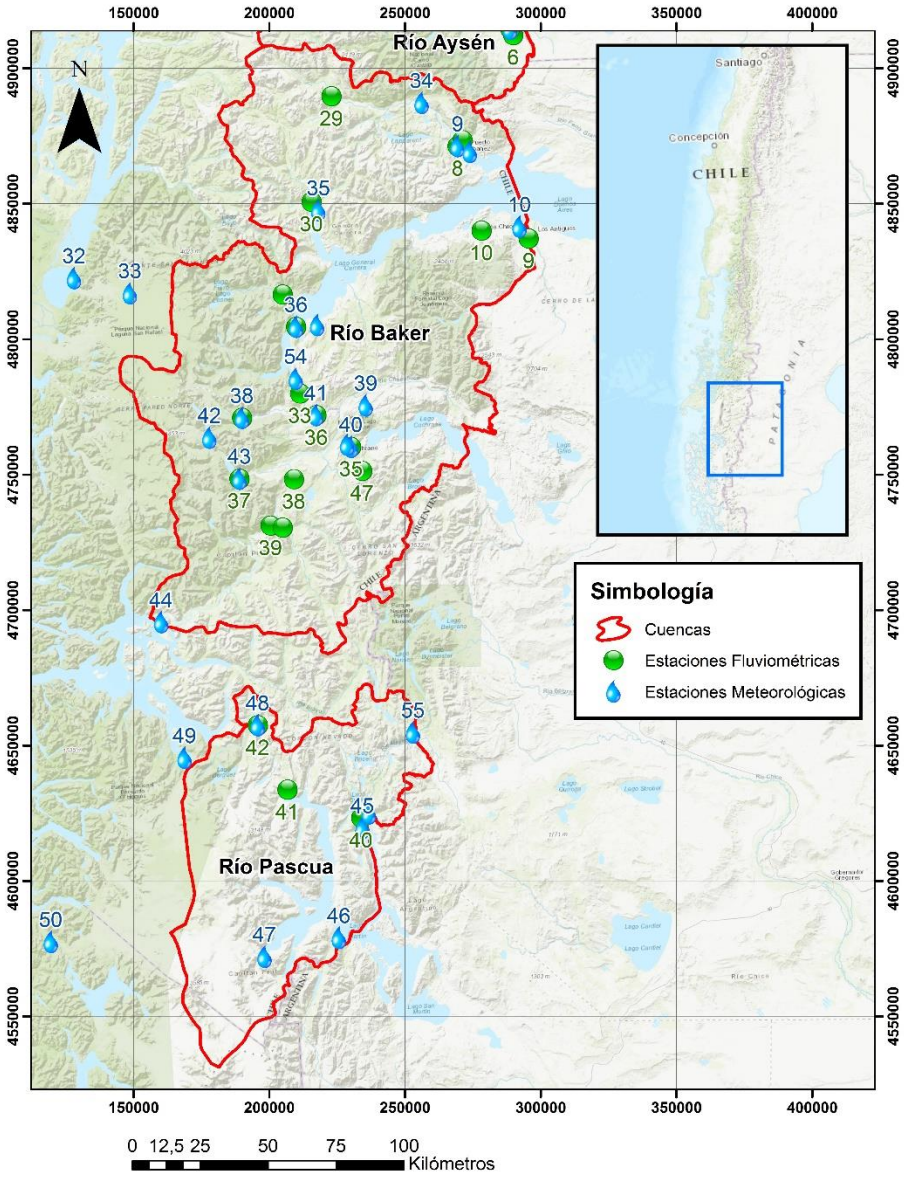
Figura **4.7** se muestran las estaciones de la red hidrométrica de la DGA, las que se detallan en la Tabla 4.6 y en la Tabla 4.7, elementos fundamentales para la caracterización de la zona y el cálculo de caudales de diseño entre otros parámetros hidráulicos de la cuenca.

Figura 4.6: Red hidrométrica DGA, cuencas de Palena, Cisnes y Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.7: Red hidrométrica DGA, cuencas de Baker y Pascua.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.6: Estaciones meteorológicas en la zona de estudio.

Número	Nombre	Código BNA	E [m]	N [m]
1	Lago Espolón	10701001-7	261759	5210680
2	Palena	10704001-3	275164	5166477
3	Río Cisnes	11140001-6	316432	5069917
4	Estancia Baño Nuevo	11300001-5	301385	4983919
5	Ñirehuao	11302002-4	287277	4983059
6	Villa Ortega	11307002-1	266275	4971040
7	Río Blanco Chico antes junta Oscuro	11310003-6	288659	4914736
8	Coyhaique Alto	11316004-7	296246	4960032
9	Río Ibáñez en desembocadura	11505001-K	269336	4871335
10	Chile Chico	11521002-5	292105	4841624
11	Lago Verde	11031001-3	272526	5097228
12	La Tapera	11143003-9	287781	5052396
13	Puerto Ibáñez	11511001-2	273827	4869278
14	Río Futaleufú antes junta río Malito	10704002-1	248354	5184247
15	Puerto Cárdenas	10710001-6	220935	5213669
16	Valle Río Frío	11023001-K	228522	5181345
17	Villa Santa Lucía	11023002-8	227283	5187475
18	Bordalit	11034001-K	234137	5117045
19	La Junta	11041001-8	226616	5125361
20	Marín Balmaceda	11043001-9	181502	5145516
21	Puerto Puyuhuapi	11120001-7	215942	5085746
22	Cisnes Medio	11144002-6	240877	5048678
23	Puerto Cisnes	11147003-0	208270	5040330
24	Islas Huichas	11180000-6	144797	4989506
25	Villa Mañihuales	11304001-7	252449	4992609
26	Coyhaique (Escuela Agrícola)	11316003-9	263490	4948470
27	Río Simpson bajo junta Coyhaique	11317001-8	260317	4950821
28	Coyhaique Conaf	11317005-0	261030	4950911
29	El Balseo	11318002-1	226841	4965929
30	Río Aysén en Puerto Aysén	11342001-4	216266	4965214
31	Puerto Chacabuco	11400001-9	201338	4957997
32	Laguna San Rafael	11440000-9	128074	4822638
33	Hielo Norte en glaciar San Rafael	11440001-7	148663	4817062
34	Villa Cerro Castillo	11503001-9	256116	4887359
35	Bahía Murta	11513001-3	218107	4847722
36	Lago General Carrera en desagüe	11517002-3	209824	4804612
37	Puerto Guadal	11523001-8	217623	4805294
38	Río Nef antes junta estero El Rebalse	11532000-9	189900	4771056
39	Estancia Valle Chacabuco	11533001-2	235474	4775648
40	Río Cochrane en Cochrane	11536001-9	230093	4760344
41	Río Baker en angostura Chacabuco	11536004-3	217297	4772025

Número	Nombre	Código BNA	E [m]	N [m]
42	Lago Cachet 2 en glaciar Colonia	11540000-2	177902	4763699
43	Río Colonia en nacimiento	11541000-8	188976	4748570
44	Caleta Tortel	11546001-3	160168	4695631
45	Lago O'Higgins en Villa O'Higgins	11702000-2	234314	4619638
46	Candelario Mancilla	11704001-1	225637	4579059
47	Glaciar O'Higgins	11706000-4	198246	4572102
48	Río pascua antes junta río Quetru	11711000-1	195749	4657561
49	Fiordo Jorge Montt	11800000-5	168790	4645531
50	Fiordos Témpanos	12000000-4	119509	4577593
51	Villa Alegre (L. E.)	11033001-4	243453	5115345
52	Puerto Aysén	11342002-2	210218	4965526
53	Aeródromo Cochrane	11536003-5	228647	4761112
54	Puerto Bertrand	11553002-K	209734	4785551
55	Río Meyer retén	11700001-K	252944	4654845
56	Villa O'Higgins	11701002-3	236753	4625073

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.7: Estaciones fluviométricas en la zona de estudio.

Número	NOMBRE	Código BNA	E [m]	N [m]
1	Río Tigre en la frontera	11020004-8	281421	5155629
2	Río Palena en la frontera	11020005-6	278276	5170134
3	Río Cisnes en Estancia Río Cisnes	11141001-1	297575	5058672
4	Río Cisnes antes junta río Moro	11143001-2	277146	5050711
5	Río Huemules frente cerro Galera	11310001-K	284143	4919926
6	Río oscuro en camino cerro Portezuelo	11310002-8	289754	4912364
7	Río Blanco Chico antes junta Oscuro	11310003-6	288659	4914736
8	Río Ibáñez en desembocadura	11505001-K	269336	4871335
9	Río Jeinimeni en Chile Chico	11520002-K	295451	4837290
10	Río El Baño en Chile Chico	11521001-7	278129	4840171
11	Estero López antes junta río Encuentro	11020001-3	274361	5151718
12	Río Encuentro antes junta estero López	11020002-1	279118	5170408
13	Río Encuentro después de confluencia	11020003-K	281930	5166794
14	Río Blanco antes junta Huemules	11312001-0	273296	4922382
15	Río Claro antes junta río Ibáñez	11504001-4	271118	4873535
16	Río Palena bajo junta Rosselot	11040001-2	227708	5142313
17	Río Moro antes junta río Cisnes	11143002-0	205591	5037735
18	Río Cisnes en Puerto Cisnes	11147001-4	205591	5037735
19	Río Grande en carretera austral	11147002-2	240080	5050995
20	Río Ñireguao en Villa Mañihuales	11302001-6	254796	4995297
21	Río Emperador Guillermo antes junta Mañihuales	11307001-3	245996	4985679

Número	NOMBRE	Código BNA	E [m]	N [m]
22	Río Mañihuales antes junta río Simpson	11308001-9	228398	4968255
23	Río Claro en piscicultura	11315001-7	259191	4949110
24	Río Coyhaique en Tejas Verdes	11316001-2	263092	4949259
25	Río Simpson bajo junta Coyhaique	11317001-8	260317	4950821
26	Río Blanco en desagüe lago Caro	11335002-4	218661	4923301
27	Río Blanco antes junta Aysén	11337001-7	218042	4965944
28	Río Aysén en Puerto Aysén	11342001-4	216266	4965214
29	Río Ibáñez antes junta Cajón	11500002-0	222873	4889784
30	Río Murta en desembocadura	11514001-9	215549	4850789
31	Río Los Leones en carretera austral	11516002-8	204908	4816529
32	Lago General Carrera en desagüe	11517002-3	209824	4804612
33	Río Baker en desagüe lago Bertrand	11530000-8	211271	4780058
34	Río Nef antes junta estero El Rebalse	11532000-9	189900	4771056
35	Río Cochrane en Cochrane	11536001-9	230093	4760344
36	Río Baker en angostura Chacabuco	11536004-3	217297	4772025
37	Río Colonia en nacimiento	11541000-8	188976	4748570
38	Río Baker en Colonia	11542001-1	209030	4748390
39	Río Baker bajo Ñadis	11545000-K	200444	4731249
40	Río Mayer en desembocadura	11701001-5	233790	4623358
41	Río Pascua en desagüe lago O'Higgins	11710000-6	206667	4633806
42	Río Pascua antes junta río Quetru	11711000-1	195749	4657561
43	Río Pollux antes junta Simpson	11314001-1	255507	4943404
44	Río Simpson antes junta Mañiguales	11318001-3	227173	4966347
45	Lago Monreal en desagüe	11332001-K	244418	4928122
46	Río Blanco bajo junta Riesco	11335001-6	213500	4950895
47	Río El Salto antes junta Baker	11536005-1	234118	4751434
48	Río Ñadis antes junta Baker	11543002-5	204882	4730547

Fuente: Elaboración propia.

4.8.2 Estaciones patrón por cuenca

Preliminarmente, en la Tabla 4.8 y en la Tabla 4.9 se presentan, respectivamente, el listado de estaciones meteorológicas y fluviométricas que se emplearon como estaciones patrón para la estimación de caudales en las cuencas correspondientes a las diversas obras de acumulación. Se han considerado, en general, aquellas que presentan 20 o más años con datos.

Tabla 4.8: Estaciones meteorológicas patrón por cuenca

Cuenca	Estación Meteorológica	Código BNA	Datos		Años con datos
			Desde	Hasta	
Río Palena	La Junta	11041001-8	1981	2018	37
Río Cisnes	Puerto Cisnes	11147003-0	1955	2017	58
	Río Cisnes	11140001-6	1981	2018	38
Río Aysén	Puerto Aysén	11342002-2	1931	2009	57
	Coihayque Alto	11316004-7	1962	2018	51
Río Baker	Puerto Ibáñez	11511001-2	1961	2009	37
	Chile Chico	11521002-5	1963	2018	29
Río Pascua	Candelario Mancilla	11704001-1	1967	2018	28
	Lago O'Higgins en Villa O'Higgins	11702000-2	2003	2018	16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.9: Estaciones fluviométricas patrón por cuenca

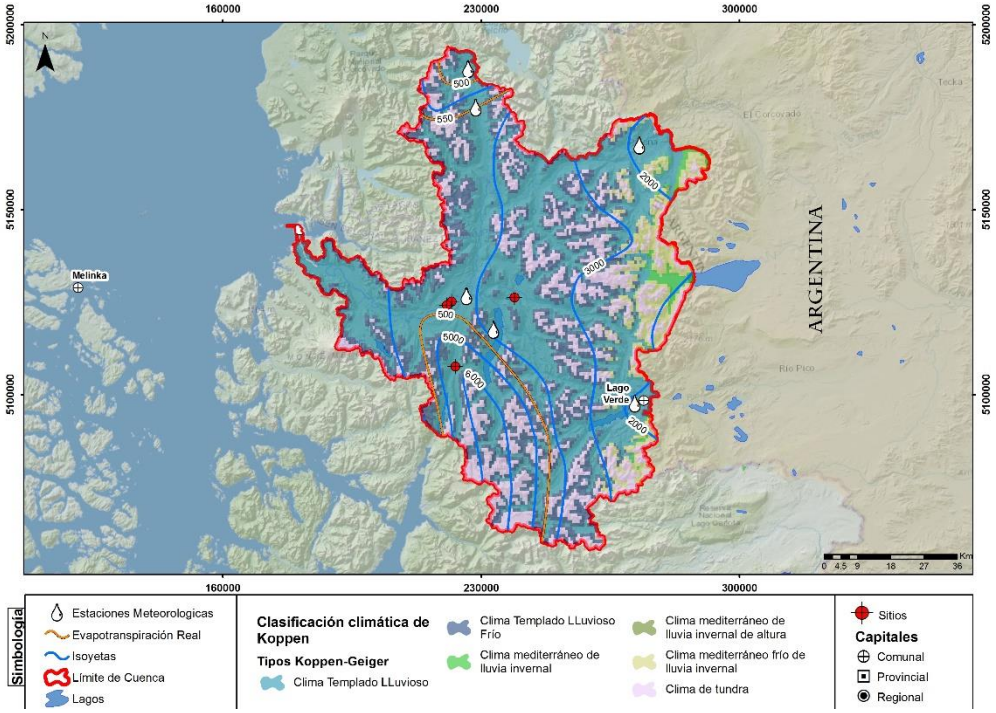
Cuenca	Estación Fluviométrica	Código BNA	Datos		Años con datos
			Desde	Hasta	
Río Palena	Río Palena bajo junta Rosselot	11040001-2	1999	2018	20
Río Cisnes	Río Cisnes en estancia Río Cisnes	11141001-1	1984	2018	32
Río Aysén	Río Simpson bajo junta Coyhaique	11317001-8	1969	2017	38
	Río Coyhaique en Tejas Verdes	11316001-2	1979	2017	35
Río Baker	Río Ibáñez en desembocadura	11505001-K	1970	2018	37
	Río Murta en desembocadura	11514001-9	1985	2018	34
	Río Cochrane en Cochrane	11536001-9	1985	2018	32
Río Pascua	**Río Mayer en desembocadura**	11701001-5	1985	2017	30
	Río Pascua en desagüe lago O'Higgins	11710000-6	2003	2017	14

Fuente: Elaboración propia.

Desde la **Figura 4.8** a la

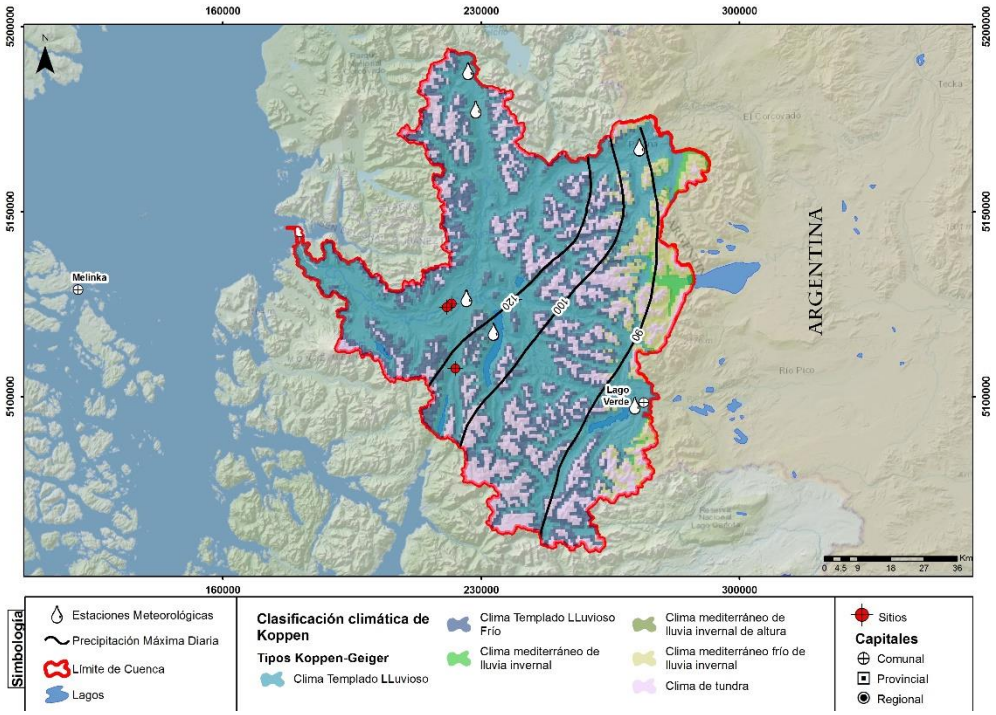
Figura 4.15 se incluye información climática, de precipitaciones y evapotranspiración de las cuencas estudiadas, en las que se han definido los 50 sitios preseleccionados (Palena, Cisnes, Aysén y Baker).

Figura 4.8: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Palena).



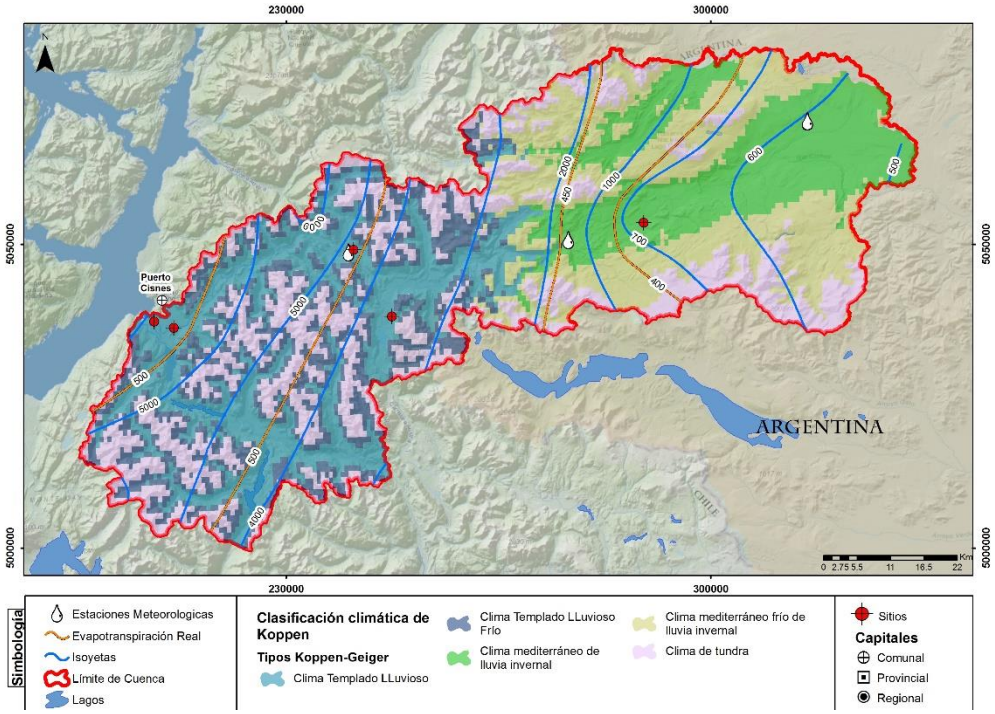
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.9: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Palena).



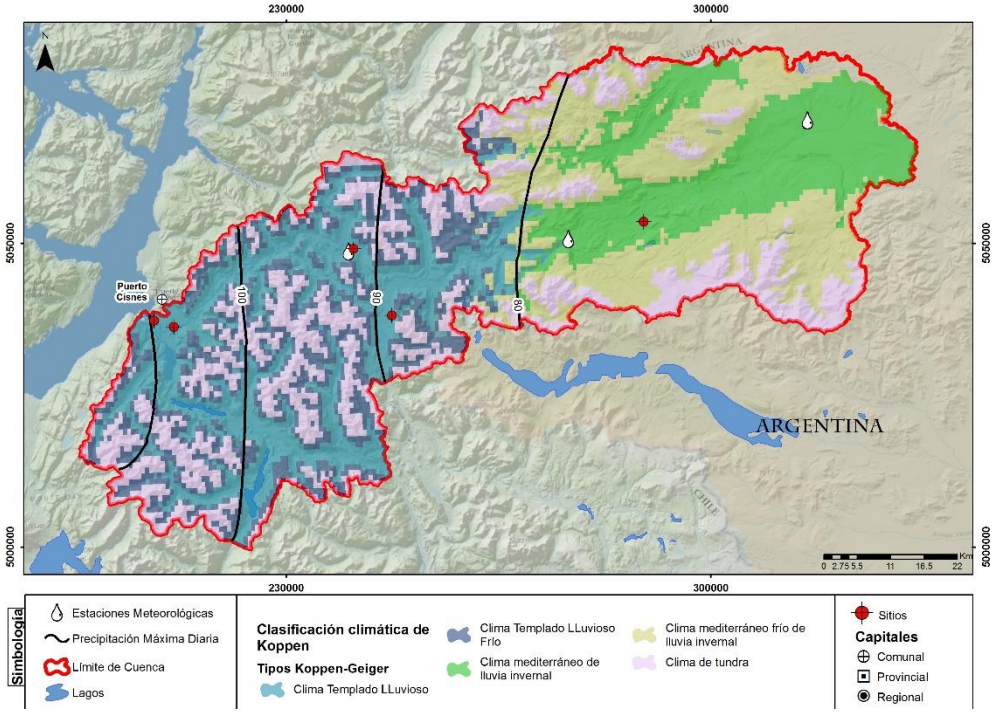
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Cisnes).



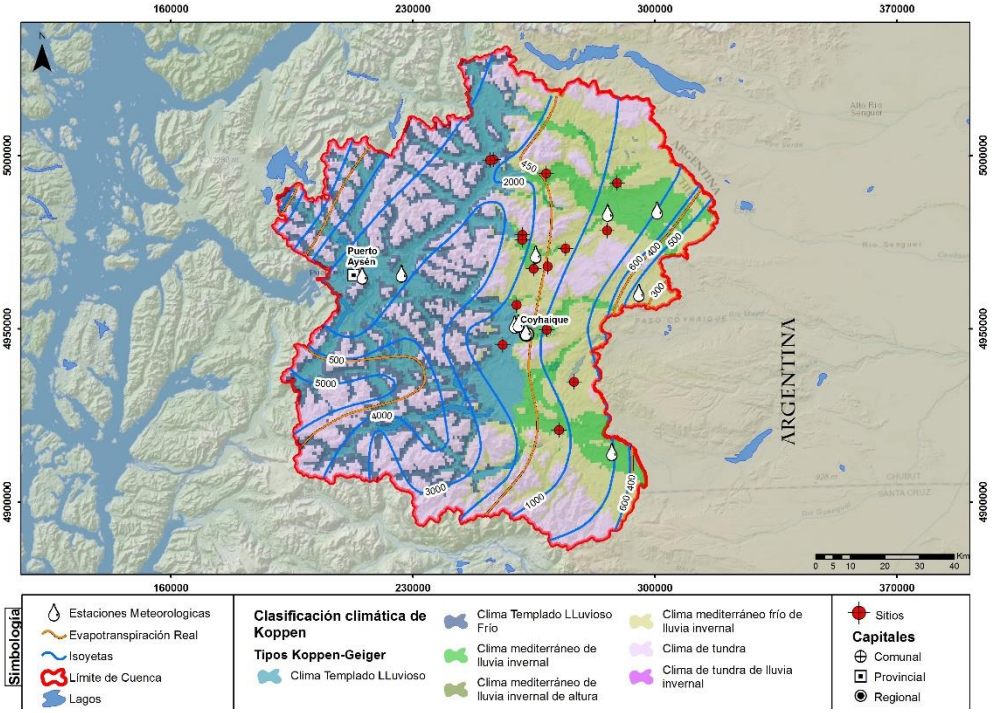
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Cisnes).



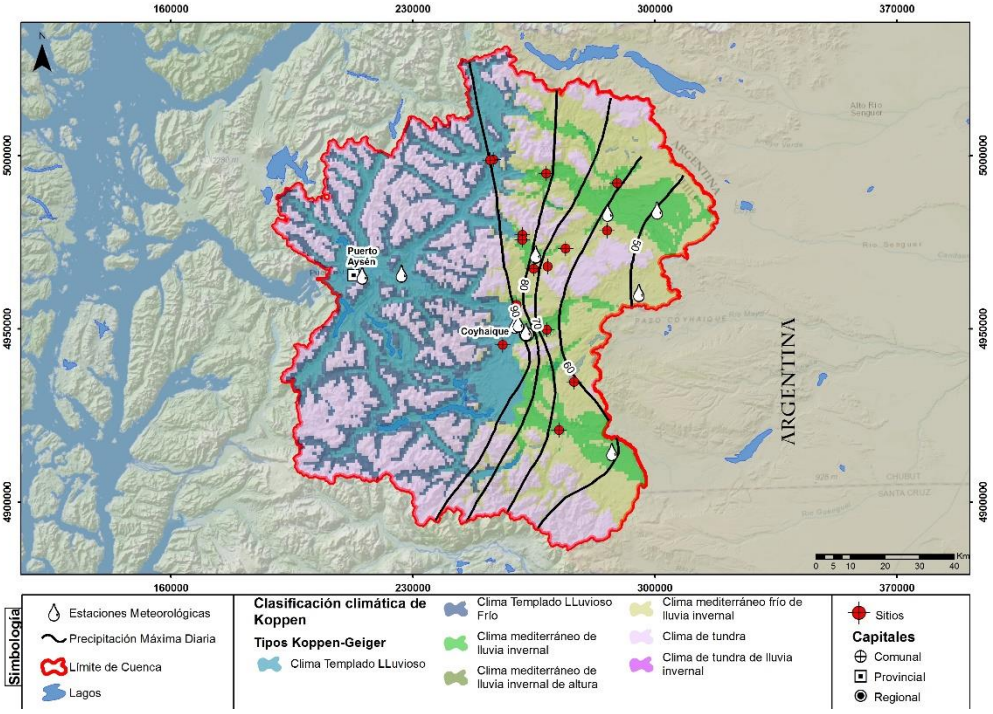
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.12: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Aysén).



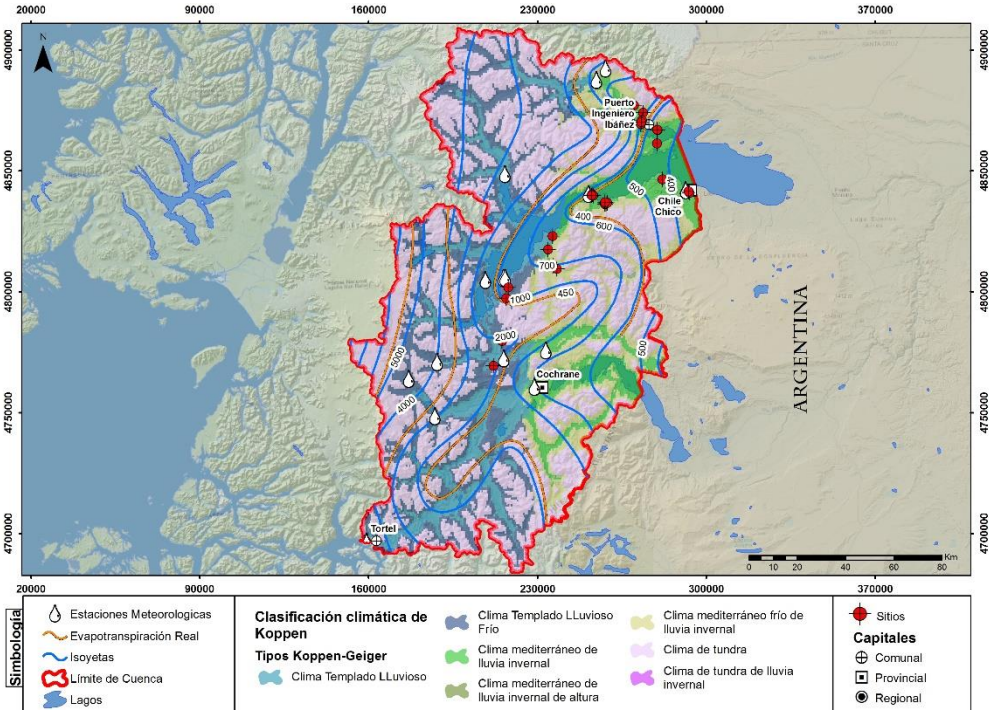
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.13: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Aysén).



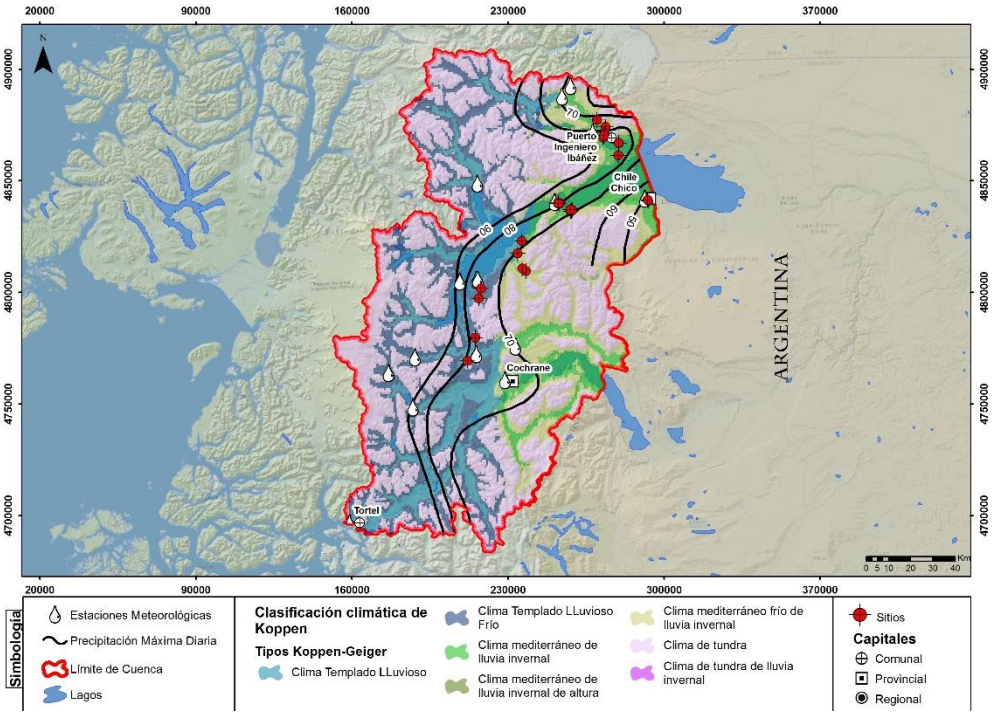
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.14: Precipitaciones y evapotranspiración media anual (cuenca del río Baker).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.15: Precipitaciones máximas diarias (cuenca del río Baker).



Fuente: Elaboración propia.

5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ESTUDIO

5.1 Localización geográfica

La región de Aysén se encuentra ubicada entre los paralelos 43°38' y 49°8' de latitud sur. Su capital, Coyhaique, está ubicada a unos 1.300 km en línea recta al sur de Santiago. Esta región tiene un área de 108.494 km², lo que representa un 14% de la superficie de Chile americano e insular (Ref. 7), constituyéndose así en la tercera región más extensa de Chile, luego de las de Antofagasta y la de Magallanes y Antártica Chilena.

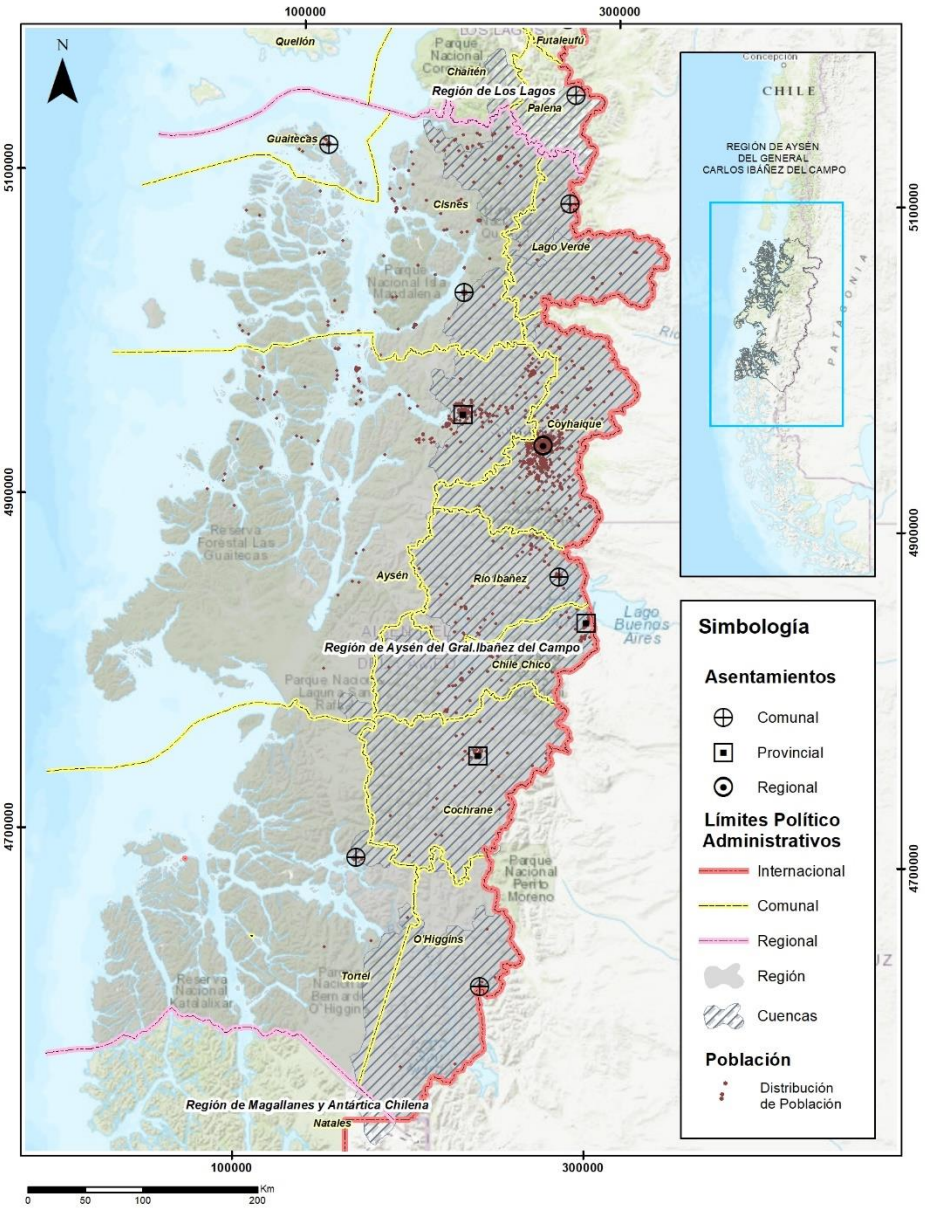
La región de Aysén se divide en 4 provincias y éstas, a su vez, en 10 comunas, las que se mencionan en la Tabla 5.1 y se muestran en la Figura 5.1. Aysén limita por el norte con la región de los Lagos, por el sur con la región de Magallanes y Antártica Chilena, por el este con las provincias argentinas de Chubut y Santa Cruz, y por el oeste con el océano Pacífico.

Tabla 5.1: División político-administrativa de la región de Aysén

PROVINCIA	COMUNA	ÁREA (km²)
Coyhaique	Coyhaique	7.320,2
	Lago Verde	5.622,3
	Total provincial	12.942,5
Aysén	Aysén	29.970,4
	Cisnes	15.831,4
	Guaitecas	787,0
	Total provincial	46.588,8
Capitán Prat	Cochrane	8.930,5
	O'Higgins	8.182,5
	Tortel	19.930,6
	Total provincial	37.043,6
General Carrera	Chile Chico	5.922,3
	Río Ibáñez	5.997,2
	Total provincial	11.919,5

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1: División político-administrativa de la región de Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

5.2 Aspectos humanos

5.2.1 Exploración y colonización

La región de Aysén corresponde a la zona de Chile que más recientemente ha sido incorporada al territorio nacional, en términos de poblamiento permanente. Se trata de la región político-administrativa menos poblada de Chile, con una población actual de poco más de 100.000 habitantes. La dificultad para el desarrollo humano de esta región tiene componentes geográficos, climáticos y económicos.

En efecto, la accidentada geografía física de Aysén constituye un impedimento de larga data para las comunicaciones terrestres fluidas, que se ha solucionado en parte con la construcción de la Ruta 7. El

transporte marítimo y aéreo, a su vez, presenta algunas dificultades debido a la alta pluviosidad de la zona occidental y central de la región.

La zona fue explorada por primera vez por la expedición marítima de Francisco de Ulloa (1553-1554), que zarpó desde Valdivia, recorriendo la costa de Chiloé, el archipiélago de los Chonos, la península de Taitao y que alcanzó el estrecho de Magallanes, que era el objetivo de este viaje; recién en 1674 se realiza una nueva exploración, a cargo de Bartolomé Díaz, que alcanzó hasta la laguna de San Rafael.

Las primeras exploraciones científicas fueron realizadas a fines de la Colonia, por José de Moraleda en dos expediciones (1786-1788 y 1792-1793), que recorrieron la costa interior de la zona, reconociendo sitios tales como la desembocadura de los ríos Palena, Cisnes y Aysén. Posteriormente, la expedición Fitz-Roy recorrió las costas de Chile entre 1832 y 1835, incluyendo la exploración del litoral de Aysén, bautizando varios accidentes geográficos con nombres que perduran hasta el presente, como el monte Fitz-Roy y el río Baker.

Las exploraciones desarrolladas por la República de Chile a los territorios de Aysén corresponden a las realizadas por el capitán Enrique Simpson, en 1871 al valle de Aysén, y por Hans Steffen entre 1892 y 1899, recorriendo las cuencas de Palena, Puelo, Manso, Aysén, Cisnes y Baker, además de los fiordos al sur del paralelo 46° sur. Simultáneamente se delimitó la frontera entre Chile y Argentina mediante el Tratado de 1881, que debió ser precisado mediante el arbitraje de la Corona británica en 1902.

El primer poblado de la zona, Melinka, fue fundado en 1859 por Felipe Westhoff, subdelegado marítimo del archipiélago de los Chonos o Guaitecas, nombrado por el gobierno de Chile. Luego, en 1889, se intentó instalar una colonia agrícola en la desembocadura del río Palena, iniciativa que fracasó. En 1903 se formó la Sociedad Industrial de Aysén para explotar los valles de Ñirehuao, Coyhaique y Mañihuales, y se establece una colonia en Valle Simpson; mientras que en 1904 se formó la Sociedad Explotadora del Baker, que quebró en 1909.

Paulatinamente se fundaron centros urbanos y se pobló parte del territorio: Chile Chico (1909), Puerto Aysén (1913), Balmaceda (1917), Puerto Ibáñez (1924), Baquedano (1929), rebautizado como Coyhaique, Puyuhuapi (1934), Cochrane (1954), Puerto Cisnes (1955) y Villa O'Higgins (1966). La construcción de carreteras, que favorece el poblamiento del territorio y el desarrollo de actividades económicas, se inició en 1907, con el camino entre Puerto Aysén y el valle de Coyhaique. Posteriormente, en 1943 comenzó la construcción de la Ruta 7, que considera unir Puerto Montt y Puerto Natales (2.175 km), la que tuvo su mayor expansión en el período 1976-1989. En la actualidad se está desarrollando la última etapa de esta ruta, que unirá Río Bravo con Puerto Natales, con un trazado de 920 km y 9 trasbordos, bordeando el Campo de Hielo Sur.

5.2.2 Demografía

La población de la región se encuentra muy concentrada, en particular en las comunas de Aysén y Coyhaique (78%), las que a su vez tienen una población urbana aproximada del 85%. Asimismo, la región de Aysén es la de menor densidad poblacional de Chile, equivalente a 1,0 hab/km^2. En la Tabla 5.2

se señala la población de la región de Aysén por provincia y por comuna, registrada en el censo de 2017 (Ref. 8), así como el correspondiente porcentaje respecto del total regional.

Tabla 5.2: Población de la Región de Aysén

Provincia	Habitantes	%	Comuna	Habitantes	%
Aysén	32.319	31%	Aysén	23.959	23,2%
			Cisnes	6.517	6,3%
			Guaitecas	1.843	1,8%
Coyhaique	58.670	57%	Coyhaique	57.818	56,0%
			Lago Verde	852	0,8%
General Carrera	7.531	7%	Chile Chico	4.865	4,7%
			Río Ibáñez	2.666	2,6%
Capitán Prat	4.638	4%	Cochrane	3.490	3,4%
			O'Higgins	625	0,6%
			Tortel	523	0,5%
			TOTAL	103.158	100,0%

Fuente: Elaboración propia.

La evolución de la población de la región de Aysén se muestra en la Tabla 5.3. Como se puede apreciar, la población regional ha representado menos del 1% del total nacional desde el inicio de la colonización del territorio de Aysén. Asimismo, se observa que a partir de 1960 el crecimiento demográfico de Aysén es similar al del total nacional.

Tabla 5.3: Evolución de la población de la región de Aysén

Censo	Población		Porcentaje de la población nacional
	Aysén	Chile	
1907	187	3.231.496	0,01%
1920	1.660	3.731.573	0,04%
1930	9.711	4.287.445	0,23%
1940	17.014	5.023.539	0,34%
1952	26.262	5.932.995	0,44%
1960	37.770	7.374.115	0,51%
1970	48.858	8.884.768	0,55%
1982	66.361	11.329.736	0,59%
1992	80.501	13.348.401	0,60%
2002	91.492	15.116.435	0,61%
2017	103.158	17.574.003	0,59%

Fuente: Elaboración propia.

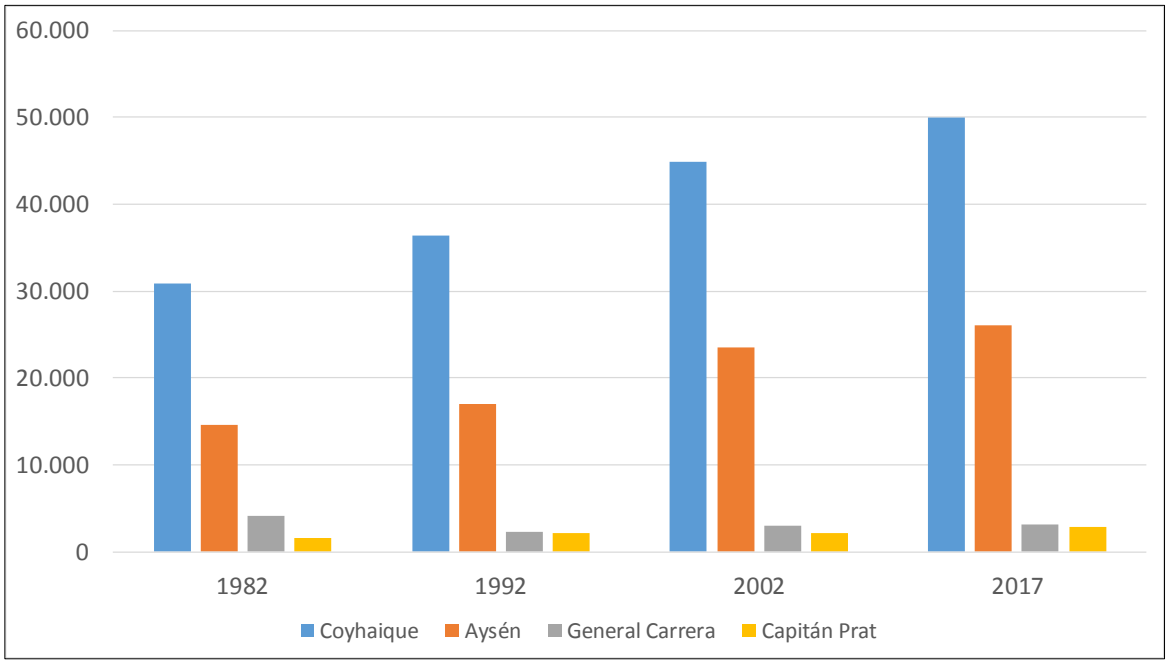
La variación de la población en el período 1982-2017, a nivel comunal, se muestra en la Tabla 5.4., mientras que en la Figura 5.2 y en la Figura 5.3 se muestra a nivel provincial la población urbana y la población rural, respectivamente.

Tabla 5.4: Evolución de la Población de la Región de Aysén (1982-2017)

Provincia	Comuna	1982			1992			2002			2017		
		Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total
Coyhaique	Coyhaique	30.395	6.910	37.305	36.376	6.921	43.297	44.850	5.191	50.041	49.968	7.850	57.818
	Lago Verde	482	449	931	0	1.168	1.168	0	1.062	1.062	0	852	852
	Total provincia	30.877	7.359	38.236	36.376	8.089	44.465	44.850	6.253	51.103	49.968	8.702	58.670
Aysén	Aysén	11.686	1.852	13.538	15.276	3.814	19.090	19.580	2.773	22.353	20.308	3.651	23.959
	Cisnes	1.925	1.368	3.293	1.784	3.569	5.353	2.507	3.232	5.739	4.114	2.403	6.517
	Guaitecas	930	177	1.107	0	1.283	1.283	1.411	128	1.539	1.705	138	1.843
	Total provincia	14.541	3.397	17.938	17.060	8.666	25.726	23.498	6.133	29.631	26.127	6.192	32.319
General Carrera	Chile Chico	2.753	961	3.714	2.263	1.494	3.757	3.042	1.402	4.444	3.162	1.703	4.865
	Río Ibáñez	1.352	2.384	3.736	0	2.772	2.772	0	2.477	2.477	0	2.666	2.666
	Total provincia	4.105	3.345	7.450	2.263	4.266	6.529	3.042	3.879	6.921	3.162	4.369	7.531
Capitán Prat	Cochrane	1.443	718	2.161	2.095	901	2.996	2.217	650	2.867	2.841	649	3.490
	O'Higgins	162	122	284	0	337	337	0	463	463	0	625	625
	Tortel	0	292	292	0	448	448	0	507	507	0	523	523
	Total provincia	1.605	1.132	2.737	2.095	1.686	3.781	2.217	1.620	3.837	2.841	1.797	4.638
Total Región de Aysén		51.128	15.233	66.361	57.794	22.707	80.501	73.607	17.885	91.492	82.098	21.060	103.158

Fuente: Elaboración propia.

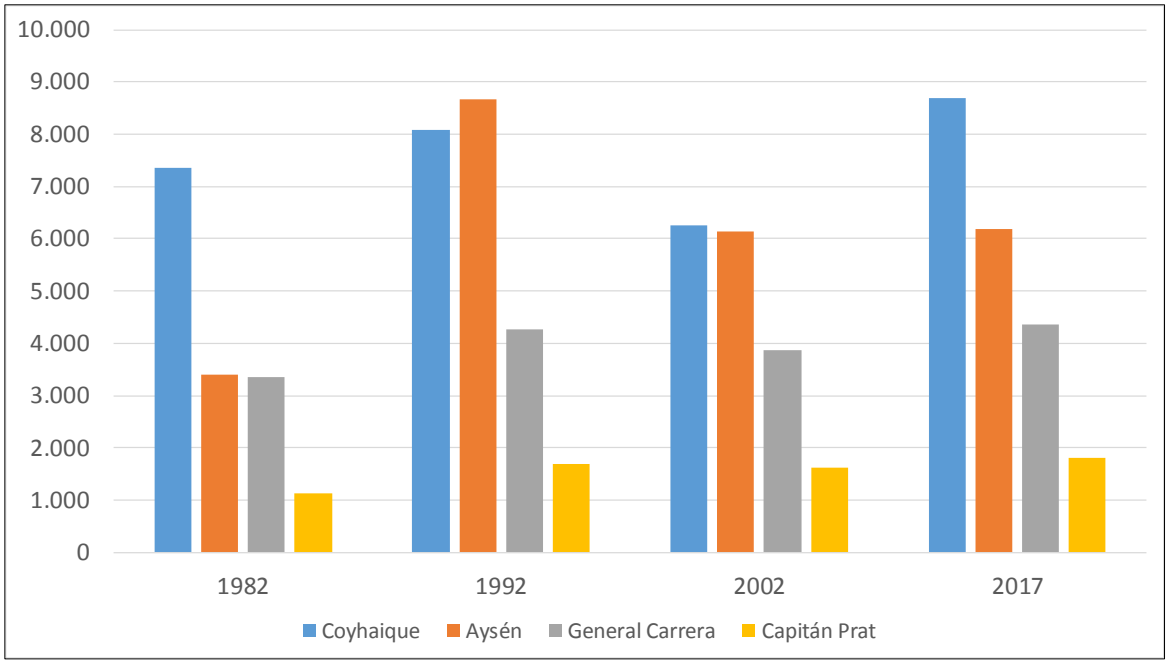
Figura 5.2: Población urbana de la región de Aysén (1982-2017).



Fuente: Elaboración propia.

Se observa un crecimiento sostenido de la población urbana de las provincias de Coyhaique y de Aysén, concentrada principalmente (96% en 2002) en las dos únicas ciudades de la región: Coyhaique y Puerto Aysén. Por otro lado, se observa que la población urbana de las provincias de General Carrera y Capitán Prat se mantiene relativamente estable en el período señalado, y mucho más baja que en el caso de las otras dos provincias.

Figura 5.3: Población rural de la región de Aysén (1982-2017).



Fuente: Elaboración propia.

Este último gráfico permite observar que la población rural de Aysén no presenta una tendencia general creciente, a diferencia de la tendencia de la población urbana. Por el contrario, el máximo regional se registró en 1992, para descender en todas las provincias en 2002 y aumentar sólo en algunas de ellas (Coyhaique y General Carrera) en 2017.

Para determinar el empleo disponible a nivel comunal se calculó la tasa interanual de crecimiento demográfico y la información censal de actividad económica, la que se muestra en la Tabla 5.5. Para efectos de esta estimación, se consideró el año 2022 como fecha de construcción de las obras de acumulación. Por su parte, la tasa interanual se obtiene de la siguiente relación:

$$i + 1 = \sqrt[n]{\frac{P_f}{P_i}}$$

donde:
- i: Tasa interanual de crecimiento demográfico.
- n: Años del período considerado.
- P_f: Población al término del período considerado.
- P_i: Población al inicio del período considerado.

Tabla 5.5: Proyección a nivel comunal de la población de Aysén al año 2022.

Provincia	Comuna	2002	2017	i	2022
Coyhaique	Coyhaique	50.041	57.818	0,97%	60.670
	Lago Verde	1.062	852	-1,46%	792
Aysén	Aysén	22.353	23.959	0,46%	24.520
	Cisnes	5.739	6.517	0,85%	6.799
	Guaitecas	1.539	1.843	1,21%	1.957
General Carrera	Chile Chico	4.444	4.865	0,61%	5.014
	Río Ibáñez	2.477	2.666	0,49%	2.732
Capitán Prat	Cochrane	2.867	3.490	1,32%	3.726
	O'Higgins	463	625	2,02%	691
	Tortel	507	523	0,21%	528
Total regional		91.492	103.158	0,80%	107.368

Fuente: Elaboración propia.

5.2.3 Aspectos laborales

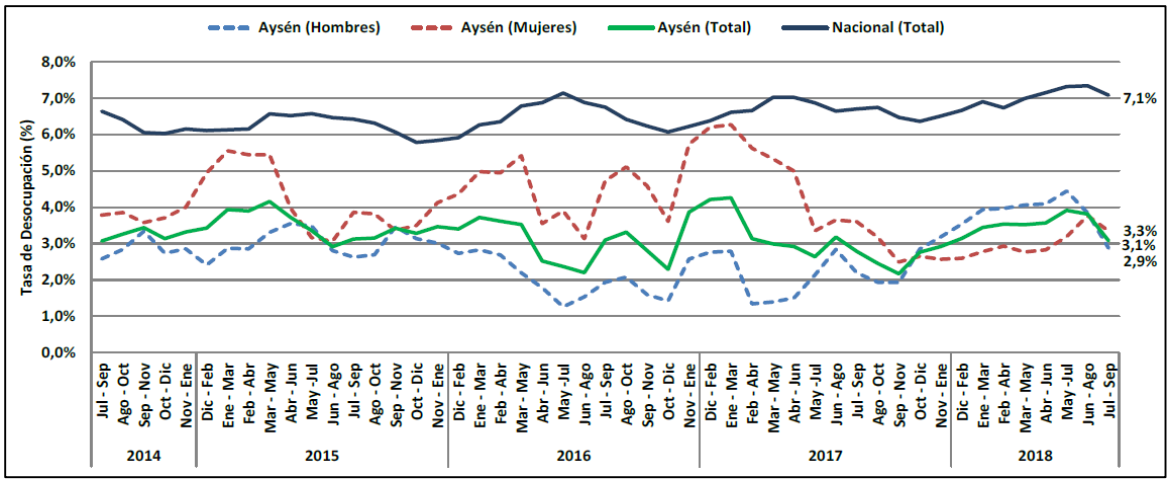
De acuerdo con el más reciente informe de empleo (Ref. 3), las principales actividades económicas que se desarrollan la región de Aysén son:

- Administración pública y defensa (16,6%).
- Comercio (15,3%)
- Industrias manufactureras (9,7%)
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (9,2%)

En la Figura 5.4 se muestra la variación, por trimestre móvil, de la desocupación en Chile y en la región de Aysén, por sexo. Se observa que la tasa regional de desocupación es aproximadamente la mitad de la tasa nacional y que la tendencia creciente de la desocupación regional, creciente desde septiembre-noviembre de 2017, comenzó a descender desde el trimestre móvil mayo-julio de 2018, de modo similar a lo observado a nivel nacional.

Asimismo, se puede notar que desde octubre-diciembre de 2017 hasta junio-agosto de 2018 se invirtió la situación de mayor desempleo femenino, registrada al menos desde julio-septiembre de 2014. En el último trimestre móvil informado, julio-septiembre de 2018, nuevamente el desempleo femenino es mayor que el masculino.

Figura 5.4: Evolución de la tasa de desocupación en Aysén según sexo.



Fuente: Ref 4.

Por su parte, la Tabla 5.6 muestra la cantidad de personas ocupadas, desocupadas e inactivas laboralmente, en el trimestre móvil julio-septiembre de 2018.

Tabla 5.6: Población de 15 años y más por situación en la fuerza de trabajo de la región de Aysén, en el trimestre móvil julio-septiembre de 2018.

	En la Fuerza de Trabajo			Inactivos	Total
	Total	Ocupados	Desocupados		
Hombres	36,78	35,72	1,06	11,69	48,47
Mujeres	26,97	26,06	0,90	15,91	42,88
Total	63,74	61,78	1,96	27,61	91,35

Fuente: Ref 4.

En los últimos 12 meses la tasa de desocupación aumentó de 2,8% a 3,1%. Según sexo, en el mismo período, la desocupación masculina pasó de 2,2% a 2,9%; y la femenina pasó de 3,6% a 3,3%.

La disminución anual de los ocupados en la región de Aysén (-1,7%) engloba las siguientes variaciones:

- Actividades profesionales (+33,7%)
- Administración pública y defensa (-14,1%)
- Enseñanza (-12,5%)
- Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca (+12,4%)
- Comercio (+7,8%)
- Industria manufacturera (-6,6%)

En la Tabla 5.7 se entrega la información correspondiente a la población ocupada en la región de Aysén y su variación en los últimos 12 meses anteriores al trimestre móvil julio-septiembre de 2018.

Se observa que esta variación negativa (-1,7%) está dada principalmente por una baja de los asalariados, tanto privados como públicos, teniendo una notoria componente masculina (-14,0%), frente a un aumento de ocupación asalariada femenina (0,4%).

Las personas que perdieron su categoría de asalariado dieron, muy probablemente, origen al aumento de ocupación por cuenta propia (10,5%) y empleadores (40,5%), es decir, actividades laborales independientes.

Tabla 5.7: Ocupados por categoría de ocupación en la región de Aysén, en el trimestre móvil julio-septiembre de 2018.

	Total			Hombres		Mujeres	
Categoría en la Ocupación	Cant (miles)	Incidencia	Var 12 meses	Cant (miles)	Var 12 meses	Cant (miles)	Var 12 meses
Empleadores	3,18	5,2%	40,5%	2,20	52,4%	0,98	19,6%
Cuenta Propia	16,78	27,2%	10,5%	10,79	23,8%	5,99	-7,4%
Asalariados (Sec. Privado)	24,04	38,9%	-9,0%	15,26	-14,0%	8,78	-0,6%
Asalariados (Sec. Público)	14,34	23,2%	-7,6%	7,03	-15,7%	7,30	-0,7%
Total Asalariados	38,37	3,5%	-8,5%	22,29	-14,0%	16,08	0,4%
Personal de servicio	1,28	3,5%	-9,1%	0,00	-	2,17	-9,1%
TOTAL	61,78	100,0%	-1,7%	35,72	-2,5%	26,06	-0,6%

Fuente: Ref 4.

5.3 Relieve

En esta región el alineamiento principal de la Cordillera de los Andes (denominada aquí Cordillera Patagónica) se encuentra desplazado hacia el oeste, ocupando el centro del territorio. En este contexto, el modelado existente es producto de la acción combinada de una tectónica de hundimiento acompañada de intensa actividad glacial, dando como resultado un territorio abrupto y complejo, con numerosas islas, canales y fiordos. Estas formas presentan cambios notables en su desarrollo meridiano, diferenciándose aproximadamente en fajas norte-sur, las que en un perfil oeste-este, se ordenan así: Área Archipielágica, Depresión Central, Cordillera Andina, Cordones Subandinos Orientales y Relieves Planiformes Orientales (Ref. 9).

- Área Archipielágica: esta unidad física múltiple corresponde a la prolongación de la Cordillera de la Costa, la cual se presenta desmembrada en una densa red de canales y fiordos, los que enmarcan islas multiformes. Su litología corresponde fundamentalmente a rocas metamórficas y en parte a rocas intrusivas, dioríticas y graníticas. La superficie emergida es fundamentalmente rocosa, apareciendo abrupta, carente de alteración y desgastada. Las áreas depositacionales son escasas, pues la red de drenaje, muy poco desarrollada e incipiente, origina sólo algunos depósitos reducidos en las desembocaduras, así como planos cenagosos.

- Depresión Central: Corresponde estructuralmente a la continuación de la Depresión Intermedia de Chile Central, aun cuando su carácter morfológico es diferente dado que, en su mayor parte, se encuentra bajo el nivel del mar. A esta unidad pertenece el ancho canal Moraleda y el golfo Elefantes. Sus secciones emergidas corresponden a islas de baja altura y al puente sedimentario del istmo de Ofqui.

- Cordillera Andina: aparece como la unidad más importante y de mayor magnitud, revistiendo un carácter tanto continental como insular. Su constitución litológica es esencialmente un cuerpo granítico asociado con rocas metamórficas. Su topografía es abrupta, con grandes desniveles salvados por estrechas gargantas o por cascadas, así como escasos y reducidos planos depositacionales intermontanos. Presenta grandes sectores cubiertos por hielo, el cual afluye en forma de glaciares hacia las partes más bajas. Al sur del río Aysén, donde las cumbres se elevan más, estás presentan mayor extensión y continuidad. Los más importantes son el Campo de Hielo de San Valentín o Norte, donde se encuentra la cumbre más alta de la región, el monte San Valentín con 4.058 m, y el Campo de Hielo Sur. Ambos ocupan en la región un área de 8.235 km^2. El edificio andino está jalonado por una cadena de grandes volcanes que, por lo general, presentan glaciares en sus cumbres. Sus productos han rellenado los valles aledaños y nubes de ceniza han cubierto el área centro-oriental de esta región, favoreciendo el desarrollo de suelos.

- Cordones Subandinos Orientales: Del macizo andino se desprende hacia el este una serie de cordones transversales, los cuales aparecen alternados con valles de sobreexcavación glacial. Estos cordones se imbrican con los extremos occidentales de los relieves pampeanos, constituyendo una franja de transición. Están compuestos, principalmente, por rocas volcánicas a las que se superponen capas de rocas sedimentarias, generando relieves de tipo cuestas y mesetas. Por esta razón, las laderas presentan tanto pendientes fuertes como suaves en frentes y dorsos de cuestas respectivamente. Aquí se desarrollan los valles más amplios y que poseen un relleno sedimentario más profundo, presentando en su superficie una serie de formas de diversos orígenes.

- Relieves Planiformes Orientales: Se presentan en forma discontinua en la parte fronteriza de la región. Hay cuatro áreas principales separadas por cordones montañosos bajos: Alto Río Cisnes, Ñireguao, Coyhaique Alto y Balmaceda. Son planos depositacionales de topografía tabular y lomajes. En estas superficies se han generado, derivado de condiciones locales de mal drenaje, lugares pantanosos que reciben el nombre de mallines.

5.4 Clima

5.4.1 Clima a nivel regional

La región recibe durante todo el año una fuerte influencia del frente polar que se sitúa sobre ella; las perturbaciones asociadas a éste imparten una característica marítima a toda el área occidental del macizo andino, característica que deriva en una progresiva continentalidad en la vertiente oriental. Pueden diferenciarse cuatro tipos climáticos principales: Templado Frío Lluvioso, Continental Trasandino con Degradación Esteparia, de Estepa Frío y de Hielo por Efecto de Altura, de acuerdo a la clasificación climática de Koeppen.

- Clima Templado Frío Lluvioso (Cfb): en el área insular y vertiente occidental andina continúa el desarrollo de los climas que han venido presentándose latitudinalmente a través del país. Se caracteriza por una pluviosidad elevada y uniforme, por una temperatura media anual que fluctúa entre 7°C y 9°C y por una baja amplitud térmica, propia de su maritimidad.

- Clima Continental Transandino con Degeneración Esteparia (Cfc): el clima desarrollado en la vertiente oriental del macizo andino es una paulatina transición hacia el clima de estepa frío. La pluviosidad va decreciendo hacia el oriente, presentándose entre 2.000 mm y 600 mm anuales aproximadamente, con fluctuaciones estacionales que se agudizan gradualmente. Las temperaturas medias anuales varían alrededor de los 9°C, con un aumento de amplitud térmica. Durante el invierno, las temperaturas bajan sistemáticamente de 0°C, siendo por ello frecuentes las nevadas. En el verano, las altas temperaturas, que debieran presentarse por efecto de la continentalidad, son atenuadas por vientos de gran fuerza que soplan desde la cordillera.

- Clima de Estepa Frío (BSk): más al oriente y en forma fraccionada se presenta este clima, el cual se caracteriza por su sequedad, ya que las precipitaciones presentan montos bajo los 600 mm al año, con una marcada estación seca. La temperatura media anual desciende alrededor de 6°C y la amplitud térmica se agudiza.

- Clima de Hielo por Efecto de Altura (EFH): Es difícil de definir la extensión que domina este tipo climático, se presenta discontinuo en las cumbres sometidas a glaciación y campos de hielo de la Cordillera de los Andes, la temperatura media no sobrepasa los 0°C, por lo tanto, las precipitaciones son constantemente sólidas.

En la Tabla 5.8 y la Tabla 5.9 se muestran las temperaturas y precipitaciones medias mensuales en estaciones meteorológicas representativas de las 5 cuencas del estudio (Ref. 4).

Tabla 5.8: Temperaturas medias mensuales en la región de Aysén.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Río Cisnes	11,8	10,4	8,9	6,0	3,5	0,2	0,5	0,8	2,9	6,4	9,0	10,5
Coyhaique	13,7	13,1	11,2	8,3	5,3	2,9	2,1	4,9	5,7	8,2	10,8	12,3
San Pedro	12,0	12,3	10,8	9,4	8,1	6,5	6,0	5,9	6,9	7,6	9,4	10,8

Fuente: Ref 6.

Tabla 5.9: Precipitaciones medias mensuales en la región de Aysén.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pto. Puyuhuapi	240	189	212	278	413	408	443	417	325	246	215	229
Puerto Aysén	204	170	191	232	327	260	300	314	222	181	187	210

Fuente: Ref 6.

5.4.2 Clima a nivel de cuenca

5.4.2.1 Cuenca del río Palena

Esta cuenca presenta cuatro ecorregiones diferentes: la zona Trasandina con Degeneración Estepárica, la Boreal Húmeda Fría (en parte de su sección media), la Templada Húmeda (en su sección media y baja) y la Tundra (Ref. 2).

La zona Trasandina con Degeneración Estepárica (Cfc) se caracteriza por una disminución de las precipitaciones hacia el oriente, desde los 1.000 mm/año hasta los 500 mm/año. El promedio de temperatura del mes más frío fluctúa entre los 3°C y los -1°C, mientras que la amplitud térmica crece a medida que nos alejamos del mar. La temperatura mínima media anual es de 4,9°C en Alto Palena. Esta estabilidad térmica es, en parte, consecuencia de los fuertes vientos fríos del oeste, influidos por los hielos acumulados en la parte alta de la cordillera.

El sector de Lago Verde está bajo las condiciones de la ecorregión Boreal Húmeda Fría (Dfk'c), donde las temperaturas más bajas pueden alcanzar los -3°C.

En esta parte de la cuenca se observa que el Lago Verde crea un microclima, por su capacidad de intercambiar calor con la atmósfera del sector, regulando las temperaturas.

La zona Templada Húmeda (Cf) está determinada por temperaturas más bien bajas, pues hay solamente cuatro meses con temperaturas medias mensuales superiores a 10°C y 2,5 meses libres de heladas. Las lluvias son abundantes, con un promedio anual de 4.248 mm.

La Tundra se observa inmediatamente sobre el límite vegetacional arbóreo. El mes más frío es julio con 4,1°C de temperatura media y el más cálido es febrero con 8,6°C. La amplitud térmica diaria es de 4°C. Todos los meses del año tienen precipitaciones superiores a 200 mm, pero ninguno sobrepasa los 271 mm/año (Cerda et al. 2015).

5.4.2.2 Cuenca del río Cisnes

Se observan en la cuenca cuatro ecorregiones diferentes: la zona Estepárica Fría (BSK'c) con tendencia seco-estival (en su sección más alta), la Templada Húmeda Intermedia (Cfk') (en su sección media), la Templada Húmeda (Dfk'c) (en su sección más baja) y la Tundra (sobre el límite vegetacional arbóreo).

La ecorregión Estepárica Fría con tendencia seco-estival se caracteriza por un clima seco, propio de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes. Las precipitaciones se distribuyen de manera uniforme durante todo el año. Presenta sectores con mayor precipitación, cercana a los 400 mm (en algunas partes se alcanzan los 700 mm/año). La temperatura media anual no supera los 10°C, con inviernos muy fríos y precipitaciones en forma de nieve frecuentes entre mayo y agosto. Los territorios cubiertos por esta ecorregión, son azotados por fuertes vientos en los meses de primavera y verano.

En la ecorregión Templada Húmeda Intermedia la temperatura media estival se encuentra entre 12 y 14°C, en tanto que el rigor invernal presenta temperaturas medias entre 2 °C y 3°C, con heladas recurrentes y nevadas poco persistentes. En los valles intermontanos la precipitación alcanza los 1.300 mm/año, con dos o tres meses de déficit hídrico. En los sectores con microclima, la precipitación disminuye a 900 mm/año y el déficit hídrico se extiende por tres meses.

La ecorregión Templada Húmeda se caracteriza por presentar altos niveles de precipitación, que fluctúan entre los 2.000mm/año y los 4.000 mm/año. La fuerte influencia oceánica suaviza las oscilaciones diarias y anuales de temperatura. En enero, esta fluctúa entre los 10 °C y los 13°C; en tanto que en julio se mueve entre los 4 °C y 7°C.

Tal como el caso de la cuenca del Palena, la Tundra (ET) se observa inmediatamente sobre el límite vegetacional arbóreo. El mes más frío es julio con 4,1°C de temperatura media y el más cálido es febrero con 8,6°C. La amplitud térmica diaria es de 4°C. Todos los meses del año tienen precipitaciones superiores a 200 mm, pero ninguno sobrepasa los 271 mm/año (Cerda et al. 2015).

5.4.2.3 Cuenca del río Aysén

El clima característico de la cuenca, es el clima frío oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y mucha humedad. Las características del relieve provocan una diferencia de climas en el sector oriental, formado por islas y archipiélagos, y en el sector oriental de la cordillera Patagónica (DGA 2004).

En el sector costero de la cuenca, las precipitaciones promedio anual fluctúan entre los 3.000 mm y 4.000 mm, las temperaturas son muy bajas con una media anual de 8 °C a 9°C; las diferencias estacionales son reducidas. El sector centro-este de la cuenca, representado por Coyhaique y Valle Simpson, está influenciado por el clima de estepa fría que se presenta en la vertiente oriental de los Andes de la región de Aysén. El efecto de la "sombra de lluvia" tiene un rol importante en este sector, y los valores de las precipitaciones anuales bajan desde 1.385 mm en Coyhaique hasta 400-600 mm anuales en la frontera con Argentina. Las temperaturas son generalmente bajas siendo enero el de temperaturas más altas y julio más bajas, de esta manera las temperaturas medias fluctúan entre 12°C y 14°C en enero y baja entre 2°C y 3°C en julio.

Existen unos sectores adyacentes a la frontera con Argentina que son considerados estepa fría, mostrando una temperatura media anual de 5-6°C, e inviernos helados con temperatura alrededor de -10°C. En los sectores más fríos de la estepa, el período de receso vegetativo puede superar nueve meses por año.

5.4.2.4 Cuenca del río Baker

Se pueden distinguir dentro de la cuenca los siguientes climas: clima templado frío de costa occidental con máximo invernal de lluvias (Cfb); clima continental trasandino con degeneración esteparia (Cfc); Clima frío de altura o de hielos (EFH) y clima de estepa frío (BSk).

El clima templado frío de costa occidental con máximo invernal de lluvias (Cfb), se caracteriza por poseer precipitaciones durante todo el año en donde los máximos totales anuales bordean los 4.000 mm, aunque el período más lluvioso continúa siendo de mayo a agosto, donde cae el 45% del total anual.

Las temperaturas disminuyen la latitud, pero la influencia marítima, reforzada por la acción de los vientos, hace que no sean extremadamente bajas. Las temperaturas medias de los meses más fríos, raramente descienden de 4 °C. Por los mismos motivos, las amplitudes térmicas no son muy elevadas; la amplitud térmica anual en Aysén es inferior 10 °C, en tanto la amplitud diaria varía a través del año entre 5 °C y 7 °C (DMC 2008).

El clima continental trasandino con degeneración esteparia posee un régimen pluviométrico reducido, ya que las máximas cantidades de precipitación que traen los sistemas frontales, se presentan en la ladera occidental y zonas altas de la cordillera patagónica. Los totales anuales llegan sólo a 730 mm en Cochrane, en el sector sur de esta zona climática. El período más lluvioso es mayo a agosto, donde llueve cerca del 50% del total anual y por las bajas temperaturas invernales, estas precipitaciones son principalmente nivosas.

La continentalidad de la zona se manifiesta en una disminución general de las temperaturas y un incremento de las amplitudes térmicas. La diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el más frío es del orden de 12 °C y las diferencias entre las máximas y mínimas diarias, varía en torno a los 8 °C a 10 °C a lo largo del año y las temperaturas medias son 1 °C a 2 °C inferiores a las del clima de la zona más occidental en la misma región.

El clima frío de altura o de hielos corresponde a las zonas de los Campos de Hielo ubicadas sobre los 800 m de altitud, es decir a las partes más altas de la cordillera Patagónica, donde la altitud hace que existan temperaturas lo suficientemente bajas para mantener hielos eternos. La zona con este clima, se ubica también en una región de altas cantidades de precipitación, en especial en las laderas montañosas que descienden hacia el Pacífico o a zona de los Canales (DMC 2008).

Según la Dirección Meteorológica de Chile (2008), los registros meteorológicos disponibles de estos campos de hielo son altamente insuficientes para caracterizar representativamente este clima, pero se estima que las temperaturas medias deben ser ligeramente inferiores a 0 °C.

Las temperaturas máximas medias deben superar los 0 °C sólo en los meses de verano, en cambio las mínimas medias deben ser inferiores a 0 °C todo el año y muy bajas en invierno, para tener la condición de hielos eternos.

Por último, con respecto al clima de estepa frío éste corresponde al sector más oriental de la región, contiguo a la frontera, desde el río Cisnes hasta el sur de Cochrane y al oriente de la zona de clima transandino con degeneración estepárica. Aquí las precipitaciones disminuyen más aún, apareciendo algunos meses secos, es decir con totales mensuales de agua caída inferior 40 mm. Esta disminución se manifiesta en un aumento en la fracción del total anual que precipita en los cuatro meses más lluviosos, que son mayo a agosto, donde nuevamente llueve entre el 55% y el 62% del total anual y con casi exclusivamente de carácter nivoso (DMC 2008). Las temperaturas son menores que las de los climas del oeste, mostrando valores medios anuales de 6 °C a 9 °C.

5.4.2.5 Cuenca del río Pascua

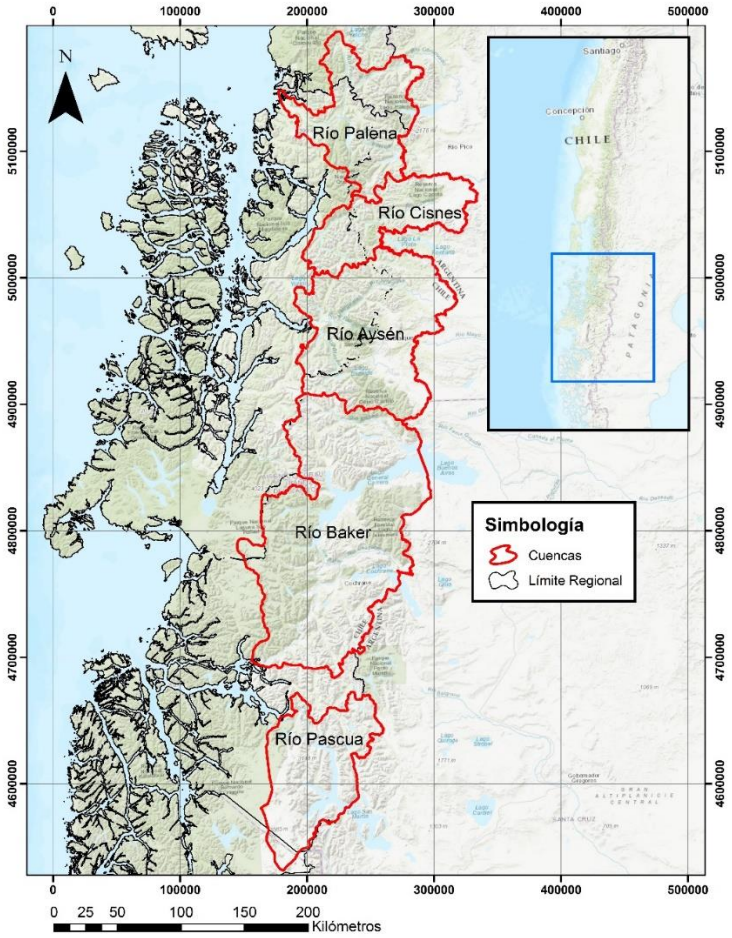
Dentro de esta cuenca predomina el clima definido como Dominio Boreal Húmedo (Dfk'c) que se caracteriza por presentar precipitaciones homogéneas repartidas durante todo el año, pero durante el invierno se produce principalmente como nieve, lo que causa un extremo receso en invierno.

5.5 Hidrografía

5.5.1 Generalidades

El sector del estudio corresponde a las cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, que cubren gran parte del territorio continental de la región de Aysén. Estas cuencas, considerando sólo aquella parte que forma parte del territorio nacional, se muestran en la Figura 5.5.

Figura 5.5: Cuencas de la zona de estudio - sector chileno.



Fuente: Elaboración propia.

Estas cuencas presentan una característica poco usual para los ríos chilenos. En efecto, gran parte de la frontera oriental de Chile fue definida mediante los criterios de divisorias de aguas, según si tenían su desembocadura en el océano Pacífico (Chile) o Atlántico (Argentina) por lo que las cuencas hídricas de la gran mayoría de los ríos chilenos se encuentran dentro del territorio nacional.

Dado que la frontera oriental de Chile en la región de Aysén no fue definida mayormente mediante el criterio señalado más arriba, parte considerable de las cuencas a estudiar se encuentran en territorio argentino. Esto es manifiesto en los grandes lagos andinos binacionales, como son los lagos:

- Palena/General Vintter
- General Carrera/Buenos Aires
- Cochrane/Pueyrredón
- O'Higgins/San Martín

Otro ejemplo lo constituye el río Pico, afluente del río Palena a través del río Figueroa, del lago Rosselot y del río Rosselot, cuya cuenca se extiende hasta sectores ubicados a más de 60 km al este de la frontera. En la Tabla 5.10 se muestran las áreas de las cuencas del estudio, considerando las zonas ubicadas tanto en Chile como en Argentina.

Tabla 5.10: Áreas de las cuencas del sector en estudio.

CUENCA	ÁREA (km²)		
	CHILE	ARGENTINA	TOTAL
Palena	7.153	5.938	13.091
Cisnes	5.440	-	5.440
Aysén	11.456	613	12.068
Baker	20.945	5.906	26.851
Pascua	7.590	7.279	14.869

Fuente: Elaboración propia.

5.5.2 Río Palena

El río Palena nace en la ribera oriental del lago Palena, con el nombre de río Carrenleufú o Corcovado, como desagüe del lago Palena, llamado Vintter en el territorio argentino, a una cota de 930 msnm y con un caudal medio de 25,7 m³/s.

Luego de recorrer unos 130 km en territorio argentino, el río Carrenleufú ingresa a territorio chileno a unos 6 km al noreste de la localidad de Palena, en la región de los Lagos, parando a tomar el nombre de río Palena. Sus principales afluentes en territorio argentino son los ríos Huemul, Encuentro y Hielo. El caudal medio estimado del Carrenleufú antes de la descarga del río Encuentro, en la frontera, es de 94 m³/s.

Un afluente del Palena, cuyo nacimiento se encuentra en Argentina, es el río Engaño, que tiene su origen en las Lagunas del Engaño, y tras un recorrido de unos 18 km en dirección noroeste pasa a territorio chileno, donde se pasa a llamar Tigre o El Salto. El caudal medio de este cauce es de 15,67 m³/s, de acuerdo con la información del período 2001-2016 de la estación fluviométrica de la DGA Río Tigre en la Frontera.

Otro caso similar al del río Engaño es el río Pico, que nace en territorio argentino, como desagüe de la laguna de Rocha o Tremenhuau, ubicada a unos 60 km al este de la frontera internacional. Tras fluir inicialmente hacia el este, el río Pico cambia de dirección de flujo, en dirección oeste, recibiendo el aporte de varios cursos menores, entre ellos los desagües de los 5 lagos Pico, y el río Las Pampas. Al cruzar la frontera este cauce toma el nombre de río Figueroa, afluente del lago Rosselot.

Las cuencas de los ríos Carrenleufú, Engaño y Pico tienen un área de 3.173,8 km², 319,8 km² y 2444,2 km², respectivamente (Ref. 10).

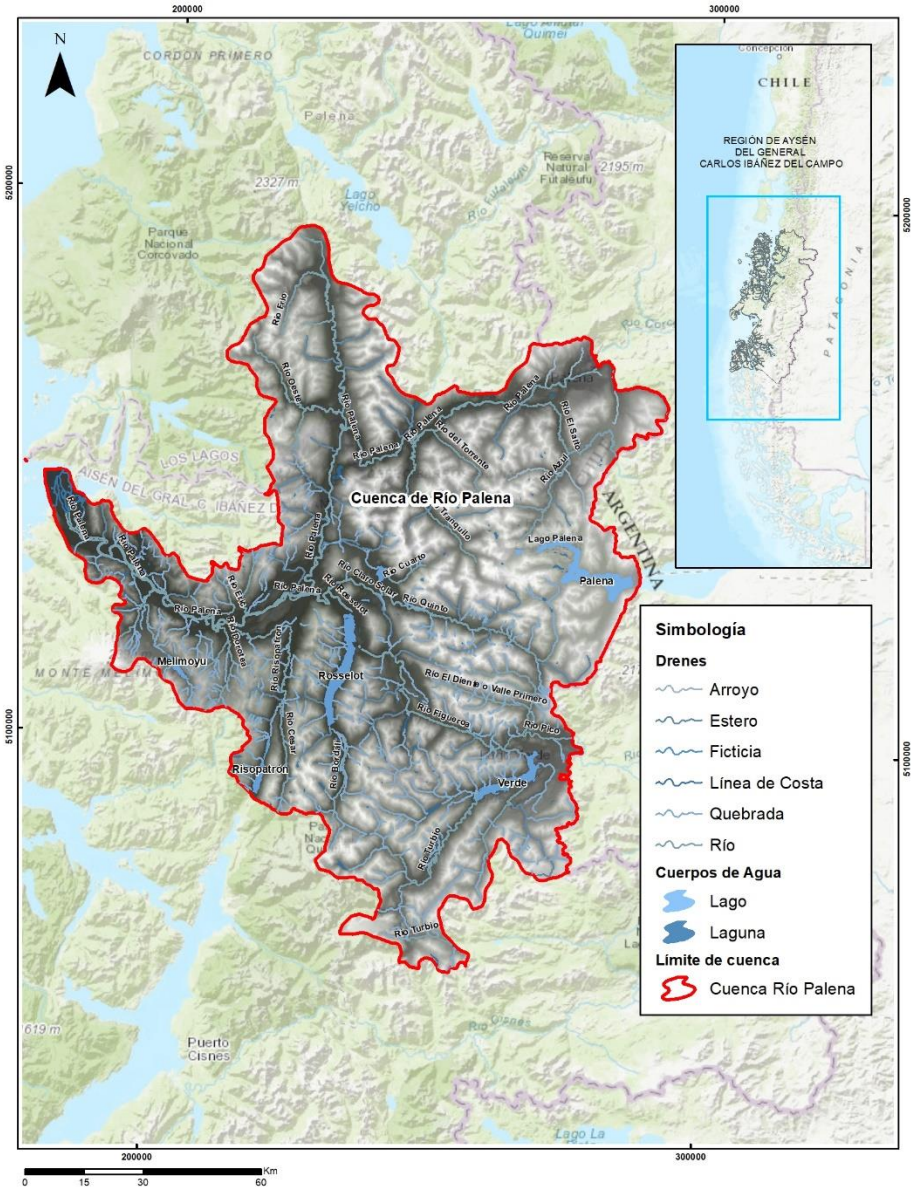
Una vez en territorio chileno, el río Palena tiene por alrededor de 60 km un curso este-oeste, hasta el sector del de la descarga del río Frío, en el límite entre las regiones de los Lagos y de Aysén. En ese primer tramo, los principales afluentes del Palena son los ríos El Salto, Tranquilo y el ya mencionado río Frío. El sector chileno de la cuenca se muestra en la Figura 5.6.

En la región de Aysén, el río Palena tiene un curso general norte-sur de unos 35 km, hasta el sector de La Junta, donde recibe la descarga del río Rosselot, volviendo a tomar un curso hacia el oeste, primero, y hacia el noroeste, luego, de unos 65 km, hasta desembocar en el mar en el golfo de Corcovado, en las proximidades de la localidad de Raúl Marín Balmaceda.

La cuenca del río Palena tiene un área total, en territorio chileno, de las regiones de los Lagos y de Aysén, de 7.153 km² (Ref. 11), que se descompone en las siguientes subcuencas, definidas por la DGA:

- Lago Palena (BNA 1101): 347 km².
- Río Palena entre frontera y río Rosselot (BNA 1102): 2.674,2 km².
- Río Rosselot (BNA 1103): 2.852,6 km².
- Río Palena Bajo (BNA 1104): 1.279,2 km².

Figura 5.6: Cuenca del río Palena - sector chileno.



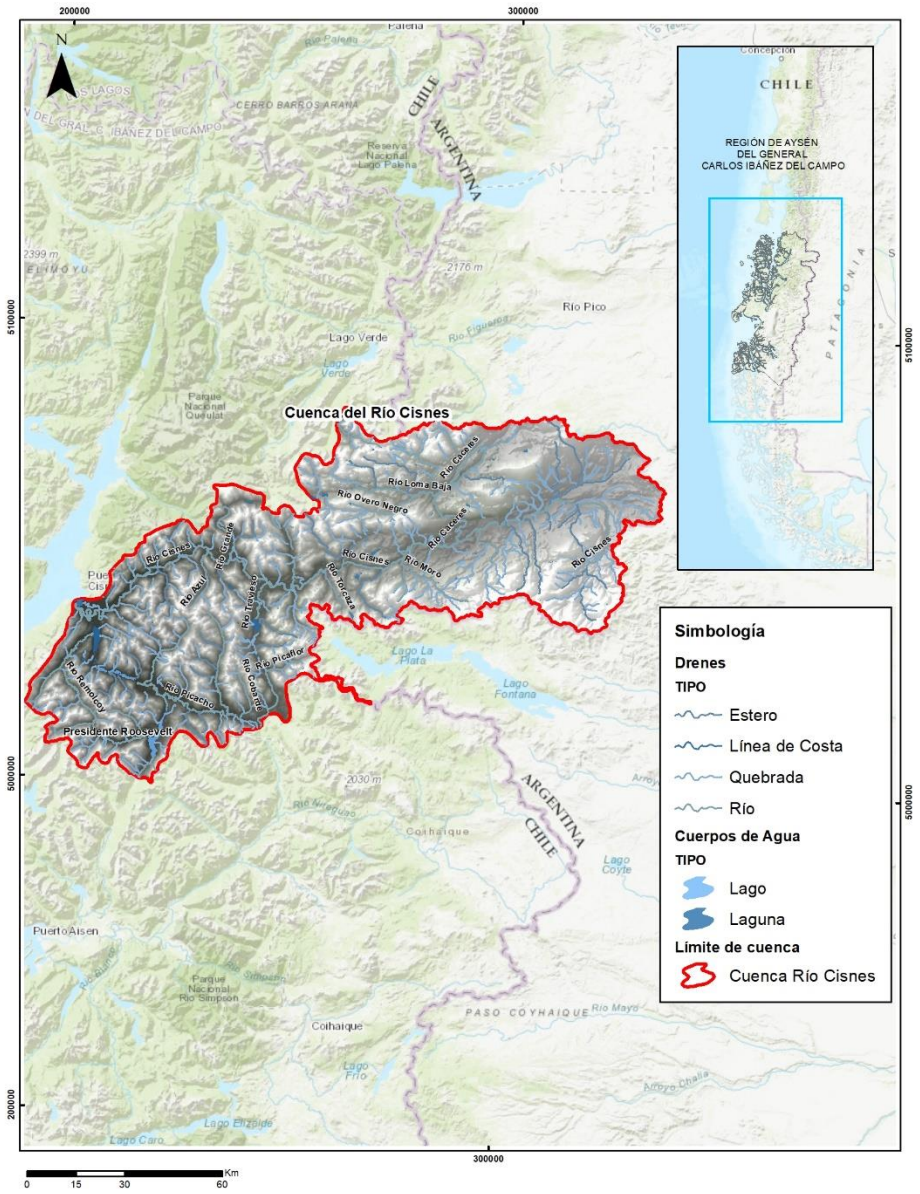
Fuente: Elaboración propia.

El caudal medio medido en la estación fluviométrica Río Palena bajo junta Rosselot es de 821 m³/s durante el período 1999-2017, considerando años con al menos 6 datos de caudales medios mensuales, calculados con más de 10 días con información fluviométrica al mes.

5.5.3 Río Cisnes

El río Cisnes es el único de los 5 cursos de agua estudiados que fluye totalmente en territorio chileno. Nace a escasa distancia de la frontera internacional, que en este sector está definido por el límite de la cuenca del Cisnes y se muestra en la Figura 5.7.

Figura 5.7: Cuenca del río Cisnes.



Fuente: Elaboración propia.

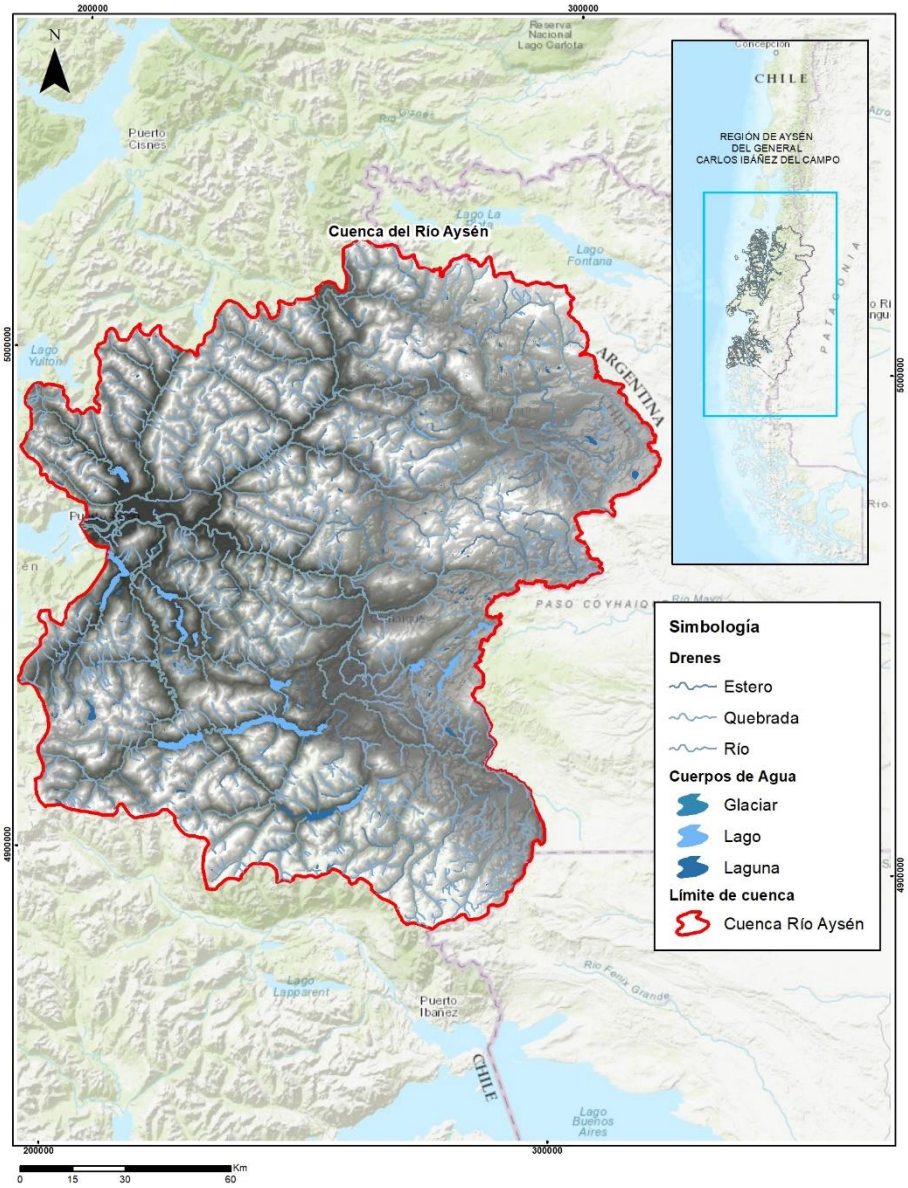
Luego de fluir inicialmente en dirección noreste y luego norte por unos 25 km, en el sector de Puerto Los Morros tuerce su curso hacia el oeste. Tras un recorrido de unos 130 km en dirección general oeste y recibir los aportes de los ríos Cáceres, Moro, Pedregoso, Grande y el desagüe de la laguna Escondida, desemboca en el mar en el sector de Puerto Cisnes.

La cuenca del río Cisnes (BNA 1114) tiene un área de 5.439,6 km² (Ref. 11). El caudal medio medido en la estación fluviométrica Río Cisnes en Puerto Cisnes es de 217 m³/s durante el período 2001-2014, considerando años con al menos 6 datos de caudales medios mensuales, calculados con más de 10 días con información fluviométrica al mes.

5.5.4 Río Aysén

El río Aysén se forma por la confluencia de los ríos Simpson y Mañihuales, en el sector de la Figura 5.8.

Figura 5.8: Cuenca del río Aysén - sector chileno.



Fuente: Elaboración propia.

El río Simpson nace en el sector de la meseta de Guenguel, en territorio argentino, fluyendo en dirección norte, recibiendo el aporte del río Huemules y cambiando su dirección hacia el noroeste y pasando a formar la frontera internacional. A unos 9 km al noroeste de Balmaceda recibe la descarga del río de la Galera, cuyo curso final también forma parte del límite con Argentina. El sector argentino de la cuenca del Simpson tiene un área de 612,7 km^2 (Ref. 12).

Ya en territorio chileno, el río Simpson recorre unos 40 km en dirección noroeste, para luego continuar hacia el norte por unos 20 km, hasta el sector de Coyhaique. A 9 km al noroeste de esta ciudad, el Simpson recibe la descarga del río Baguales, tomando el flujo dirección noroeste por unos 30 km, hasta la confluencia con el río Mañihuales. El río Simpson cuenta con numerosos afluentes, tales como los ríos Coyhaique, Oscuro, Blanco Chico, Blanco Este y Claro.

Este último nace en el sector de Campo Grande, a unos 70 km al norte de Coyhaique, y fluye en dirección suroeste en un curso de unos 75 km de longitud, recibiendo el aporte de varios afluentes, como los ríos Ñirehuao y Emperador Guillermo.

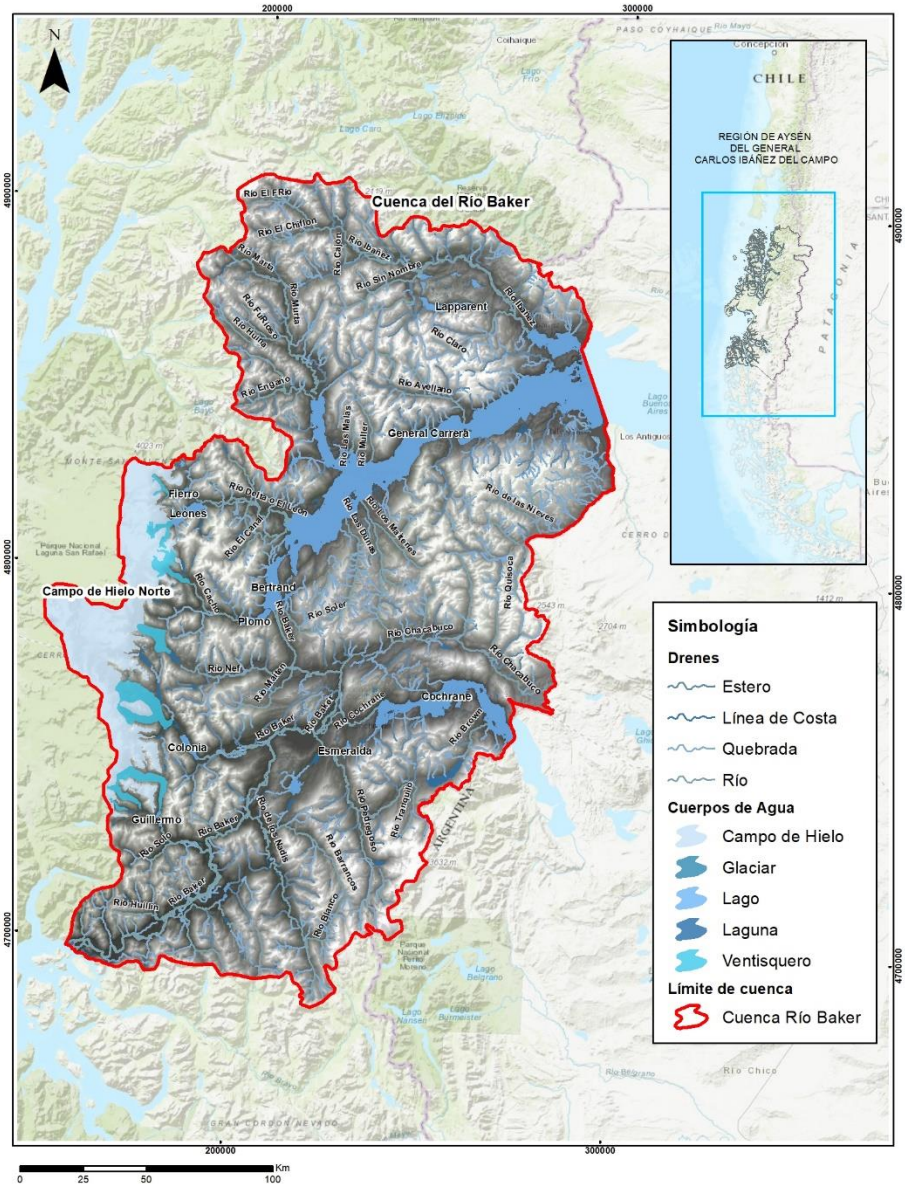
Tras la confluencia de los ríos Simpson, el río Aysén recibe la descarga de los ríos Blanco y Pangal.

La cuenca del río Aysén (BNA 113) tiene un área de 11.455,7 km^2 en territorio nacional (Ref. 11). El caudal medio medido en la estación fluviométrica Río Aysén en Puerto Aysén es de 521 m^3/s durante el período 2010-2018, considerando años con al menos 6 datos de caudales medios mensuales, calculados con más de 10 días con información fluviométrica al mes.

5.5.5 Río Baker

El río Baker nace como descarga del lago Bertrand, el cual a su vez es el desagüe del lago General Carrera, el mayor de Chile, con 1.047,5 km2 de superficie, y el segundo más extenso de América del Sur, considerando su sector argentino, donde toma el nombre de Buenos Aires (841 km2). Su cuenca, en el sector chileno, se muestra en la Figura 5.9.

Figura 5.9: Cuenca del río Baker - sector chileno.



Fuente: Elaboración propia.

Los principales tributarios en el sector argentino son el río Los Antiguos y los arroyos Pallavicini y Victoria; la cuenca de este sector tiene un área de 4.083 km^2 (Ref. 13). En la zona fronteriza el afluente más importante es el río Jeinimeni, que conforma el límite internacional en su tramo final, de unos 50 km de longitud.

Los principales afluentes del lago General Carrera, en territorio chileno, son los ríos Ibáñez, Murta, Brown, Aserradero Quemado y Las Dunas.

El primer tramo del río Baker tiene unos 18 km de longitud, en dirección al sur, en cuyo término recibe desde el oeste la descarga del río Nef. El curso del Baker continúa por unos 14 km hacia el este, hasta la descarga del río Chacabuco, tomando dirección hacia el sur y suroeste por alrededor de 15 km, hasta la descarga del río Cochrane, que desagua el lago homónimo.

El lago Cochrane tiene aproximadamente 320 km² de área, de los que 175 km² se encuentran en Chile y el resto en territorio argentino, donde toma el nombre de lago Pueyrredón. En el extremo sureste de este último se encuentra el lago Posadas, de 41 km² de área, separado del Pueyrredón, del que es tributario, por un delgado depósito morrénico frontal, de 3,5 km de longitud y unos 200 m de ancho medio. Los principales afluentes de los lagos Pueyrredón y Posadas son los ríos Oro, Tarde y Furioso. La cuenca del lago Cochrane ubicada en territorio argentino tiene 1.822,7 km² de área (Ref. 13).

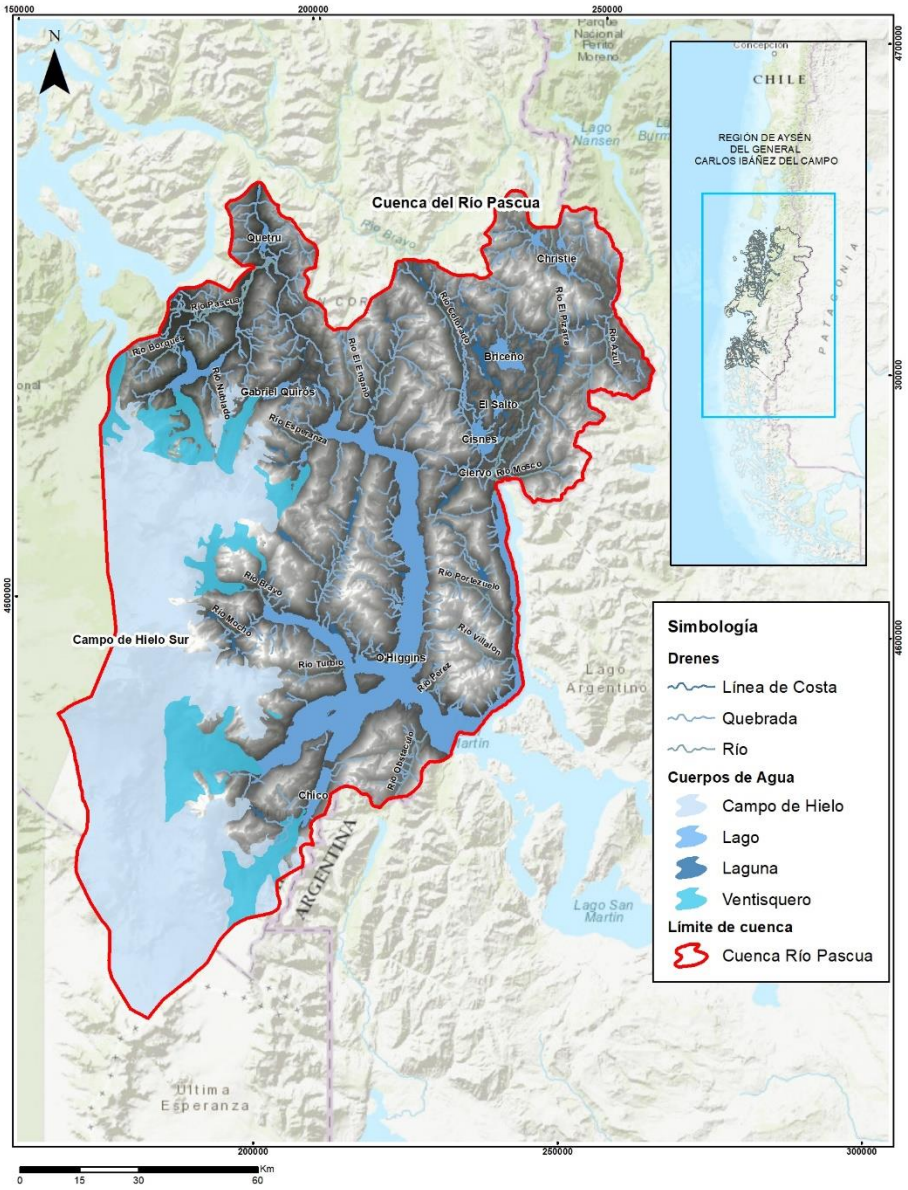
Tras la descarga del río Cochrane, el Baker continúa en dirección general sudoeste por un tramo de su curso de unos 120 km de longitud, hasta desembocar en el mar en el sector de Tortel. En ese tramo final, el río Baker recibe los aportes de numerosos afluentes caudalosos, como son los ríos Pedregoso, Colonia, Ñadis y Ventisquero.

La cuenca del río Baker en el sector chileno (BNA 115) tiene un área de 20.945,0 km² (Ref. 11). El caudal medio medido, considerando años con al menos 6 datos de caudales medios mensuales, calculados con más de 10 días con información fluviométrica al mes, en las estaciones fluviométricas de Río Cochrane en Cochrane (1985-2018, con años faltantes), Río Baker en desagüe Lago Bertrand (2003-2018) y Río Baker bajo Ñadis (2003-2016) es de 16 m³/s, 574 m³/s y 963 m³/s, respectivamente.

5.5.6 Río Pascua

El río Pascua nace en el sector noroeste del lago O'Higgins, del cual es desagüe. Este lago tiene una superficie total de 1.071 km², de los cuales 554 km² se encuentran en territorio chileno y 517 km² en Argentina, donde toma el nombre de San Martín. Su cuenca, en el sector chileno, se muestra en la Figura 5.10.

Figura 5.10: Cuenca del río Pascua - sector chileno.



Fuente: Elaboración propia.

El principal afluente del lago O'Higgins es el río Mayer, que desemboca en el sector de Villa O'Higgins. Este cauce nace a unos 35 km al este de Villa O'Higgins, en territorio argentino, siguiendo su cauce una dirección noroeste, hasta cruzar la frontera en el sector de La Baranda, a 35 km al noroeste de Villa O'Higgins. En este primer tramo, de unos 40 km de longitud, el Mayer recibe el aporte de los ríos Carbón, Tucu Tucu, Potrancas y el Carrera, que desagua el lago Belgrano. Por su parte, el lago San Martín recibe la descarga de los ríos Caracoles, Tar y Meseta. Las subcuencas del río Pascua, a través del lago O'Higgins, que se encuentran en territorio argentino tienen un área total de 7.279 km^2, que se descomponen en 4.037 km^2 para el lago San Martín y 3.242 km^2 para el río Mayer (Ref. 14).

El río Pascua, en su curso inicial, se dirige hacia el norte a lo largo de 2 km en un tramo con numerosos rápidos, que descarga en forma de una catarata en el lago Chico, de unos 5 km de longitud, con eje en dirección sudeste-noroeste, continuado el Pascua su descenso brusco a lo largo de unos 2 km, hasta recibir el aporte del río Quiroz y tomar dirección hacia el norte en un tramo de baja pendiente. En el sector del lago Quetru, donde recibe la descarga de su drenaje, el Pascua toma dirección sudoeste por unos 10 km, y luego hacia el oeste, por otros 12 km, desembocando en el mar en el sector de Bajo Pascua (fiordo Steele). Poco antes de desembocar, recibe el aporte del río Bórquez, que drena el ventisquero Lucía, parte del Campo de Hielo Sur.

La cuenca del río Pascua en el sector chileno (BNA 117) tiene un área de 7.589,7 km^2 (Ref. 11). El caudal medio medido, considerando años con al menos 6 datos de caudales medios mensuales, calculados con más de 10 días con información fluviométrica al mes, en la estación fluviométrica de Río Pascua antes junta río Quetru (2003-2015), es de 708 m^3/s.

5.6 Vegetación

La variedad morfológica y climática determina una gran diversidad fitogeográfica, en la medida que las especies se adaptan a la disponibilidad de agua. La vegetación hidrófila que se presenta al occidente deriva gradualmente hasta un marcado xerofitismo en las pampas orientales. Pueden diferenciarse longitudinalmente 3 biomas o formaciones vegetales, en un perfil oeste-este (Ref. 9).

- Bosque Litoral Perennifolio: Presenta una vegetación densa y rica en especies, en la cual pueden diferenciarse hasta tres estratos: arbóreo, sotobosque y herbáceo.

- El estrato arbóreo, que es el más abundante, está formado por especies perennes como el coihue, el canelo, la tepa, el tineo, entre otros; el sotobosque, por especies arborescentes como el fuinque, el arrayán, y otras arbustivas como la quita y el chilco. Bosque Trasandino Caducifolio: Este es un monte puro formado por la lenga, como único componente arbóreo, salvo en las transiciones donde se mezcla con el ñirre y el coihue. El estrato intermedio se compone de arbustos como el calafate y el maitencillo.

- Bioma Herbáceo Estepario: Es una formación xerófila compuesta por plantas herbáceas perennes y algunos arbustos dispersos. La especie más representativas es el coirón, luego las semi-arbustivas como el neneo o mata barrosa y las herbáceas como el caldillo y la pimpinela. Esta cobertura vegetacional es una de las más degradadas del territorio nacional; el frágil ecosistema aysenino ha recibido grandes impactos que provocaron daños irreparables en numerosas áreas.

6 DESCRIPCIÓN AGROPECUARIA

La región de Aysén posee condiciones particulares y variadas de topografía y clima, que dificultan el desarrollo de la actividad agrícola. Sin embargo, en algunos sectores con microclima, como la cuenca del Lago General Carrera, ha sido posible el desarrollo de cultivos.

Los dos principales usos de la superficie regional corresponden a plantaciones forestales y plantas forrajeras, cerca del 98% de la superficie.

Por otro lado, el rubro hortalicero está presente en casi todas las explotaciones de pequeños y medianos productores y su destino principal es el autoconsumo, aunque hay venta a supermercados, ferias, restoranes, almacenes u otros. Los productos producidos en la región no satisfacen la demanda interna por lo tanto la mayor parte de las hortalizas provienen de la zona central del país (70%)

En relación a la fruticultura esta se ha desarrollado principalmente en el sector de la cuenca del lago General Carrera con cultivos de cerezo, ciruelo, manzano, damasco entre otros. El microclima que genera el lago con bajas precipitaciones y temperaturas máximas más altas de la región junto con suelos planos y dotados de riego permiten el desarrollo comercial de hortalizas y frutales. Las localidades de Chile Chico, Bahía Jara, Fachinal, Puerto Ibáñez y Levicán poseen las mejores condiciones para el desarrollo de frutales mayores

En estudios sobre el potencial frutícola regional se identifican cinco especies de frutales y los principales sectores para ser desarrollados. El estudio establece las superficies potenciales para arándanos con una superficie potencial de 366.628 ha., cerezos con 463.300 ha, frambuesa con 3.120.513 ha, frutilla con 290.340 ha y nogal con 97.630 ha. La zona más favorable en cuanto a clima y suelo corresponde a la cuenca del río Palena, en los sectores de Lago Verde y La Junta. También se mencionan los sectores de Mañihuales, Puerto Aysén, La Tapera, Puerto Cisnes, Puerto Ibáñez, Chile Chico y Coyhaique, pero con ciertas limitaciones. (Ref. 15)

En relación a la cuencas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Baker y Pascua, el Estudio Básico Diagnostico para Desarrollar plan de riego en la región de Aysén (Ref. 16) señala que la principal actividad productiva de la cuenca del Río Palena es la actividad forestal que se desarrolla desde la localidad de La Junta hasta Lago Verde, luego se encuentra la actividad ganadera, especialmente bovina y ganadería mixta (bovino y ovino) desarrollándose en terrazas y lomajes con pradera, con bosque, con bosque asociado a matorral y con pradera asociada a matorral. En la cuenca del Rio Cisnes la crianza de ganado bovino y ovino se desarrolla en lomajes con bosque, bosque asociado a matorral y bosque achaparrado. La mayor superficie donde se desarrolla esta actividad son Villa La Tapera, Lomas Bajas y Cisnes Medio, seguidos por Lago Presidente Roosevelt y Puerto Cisnes.

En la cuenca del Rio Aysen, especialmente en la comuna de se desarrollan cultivos de cereales, chacras, hortalizas y plantas forrajeras. La ganadería, bovina y mixta, está presente en los sectores de Mano Negra, Balmaceda, Mañihuales, Aysén, lagos Pollux, Frío, Castor y Thompson, Ñirehuao, Cerro Galera, El Blanco, Coyhaique, Valle Laguna, Valle Simpson, Lago Atravesado y Lago Elizalde

Por otro lado, la actividad forestal se realiza desde Valle Cisnes, pasando por el río Cáceres, hasta Villa La Tapera.

En la cuenca del Rio Pascua principalmente se desarrolla la ganadería, bovina y ovina y en menor medida la agricultura, debido a la baja calidad de los suelos y las singularidades climáticas de la zona.

A continuación, se exponen estadísticas obtenidas desde variadas fuentes, como el VII Censo Agropecuario y Forestal 2007, del anuario forestal, estudios realizados por INE y Odepa, entre otras fuentes.

6.1 Explotaciones agropecuarias

A partir de los resultados del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal 2007 (Referencia 2), en la Tabla 6.1 se muestra que la superficie de explotaciones agrícolas corresponde a un 84,8% de la superficie censada y el 15,2% corresponde a explotaciones forestales.

En la región el número de explotaciones censadas fue de 3.991, representando el 1,32% del total país. Las explotaciones agrícolas representan el 81% de las explotaciones censadas con una superficie de 3.562.852 ha equivalentes a un 94,8% de la superficie censada en la región. El total de la superficie agropecuaria presenta actividad permanente.

A nivel de explotaciones censadas se destaca la provincia de Aysén con 1.385 explotaciones (34,7% del total regional) y Coyhaique con 1.371 (34,4% del total regional) En segundo lugar se encuentra la provincia del

General Carrera con un total de 820 (20,5% del total regional) y finalmente Capitán Prat con 415 (10,4%) explotaciones censadas.

En relación a las superficies de las explotaciones a nivel provincial, Capitán Prat cuenta con el 28,31%, General Carrera con un 26%, Coyhaique con 25,9% y Aysén con un 19,8% de la superficie. Al efectuar la razón entre superficie /explotaciones agropecuarias arroja que en la provincia de Capitán Prat en promedio cada explotación tiene una superficie de 2.574 ha seguido por General Carrera con 1.195 ha, Aysén con 918 ha y finalmente Coyhaique con 712 ha promedio.

A nivel comunal, Coyhaique 1.295 (36,5% del total regional), Aysén 549 (17% del total regional), Río Ibáñez 447 (13,8% del total regional) y Chile Chico con 328 (10,2% del total regional) son las principales comunas con el mayor número de explotaciones agropecuarias. Sin embargo, a nivel de superficie agropecuaria las comunas de Cisnes y O'Higgins ocupan el primer lugar con un 16% de la superficie regional, seguidas por Coyhaique con un 14,2% Río Ibáñez con 13,1% y Chile Chico con 12,8%.

La mayor concentración de superficie forestal se encuentra en las comunas de Aysén y Cisnes que en total cubren el 77,8% (498.084 ha) de la superficie regional.

Tabla 6.1: Número y superficie (ha) de las explotaciones censadas según provincia y comuna.

	Explotaciones censadas		Explotaciones agropecuarias						Explotaciones forestales	
			Total		Con tierra y actividad		Con tierra y temporalmente sin actividad			
	N°	Superficie	N°	Superficie	N°	Superficie	N°	Superficie	N°	Superficie
Coyhaique	1.371	973.218	1.295	922.137	1.291	922.137	0	0	76	51.081
Coyhaique	1.218	539.336	1.180	505.640	1.176	505.640	0	0	38	33.696
Lago Verde	153	433.883	115	416.497	115	416.497	0	0	38	17.386
Aysen	1.385	1.263.216	769	706.039	768	706.039	0	0	616	557.177
Aysen	898	437.569	549	133.394	548	133.394	0	0	349	304.175
Cisnes	441	765.552	215	571.642	215	571.642	0	0	226	193.910
Guaitecas	46	60.095	5	1.003	5	1.003	0	0	41	59.092
Capitán Prat	415	1.017.905	392	1.008.815	392	1.008.815	0	0	23	9.090
Cochrane	272	194.958	257	187.783	257	187.783	0	0	15	7.175
O'Higgins	83	571.380	79	569.864	79	569.864	0	0	4	1.516
Tortel	60	251.568	56	251.168	56	251.168	0	0	4	400
General Carrera	820	949.078	775	925.862	771	925.858	1	4	45	23.216
Chile Chico	351	466.489	328	457.445	327	457.441	1	4	23	9.044
Río Ibáñez	469	482.588	447	468.416	444	468.416	0	0	22	14.172
Total XI Aysen	3.991	4.203.417	3.231	3.562.852	3.222	3.562.848	1	4	760	640.565
TotalPaís	301.254	37.112.450	280.474	30.443.211	275.908	30.424.040	2.729	19.171	20.780	6.669.240

Fuente: VII Censo Agropecuario, 2007

En relación a las pequeñas y medianas explotaciones agrícolas, el estudio del INE "Las pequeñas y medianas explotaciones, VII Censo Agropecuario y Forestal 2006-2007 (Ref. 17) determino como variable de segmentación la superficie de las empresas agrícolas definiendo como:

- Explotaciones pequeñas: aquellas con superficies mayores a 1 ha y menores de 20 ha
- Explotaciones medianas: aquellas con superficies de 20 ha a menos de 100 ha.

De acuerdo a la Tabla 6.2, en la región predominan explotaciones agrícolas con tamaños superiores a 100 ha, a diferencia de otras regiones en que el tamaño es inferior a las 20 ha. El número de explotaciones menores a 20 ha representan el 19,1% luego las explotaciones entre 20 y 50 ha representan el 11,1% del total y finalmente las explotaciones con 50 a 100 has explican el 11,3% del total. El número de explotaciones con superficie superior a 100 ha corresponde a un 58,1% del total y a un 99% en términos de superficie. (Ref. 18)

Tabla 6.2: Explotaciones agrícolas según estrato de tamaño.

Región	Estrato de tamaño (ha)	Número de explotaciones	Superficie de las explotaciónes (ha)
Aysén	0 < 20	763	5.510
	≥ 20 < 50	461	15.308
	≥ 50 < 100	451	32.008
	100 y más	2.327	10.166.339
Total Región		4.002	10.219.165

Fuente: ODEPA, 2018

A partir de la definición anterior las pequeñas y medianas explotaciones representan el 42 % (1.675 explotaciones) del total de las explotaciones cubriendo una superficie de 52.826 ha. El 45% de las explotaciones corresponden a pequeñas explotaciones con un tamaño medio de 7 ha y el 54% corresponde a explotaciones medianas con un tamaño medio de 52 ha.

Según la Tabla 6.3, las comunas con el mayor número de pequeñas explotaciones son Coyhaique 41%, Aysén 21% seguido por Chile Chico 17% y Río Ibáñez 11%. El mayor número de explotaciones medianas se concentra en Coyhaique con un 51% seguido por Aysén 21% y Río Ibáñez 11%.

Tabla 6.3: Número y superficie de las explotaciones agrícolas censadas según estrato de tamaño según comuna.

Comunas	Explotaciones agropecuarias con tierra		0 < 20 ha		20 a 100 ha		100 y más ha	
	Número	Superficie	Informantes	Superficie	Informantes	Superficie	Informantes	Superficie
Coyhaique	1.176	505.640	277	2.331	391	19.426	508	483.883
Lago Verde	115	416.497	12	71	7	398	96	416.028
Aysen	548	133.394	146	978	159	8.211	243	124.205
Cisnes	215	571.642	24	191	40	2.354	151	569.097
Guaitecas	5	1.003	1	10	2	92	2	901
Cochrane	257	187.783	13	104	23	1.404	221	186.275
O'Higgins	79	569.864	14	36	4	234	61	569.594
Tortel	56	251.168	1	17	7	379	48	250.772
Chile Chico	327	145.675	118	731	45	2.327	164	142.618
Río Ibáñez	444	468.416	77	445	83	4.541	284	463.430
XI Aysen	3.222	3.251.082	683	4.915	761	39.366	1.778	3.206.802

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

6.2 Uso de suelo

El uso de suelo generalmente se agrupa en suelos de cultivo y otros suelos. Según la Tabla 6.4, la categoría suelos de cultivo representa el 0,54 % (17.461 ha) de la superficie de la región. El uso de suelo para cultivos de forrajeras permanentes y de rotación concentra el 82% de la superficie de esta categoría y el 0,44% de la región.

Tabla 6.4: Superficie regional por uso de suelo.

Uso Suelo	Región (ha)	Cultivo/Región	País (ha)	Región/País
Suelo cultivo	17.461,64	0,54%	2.045.060,79	0,85%
Cultivos anuales y permanentes	2.099,26	0,06%	1.296.394,43	0,16%
Forrajeras permanentes y de rotación	14.351,96	0,44%	395.629,91	3,63%
En barbecho y descanso	1.010,42	0,03%	353.036,45	0,29%
Otros suelos	3.233.620,85	99,46%	27.736.630,02	11,66%
Praderas Mejoradas	44.190,08	1,36%	1.055.354,01	4,19%
Praderas Naturales	581.121,66	17,87%	10.795.164,89	5,38%
Plantaciones forestales	18.479,77	0,57%	849.533,56	2,18%
Bosque nativo	1.383.373,87	42,55%	5.555.373,35	24,90%
Matorrales	349.917,41	10,76%	1.920.623,87	18,22%
Infraestructura	4.042,48	0,12%	178.054,33	2,27%
Terrenos estériles y otros no aprovechables	852.495,58	26,22%	7.382.526,01	11,55%
Total (ha)	3.251.082,49	1,00	29.781.690,81	10,92%

Fuente: ODEPA, 2018

Por otro lado, los cultivos anuales y permanentes utilizan el 12% de la superficie de esta categoría y el 0,06% de la región.

La superficie destinada a barbecho y descanso representa el 6% de la categoría y el 0,03 a nivel regional.

La comuna que concentra la mayor superficie de los usos de suelos mencionados anteriormente es Coyhaique (83%) de la superficie regional, Tabla 6.5.

Tabla 6.5: Uso suelo según suelos de cultivo por comuna (ha).

	Explotaciones agropecuarias con tierra		Suelos de cultivo			
	Número	Superficie (ha)	Cultivos anuales y permanentes (ha)	Forrajeras permanentes y de rotación (ha)	En barbecho y descanso (ha)	Total
Coyhaique	1.176	505.640,19	1.478,51	12.632,14	553,28	14.663,93
Lago Verde	115	416.496,67	89,00	109,12	5,00	203,12
Aysen	548	133.394,02	149,06	321,10	21,60	491,76
Cisnes	215	571.642,34	26,94	11,00	0,00	37,94
Guaitecas	5	1.002,70	0,00	0,00	0,00	0,00
Cochrane	257	187.783,40	40,93	150,79	79,79	271,51
O'Higgins	79	569.863,88	15,03	0,50	0,00	15,53
Tortel	56	251.167,74	0,00	0,00	138,00	138,00
Chile Chico	327	145.675,43	198,52	391,75	108,65	698,92
Río Ibáñez	444	468.416,12	101,27	735,56	104,10	940,93
XI Aysen	3.222	3.251.082,49	2.099,26	14.351,96	1.010,42	17.461,64
Total país	278.660	29.781.690,81	1.296.394,43	395.629,91	353.036,45	2.045.060,79

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

La categoría Otros suelos,

Tabla 6.6, reúne el 99%de la superficie de las explotaciones censadas, equivalentes a 3.233.620 ha. En esta categoría predomina el bosque nativo y las praderas naturales representando el 61% de la superficie de la región, con un 43% y 18% respectivamente. A nivel comunal, Cisnes y O'Higgins concentran un 18 % de la superficie sin cultivos respectivamente.

Respecto a la superficie de bosque nativo, esta representa el 43% de la superficie de la región, siendo las comunas con mayor superficie Cisnes con 392.060 ha, seguido por Lago Verde con 225.399 ha

Tabla 6.6: Uso Suelo según otros suelos por comuna (ha).

	Explotaciones agropecuarias con tierra		Praderas		Plantaciones forestales	Bosque nativo	Matorrales	Infraestructura (construcciones, caminos, embalses, etc. No incluye invernaderos)	Terrenos estériles y otros no aprovechables (arenales, pedregales, pantanos, etc.)	Total
	Número	Superficie (ha)	Mejoradas	Naturales						
Coyhaique	1.176	505.640	27.944	187.306	8.565	167.042	28.152	2.139	69.829	490.976
Lago Verde	115	416.497	1.425	100.067	1.078	225.399	9.979	558	77.789	416.294
Aysen	548	133.394	6.514	38.081	787	57.843	17.725	106	11.846	132.902
Cisnes	215	571.642	1.635	13.533	153	392.060	27.225	74	136.924	571.604
Guaitecas	5	1.003	100	287	0	514	102	0	0	1.003
Cochrane	257	187.783	992	65.971	3.408	66.055	27.364	70	23.651	187.512
O'Higgins	79	569.864	812	61.458	801	142.332	122.913	111	241.422	569.848
Tortel	56	251.168	424	15.353	0	96.108	68.157	6	70.982	251.030
Chile Chico	327	145.675	459	44.306	1.187	43.323	16.605	541	38.555	144.977
Río Ibáñez	444	468.416	3.885	54.761	2.502	192.697	31.696	437	181.498	467.475
XI Aysen	3.222	3.251.082	44.190	581.122	18.480	1.383.374	349.917	4.042	852.496	3.233.621
Total país	278.660	29.781.691	1.055.354	10.795.165	849.534	5.555.373	1.920.624	178.054	7.382.526	27.736.630

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

Las especies que destacan a nivel nacional son el Ciprés de las Guaitecas con 97,1% y el bosque nativo siempreverde con un 46,8% de la superficie total del país (Tabla 6.7). A nivel regional también podemos encontrar Lenga con el 29,3 %. Cabe hacer notar que el 26% de la superficie de esta categoría corresponde a terrenos estériles y otros no aprovechables.

Tabla 6.7: Superficie de bosque nativo por especie.

Especie	Región (ha)	Especie/Región	País(ha)	Región/País
Siempreverde	2.123.024,4	47,9%	4.537.945,1	46,8%
Lenga	1.300.058,7	29,4%	3.403.260,9	38,2%
Ciprés de las Guaitecas	499.343,0	11,3%	514.462,8	97,1%
Coigüe de Magallanes	479.953,5	10,8%	1.267.666,4	37,9%
Otros	25.413,0	0,6%	3.468.471,0	0,7%
Total	4.427.792,6	100,0%	13.191.806,2	33,6%

Fuente: ODEPA, 2018

En relación a las pequeñas y mediana explotaciones agropecuarias, en la Tabla 6.8 se muestra que predomina el uso de suelo a praderas naturales 36,5% y bosque nativo 32,4%. y cultivos sólo un 1,0%. (Ref. 17).

Tabla 6.8: Uso Suelo según explotaciones pequeñas y medianas.

	Explotaciones pequeñas (%)	Explotaciones Medianas (%)	Total (%)
Cultivos	4,4	0,5	1,0
Plantas forrajeras	7,0	2,7	3,1
Praderas mejoradas	15,9	7,5	8,4
Praderas naturales	40,0	36,0	36,5
En barbecho	1,1	0,3	0,4
Plantaciones forestales	1,4	1,8	1,7
Bosque nativo	16,1	34,2	32,4
Matorrales	9,1	10,5	10,3
Infraestructura	1,4	0,7	0,8
No aprovechadas	3,4	5,7	5,5
Total	100	100	100
Pequeña y mediana explotaciones (ha)	5.510	47.316	52.826

Fuente: INE, 2009

6.3 Cultivos

Según el estudio de Odepa (Ref. 18), el sector silvoagropecuario de la región de Aysén comprende el 1,2% de la superficie nacional, equivalente a 55.501 ha. La mayor concentración corresponde a plantaciones forestales con un 68,2% de la superficie regional y con un 29,9% con plantas forrajeras (Tabla 6.9).

Tabla 6.9: Superficie por rubro silvoagropecuario.

Rubro	Región (ha)	Cultivo/Región	País (ha)	Región/País
Plantaciones forestales	37.842,6	68,2%	2.706.038,8	1,4%
Forrajeras	16.569,0	29,9%	513.190,8	3,2%
Cereales	448,9	0,8%	480.602,6	0,1%
Leguminosas y tubérculos	188,7	0,3%	71.389,6	0,3%
Hortalizas	156,4	0,3%	95.953,7	0,2%
Frutales	148,2	0,3%	310.046,5	0,0%
Huertos caseros	133,9	0,2%	16.138,2	0,8%
Flores	5,2	0,0%	2.176,4	0,2%
Cultivos industriales	4,6	0,0%	69.998,0	0,0%
Semilleros y almácigos	3,0	0,0%	42.511,1	0,0%
Viveros	0,5	0,0%	3.103,1	0,0%
Viñas y parronales	0,0	0,0%	130.440,8	0,0%
Total	55.500,9	100,0%	4.441.589,7	1,2%

Fuente: Odepa, 2018

6.3.1 Plantaciones forestales

De acuerdo al Anuario Forestal 2018 (Ref. 19), en la región las principales especies corresponden a *Pinus ponderosa*, *Pinus contorta* y *Pseudotsuga menziesii*, siendo la principal especie es el *Pinus ponderosa* representando el 54,2% de la superficie de la región. El detalle por comuna se observa en la Tabla 6.10, se observa que la principal comuna es Coyhaique con una superficie de 13.152 ha y Río Ibáñez con 2.398 ha. También es posible encontrar plantaciones de *Pinus contorta* en Coyhaique y Cochrane, y Pino Oregón en Aysén.

Tabla 6.10: Superficie regional de plantaciones forestales por especie.

Especies forestales	Región (ha)	Especie/Región
Eucaliptus nitens	7,0	0,02%
Pinus ponderosa	19.348,0	54,24%
Pseudotsuga menziesii (Pino oregon)	3.500,0	9,81%
Otras especies	12.816,0	35,93%
Total	35.671,0	100%

Fuente: Instituto Forestal (INFOR), Anuario Forestal 2018

Tabla 6.11: Superficie de plantaciones forestales según comuna a diciembre 2016.

Comuna	Pinus ponderosa (ha)	Pinus contorta (ha)	Pino oregon (ha)	Total
Aysén	768,9	53,8	2.346,5	3.169,2
Coyhaique	13.152,1	4.942,8	423,8	18.518,7
Lago Verde	517,8	100,8	112,9	731,5
Cisnes	0,0	0,0	497,6	497,6
Chile Chico	957,1	188,8	72,3	1.218,2
Río Ibañez	2.398,0	114,2	44,2	2.556,4
Cochrane	1.553,5	890,5	1,9	2.445,9
O'Higgins	0,0	0,0	1,0	1,0
Total	19.347,4	6.290,9	3.500,2	29.138,5

Fuente: Instituto Forestal (INFOR), Anuario Forestal 2018

6.3.2 Plantas forrajeras

Según la Tabla 6.12 muestra que las plantas forrajeras representan el 29,9% de la superficie cultivada de la región (55.500,9 ha). Las principales especies forrajeras de la región corresponde a una mezcla de especies (76%) y avena (9,3%).

Tabla 6.12: Superficie regional de plantas forrajeras según especie.

Especie	Región (ha)	Especie/Regió	País(ha)	Región/País
Mezcla de forrajeras	12.594	76,0%	174.620	7,2%
Avena asociada	1.545	9,3%	18.894	8,2%
Alfalfa	1.425	8,6%	60.660	2,3%
Otros	1.006	6,1%	259.017	0,4%
Total	16.569	100,0%	513.191	3,2%

Fuente: Odepa, 2018

La distribución comunal se concentra en Coyhaique con un 87,9%, luego Rio Ibáñez con un 4,7% de la superficie regional (Tabla 6.13).

Tabla 6.13: Superficie de plantas forrajeras según comuna.

Comuna	Región (ha)	Cultivo/Región
Coihaique	14.526	87,9%
Lago Verde	192	1,2%
Aysen	406	2,5%
Cisnes	21	0,1%
Guaitecas	0	0,0%
Cochrane	172	1,0%
O'Higgins	13	0,1%
Tortel	0	0,0%
Chile Chico	406	2,5%
Río Ibáñez	783	4,7%
Total	16.520	1

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

6.3.3 Cereales, leguminosas y tubérculos

La Tabla 6.14 muestra que a nivel regional la superficie sembrada de cereales, leguminosas y tubérculos corresponde a 637 ha y el 92,1 % corresponde a superficie en secano. Las principales especies cultivadas son avena (grano seco) con un 52,5%, papa 29,1% y cebada forrajera 14,1 % de la superficie regional.

La comuna de Coyhaique concentra el 82% de la superficie sembrada de la región.

Tabla 6.14: Superficie sembrada de cereales, leguminosas y tubérculos en riego y secano.

Especie	Superficie en riego(ha)	Superficie en secano (ha)	Superficie total (ha)
Avena (grano seco)	6,35	328,1	334,45
Papa	33,54	151,68	185,22
Cebada forrajera (grano seco)	0	90	90
Trigo blanco	6,25	14,8	21,05
Otros cereales	1,85	1,5	3,35
Arveja (grano seco)	2,95	0	2,95
Otras chacras	0,31	0	0,31
Total XI Aysen	51,25	586,08	637,33

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

Tabla 6.15: Superficie sembrada de cereales, leguminosas y tubérculos según comuna.

Comuna/ Especie	Avena (grano seco)	Papa	Cebada forrajera (grano seco)	Trigo blanco	Otros cereales	Arveja (grano seco)	Otras chacras	Total Comuna
Coyhaique	296,6	117,72	90	14,8	0,5	0	0	519,62
Aysen	25	23,66	0	0	0	0	0	48,66
Lago Verde	6,5	2,9	0	0	0	0	0	9,4
Chile Chico	4,1	25,67	0	6,25		2,95	0,06	39,03
Río Ibáñez	2,25	5,02	0	0	1,85	0	0,25	9,37
Cochrane	0	6,74	0	0	0	0	0	6,74
O'Higgins	0	2,01	0	0		0	0	2,01
Cisnes	0	1,5	0	0	1	0	0	2,5
Total XI Aysen	334,45	185,22	90	21,05	3,35	2,95	0,31	637,33

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agropecuario 2007

6.3.4 Hortalizas

Los datos del VII Censo Agropecuario indican que la superficie total de hortalizas corresponde a 155.44 ha, distinguiendo según el sistema de cultivo al aire libre o en invernadero. Una de las características de la producción hortícola de la región es la alta proporción de especies que se cultiva en invernaderos, permitiendo extender la oferta de productos, las principales especies cultivadas en invernadero son lechuga, cilantro, acelga y pepino de ensaladas. Mientras que las principales especies al aire libre son zanahorias, habas y arvejas verdes.

Tabla 6.16: Superficie cultivada de hortalizas por sistema de cultivo.

Especie	Superficie Total	Sistema de cultivo	
		Al aire libre (ha)	En invernadero (ha)
Huerta casera	98,51	98,51	0
Zanahoria	18,56	18,56	0
Otras hortalizas	9,86	9,16	0,7
Lechuga	7,06	0,52	6,53
Haba	5,02	5,02	0
Cilantro	4,26	0	4,26
Arveja verde	3,14	3,14	0
Ajo	1,82	1,82	0
Acelga	1,55	0	1,55
Betarraga	1,35	1,35	0
Zapallo italiano	0,97	0,9	0,07
Pepino de ensalada	0,73	0	0,73
Choclo	0,49	0,49	0
Repollo	0,49	0,48	0,01
Perejil	0,46	0	0,46
Espinaca	0,37	0	0,37
Ciboulette	0,26	0	0,26
Tomate consumo fresco	0,23	0	0,23
Rabanito	0,14	0	0,14
Poroto verde	0,12	0,07	0,05
Pimiento	0,03	0	0,03
Ají	0,02	0	0,02
Total Región	155,44	140,02	15,41

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agrícola

El rubro hortícola está presente en casi todas las explotaciones de pequeños y medianos productores y su destino principal es el autoconsumo, aunque hay venta a supermercados, ferias, restoranes, almacenes u otros

La producción hortícola se encuentra concentrada en las comunas de Coyhaique, Puerto Aysén, Ibáñez, Cochrane y Chile Chico, siendo las comunas de Coyhaique y Aysén las principales. En la comuna de Coyhaique se destaca el cordón hortícola en el sector de “El Claro” y en Aysén en el sector “Valle del Pangal”.

Tabla 6.17: Superficie de hortalizas según comuna.

Comuna	Región (ha)	Cultivo/Región
Coihaique	71,1	45,8%
Lago Verde	3,4	2,2%
Aysen	14,5	9,3%
Cisnes	9,2	5,9%
Guaitecas	0,0	0,0%
Cochrane	14,0	9,0%
O'Higgins	0,1	0,1%
Tortel	0,0	0,0%
Chile Chico	20,1	13,0%
Río Ibáñez	22,9	14,7%
Total	155,42	1

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agrícola

6.3.5 Frutales

De acuerdo a los resultados del Catastro Frutícola en la región (Ref. 20), la superficie frutal alcanza a las 212,7 ha, concentrándose el 92% en la provincia del General Carrera. La superficie restante en las provincias de Coyhaique 7,9 % y Aysén con un 0,1%.

En la Tabla 6.18 se aprecia que hay una clara dominancia del cerezo, con una superficie plantada de 206,5 ha (97%)., seguido por el manzano rojo con un 1,5% y el damasco con un 0,4% de la superficie frutal.

Tabla 6.18: Superficie plantada de frutales.

Especies	Región (2016)	País	Región/País
Cerezo	206,5	25.109	0,8%
Manzano rojo	3,4	29.052	0,0%
Damasco	1,0	753	0,1%
Manzano verde	0,9	6.884	0,0%
Peral	0,4	8.538	0,0%
Arándano americano	0,3	15.707	0,0%
Ciruelo europeo	0,1	12.001	0,0%
Membrillo	0,1	318	0,0%
Otras		217.373	0,0%
Total	212,7	315.735	0,1%

Fuente: Odepa-CIREN, 2016

Según la información del Catastro Frutícola el 20.5 % de la producción de cerezos se destina al mercado interno y el 79.5 % a la exportación.

Las comunas con mayor concentración es Chile Chico con 194 ha (91.2%) y 16,7 ha (7.9 %) en la comuna de Coyhaique.

Tabla 6.19: Superficie plantada por especie a nivel comunal.

Especie/Comuna	Chile Chico	Coyhaique	Rio Ibañez	Aysen	Total
Cerezo	190,56	15,32	0,57	0	206,45
Manzano rojo	2,02	1,05	0,33	0	3,4
Damasco	0,66	0,02	0,27	0	0,95
Manzano verde	0,67	0,06	0,2	0	0,93
Peral	0,12	0,07	0,16	0	0,35
Arándano americano	0	0	0	0,34	0,34
Ciruelo europeo	0,01	0,1	0	0	0,11
Membrillo	0,06	0,04	0	0	0,1
Otras	0	0	0	0	0
Total	194,1	16,66	1,53	0,34	212,63

Fuente: Odepa-CIREN, 2016

6.4 Riego

La superficie regional con riego es de 2.960 ha, de las cuales la provincia de Coyhaique y General Carrera concentran el 98 % de la superficie total (Tabla 6.20).

Tabla 6.20: Superficie total con riego por provincia (ha).

Provincia	Total Regado
Coyhaique	1.504,58
General Carrera	1.403,80
Capitán Prat	34,36
Aysén	18,11
Total	2.960,85

Fuente: Odepa, 2018

En la Tabla 6.21 se detallan las superficies para los diferentes tipos de riego en la región y a nivel comunal. La superficie total regada es de 2.767 ha, equivalente al 0.25% del total nacional. Los sistemas predominantes corresponden a sistemas mecánicos con un 53.7 % y sistema gravitacional con un 44,3% también hay presencia de micro riego con un 1,8%. A nivel comunal Coyhaique y Rio Ibáñez tienen la mayor superficie con sistema de riego mecánico mayor.

Tabla 6.21: Superficie regada por sistema de riego según comuna (ha).

Comuna	Riego gravitacional			Mecánico mayor		Microriego		Total
	Tendido	Surco	Otro tradicional	Aspersión tradicional	Carrete pivote	Goteo cinta	Microaspersión y microjet	
Coihaique	39,02	64,00	10,00	1.359,47	0,10	7,99	1,00	**1.481,58**
Lago Verde	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**18,00**
Aysen	15,00	0,21	0,00	0,43	0,00	2,47	0,00	**18,11**
Cisnes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
Guaitecas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
Cochrane	15,00	0,00	0,24	19,00	0,00	0,12	0,00	**34,36**
O'Higgins	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
Tortel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**0,00**
Chile Chico	543,58	125,11	5,00	4,52	0,00	40,86	0,00	**719,07**
Río Ibáñez	376,66	12,83	2,35	104,39	0,00	0,00	0,00	**496,23**
Total región	1.007,26	202,15	17,59	1.487,81	0,10	51,44	1,00	2.767,35
Total país	453.325,82	311.152,05	25.362,54	30.071,58	26.426,69	209.348,90	38.125,33	1.093.812,91

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agrícola

En relación a las pequeñas explotaciones, el sistema de riego que predomina es el sistema gravitacional con 395 ha y en las medianas explotaciones el sistema mecánico con 1.068 ha. El micro riego sólo cubre 44 ha y predomina en las medianas explotaciones (Tabla 6.22).

Tabla 6.22: Superficie por sistema de riego en pequeñas y medianas explotaciones (ha).

Explotaciones	Gravitacional tradicional	Mecánico	Microriego	Total
Pequeñas	395	15	17	427
Medianas	182	1.068	27	1.277
Total	577	1.083	44	1.704

Fuente: INE, 2009

6.5 Ganadería

La ganadería regional se concentra en explotaciones de bovinos y ovinos, que comprende el 94 % de la masa total de ganado. El ganado ovino representa el 57.8 % de la región seguido por el ganado bovino con un 36.9%. A nivel nacional, el ganado ovino tiene una incidencia de un 7.9% del total nacional (Tabla 6.23).

Tabla 6.23: Existencia de ganado en las explotaciones.

Especie	Región	País	Región/País
Ovinos	312.040	3.938.895	7,9%
Bovinos	199.284	3.789.697	5,3%
Caballares	12.483	320.740	3,9%
Caprinos	12.283	738.887	1,7%
Cerdos	2.804	3.292.707	0,1%
Ciervos	702	9.915	7,1%
Total	539.596	12.090.841	

Fuente: Odepa, 2018

Según la información censal, la comuna de Coyhaique concentra el 47% de las existencias bovinas, le siguen en orden de importancia Lago Verde 13% y Cochrane 12% de la masa ganadera regional. (ver Tabla 6.24).

Tabla 6.24: Distribución de existencias por comuna.

Comuna	Bovinos	Ovinos	Cerdos	Caballares	Caprinos
Coihaique	93.505	147.017	946	3.997	1.755
Lago Verde	11.681	56.799	110	655	330
Aysen	25.399	10.247	540	786	369
Cisnes	12.514	3.553	475	404	664
Guaitecas	158	72	0	0	0
Cochrane	18.375	42.308	85	1.871	2.103
O'Higgins	4.096	2.313	91	791	283
Tortel	1.283	674	95	182	25
Chile Chico	9.760	20.480	144	2.086	919
Río Ibáñez	17.031	21.473	233	1.424	5.690
Total	193.802	304.936	2.719	12.196	12.138

Fuente: Elaboración propia a partir de la información del VII Censo Agrícola

6.6 Antecedentes de suelo

La región de Aysén presenta suelos mayormente pobres en desarrollo y potencial agrícola, ya que gran parte de éstos se extienden en pendientes pronunciadas y en zonas rocosas correspondiendo a categorías de suelo sin uso agropecuario, e incluso forestal. Además, una proporción significativa está bajo el Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE), aproximadamente el 50% de la superficie de la región.

La agrupación de suelos en categorías de uso de suelo es una ordenación para indicar la adaptabilidad de los suelos para desarrollar determinadas actividades, relaciona factores propios de la calidad del suelo con factores climáticos del sector a ciertos cultivos, además indica las dificultades que se pueden presentar (Ref. 21).

Las clases convencionales para definir las Clases de Capacidad de Uso de suelo son 8 y se ordenan en forma creciente a las limitaciones y riesgos de uso:

- Clase I: Los suelos tienen pocas limitaciones que restrinjan su uso. Entre sus características se encuentra que son suelos casi planos, profundos, bien drenados, fáciles de trabajar, poseen buena capacidad de retención de humedad y la fertilidad es buena. Los suelos se adaptan para cultivos intensivos.

- Clase II: Presentan algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos o requieren moderadas prácticas de conservación. En general corresponden a suelos planos con ligeros pendientes, profundos, con buena permeabilidad y drenaje.

- Clase III: En general, los suelos presentan moderadas limitaciones en su uso, requieren prácticas moderadas de conservación y manejo. Son suelos moderadamente inclinados o suavemente ondulados, pueden presentar limitaciones de arraigamiento para especies con raíces profundas, entre otras limitaciones.
- Clase IV: En general estos suelos al ser cultivados requieren de prácticas de manejo y conservación más difíciles que las de clase III. Estos suelos pueden usarse para cultivos, praderas, frutales, praderas de secano, etc.

- Clase V: Los suelos son planos o plano inclinados y que por factores climáticos no tienen posibilidad de cultivarse, pero son aptos para praderas buena aptitud para la producción de praderas todo el año o parte de él. Estos suelos están condicionados a inundaciones frecuentes y prolongadas pero susceptibles de ser drenados.

- Clase VI: En general los suelos son inadecuados para los cultivos y su uso está limitado para pastoreo y/o actividad forestal, no son arables dadas sus fuertes pendientes, presentan poca profundidad, susceptibles a erosión, excesiva humedad o anegamientos o con otras limitaciones de suelo.

- Clase VII: Corresponde a suelos con limitaciones muy severas que los hacen inadecuados para cultivos y su uso fundamental es para pastoreo y forestal. Tienen aptitud forestal, pero con manejo, ya que sus fuertes pendientes presentan mayor erodabilidad. Son suelos de poca profundidad, pedregosidad, rocosidad, entre otras limitantes.

- Clase VIII: Corresponden a suelos sin valor agrícola, ganadero o forestal. Su uso está limitado para la vida silvestre, recreación y/o protección de cuencas hidrográficas.

De acuerdo al estudio del INIA TAMEL AIKE Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén), la superficie con potencial agropecuario es baja, equivale a 1.5 millones de la superficie regional (13,8%) es baja, sin embargo, existe una constante incorporación de suelos a las prácticas agropecuarias, mediante la limpias, fertilización, riego y drenaje. Desde el punto de vista de la taxonomía de suelos la clasificación de uso de suelos (CUS) de la región es la siguiente (Ref. 22):

Tabla 6.25: Categorías de capacidad de uso de suelos (CUS) según comunas (ha).

Comuna	III	IV	V	VI	VII	VIII	Cuerpos agua	Población	Total
Cisnes	327	30.708	18.951	50.993	55.742	22.402	11.140	84	190.347
Aysen	0	15.788	16.446	33.356	62.824	22.175	8.113	496	159.198
Lago Verde	0	9.613	7.537	149.653	60.117	12.082	5.537	19	244.556
Coyhaique	1.197	52.913	26.862	224.157	69.864	11.875	8.798	588	396.253
Rio Ibañez	146	2.499	15.153	44.277	46.832	22.649	8.272	71	139.899
Chile Chico	1.272	1.570	4.053	28.912	28.676	2.384	1.385	128	68.380
Cochrane	0	9.119	22.516	71.352	93.475	20.983	10.823	81	228.350
Tortel	0	0	11.701	4.269	9.616	4.600	3.132	0	33.318
Ohiggins	0	1.408	10.286	12.194	32.936	43.283	10.949	32	111.088
Total	2.942	123.617	133.505	619.162	460.082	162.432	68.148	1.499	1.571.388

Fuente: INIA TAMEL AIKE 2014, Taxonomía de suelo.

En la Tabla 6.25 se visualiza las categorías de uso de suelo por comunas, Coyhaique comprende el 25% de la superficie considerada de interés agropecuario, seguida por Lago Verde y Cochrane.

Del total de la superficie regional solo 126.559 ha se encuentran en clase III y IV, categorías de uso cultivables con medios tradicionales y con un alto potencial para superficie nueva de riego, si no se presentaran restricciones hidrológicas y de derechos de agua.

La mayor concentración de suelos la clase III y IV se encuentra en la comuna de Coyhaique en sectores como Valle Simpson, Cuatro Lagos, Coyhaique Bajo, El Claro, entre otros. También la comuna de Cisnes con 31.035 ha en sectores como La Junta y La Junta Norte. En la comuna de Chile Chico los suelos uso IV se distribuyen en zonas colindantes al lago General Carrera, desde el límite este de Chile Chico hasta el lago Bertrand por el Oeste, ocupando la ribera de ambos lagos.

Las clases de uso IV y VI, que representan 742.779 ha, son suelos productivos y que eventualmente se pueden regar al presentarse condiciones de laboreo, hidrológicas y de otorgamiento de derechos de agua.

Los suelos en categoría VIII, cuerpos de agua y población representan el 14,7%, equivalente a 232.079 ha, reducen la superficie potencialmente útil a 1.339.309 ha, CUS III a VII. Sin embargo, al analizar la cobertura vegetacional por categoría de suelo, Tabla 6.26 parte de esta superficie no tiene uso agrícola, ya que 655.445 ha (50 % aproximadamente) se encuentran bajo bosques, turberas, humedales y otros.

El 62% (78.266 ha) de la superficie total de suelos III y IV corresponden a superficie con potencial agropecuario, incluye praderas, matorral y estepa. El resto de la superficie recae en bosque, turberas entre otros.

Tabla 6.26: Cobertura vegetacional por CUS (ha) en valles de interés agropecuario.

Vegetación	III	IV	V	VI	VII	Total
Praderas	2.385	45.153	20.480	66.689	18.522	153.229
Praderas Matorral	92	10.030	5.490	58.635	51.126	125.372
Matorral	133	15.048	21.573	64.634	87.523	188.911
Estepa	46	5.379	7.947	136.060	65.887	215.319
Subtotal	2.656	75.610	55.489	326.018	223.057	682.829
Humedales	73	2.635	15.779	2.726	681	21.895
Bosque abierto	2	7.510	7.666	41.295	20.799	77.273
Bosque	106	33.361	46.017	227.731	193.674	500.889
Turberas	0	23	1.489	328	623	2.463
Otros	105	4.387	6.783	20.597	21.052	52.925
Subtotal	286	47.916	77.735	292.678	236.830	655.445
Total	2.943	123.526	133.224	618.695	459.886	1.338.274

Fuente: INIA TAMEL AIKE 2014, Taxonomía de suelo.

La superficie total correspondiente a suelos con categoría V y VI, 751.919 ha, el 49 % se encuentra con vegetación tipo bosque, humedales, turberas, entre otros y la restante eventualmente podría tener uso ganadero. Considerando la superficie bajo praderas de la clase V, 20.480 ha, éstas eventualmente podrían habilitarse por medio de sistemas de drenaje.

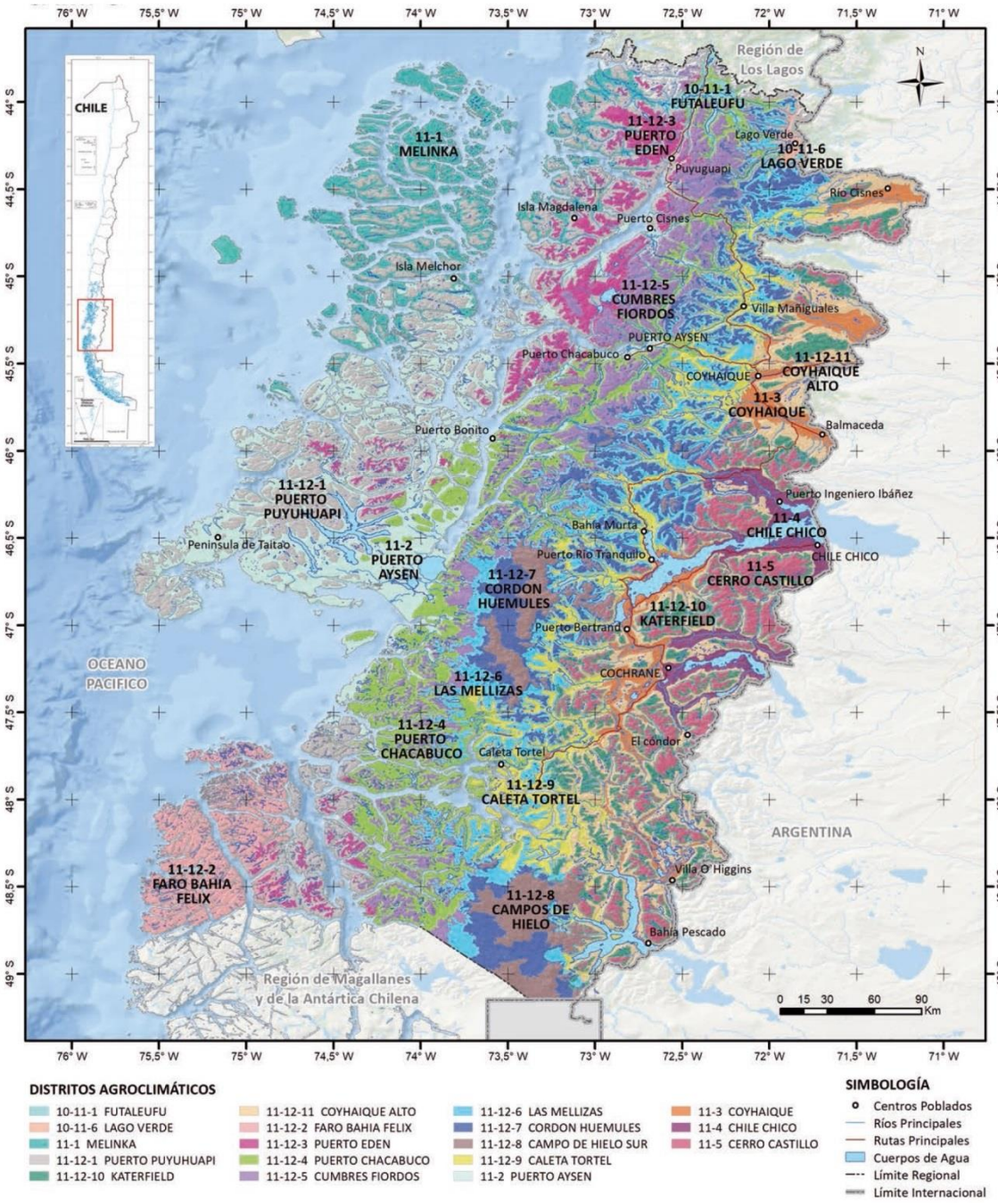
Aproximadamente el 48% de la superficie de los suelos clase VII, equivalentes a 223.057 ha, podrían tener uso ganadero ya que no se encuentran bajo cobertura boscosa.

6.7 Antecedentes agroclimáticos

La región posee diferentes zonas agroclimáticas dada la dispersión geográfica, tamaño y relieve. En Aysén se pueden distinguir cuatro grandes zonas agroclimáticas, además de una zona de microclima, la que está limitada a pequeños sectores ribereños de los grandes lagos.

La región de Aysén presenta 18 distritos agroclimáticos (Ref. 23), estos corresponden a territorios climáticamente uniformes que tienen similar potencial productivo y riesgos agroclimáticos frente a las especies cultivadas.

Figura 6.1 Distritos agroclimáticos de la región.



Fuente: Agrimed, 2017

De acuerdo al estudio de Caracterización Agroclimática de Aysén del INIA (Ref. 24) las zonas agroclimáticas son:

- Zona litoral o Insular: Corresponde a la zona más occidental de la región y se asocia a la extensa red de islas y archipiélagos situados en la zona de canales y fiordos patagónicos.
  El clima predominante es el templado húmedo litoral con precipitaciones intensas que superan los 3.000 mm anuales hasta cerca de 7.000 mm/año en algunos sectores. Las islas tienen suelos delgados, de escaso desarrollo y ricos en materia orgánica, sus suelos se clasifican como categoría de capacidad de uso VIII, es decir suelos de protección y vida silvestre.

- Zona Húmeda: se ubica en la vertiente Occidental de la cordillera de los Andes y Valle inter-montanos de la región. La actividad agropecuaria principal es la ganadería extensiva de bovinos de carne, se desarrolla en múltiples valles donde se han habilitado suelos antiguamente cubiertos de bosque. Muchos suelos se encuentran cubiertos parcial o totalmente con matorrales y renovales de bosque nativo, por lo que es habitual el manejo silvopastoral rústico en los predios ganaderos. Los escasos suelos de capacidad III o IV se han habilitado suelos con praderas artificiales (ej. ballica con trébol blanco), con correcciones de acidez y fertilizaciones. La productividad de estas praderas es bastante elevada pudiendo superar las 10 t de materia seca por hectárea y se destinan especialmente a conservación de forrajes, ya que el crecimiento invernal de praderas es escaso.
  Sectores representativos son por ejemplo Puerto Aysén, Puerto Cisnes, Puyuhuapi, La Junta, entre otras. Existen zonas transicionales entre esta zona y la Zona intermedia, (ej. Mañihuales, Baguales, etc.), donde se observa un bosque mixto con especies caducifolias y con condiciones intermedias de precipitación y temperatura.

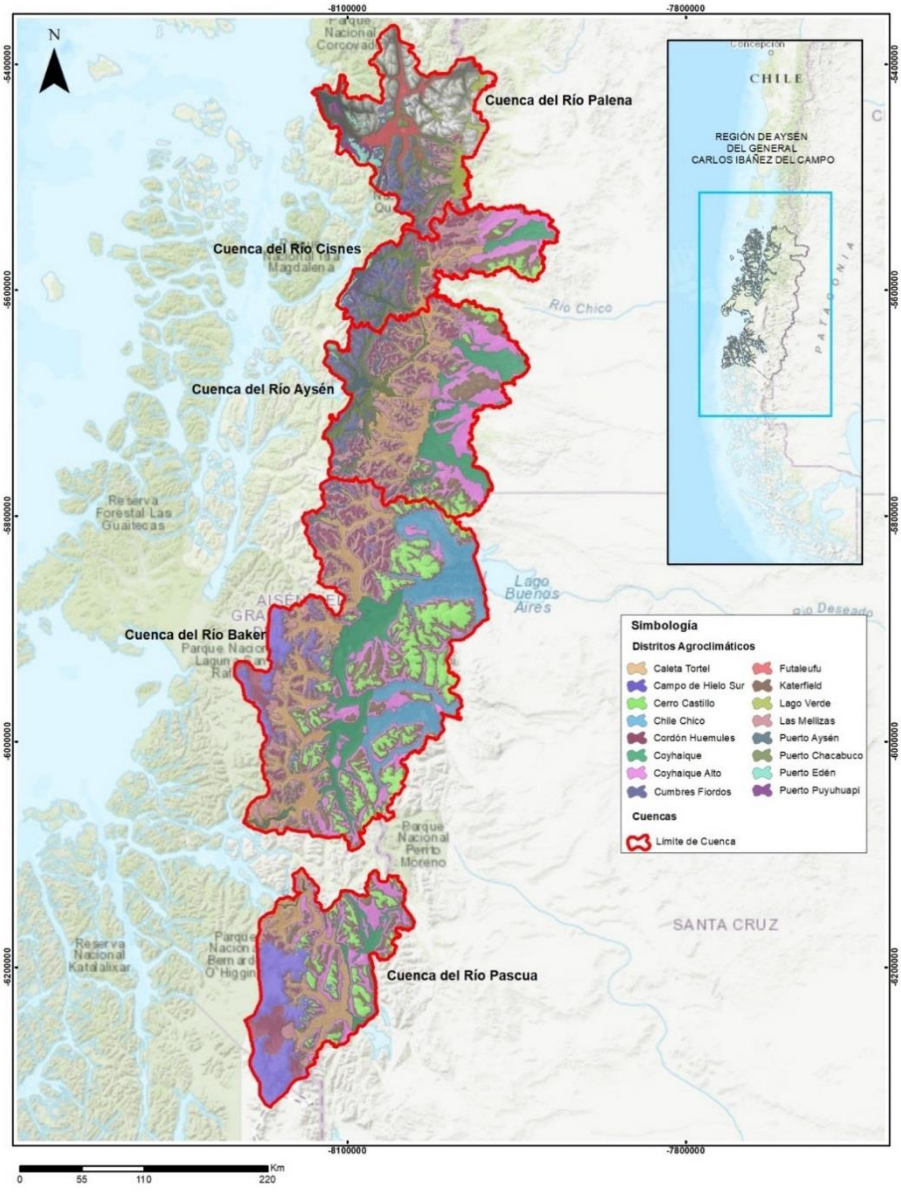
- Zona Intermedia: Se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes ocupando las laderas montañosas y valles que se desprenden hacia el este de la región. Esta zona presenta varios climas, dependiendo principalmente de la altitud en que se encuentra cada zona. En las localidades más altas predomina el clima andino boreal, con un importante bosque de lenga que limita el uso ganadero. En las zonas más bajas se encuentra el clima templado húmedo intermedio, como en Coyhaique. Esta última zona presenta el mayor potencial pecuario, es posible encontrar mayores producciones de materia seca y diversificar la base forrajera, con praderas sembradas, alfalfa, y cultivos forrajeros (cereales, nabos raps, entre otros). También es la zona con la mayor masa ganadera.
  Una característica de esta zona agroclimática es la ocurrencia de fuertes vientos en primavera y verano, que provocan altas tasas de evapotranspiración, especialmente en verano, y en conjunto con la menor pluviometría de esa época, generan sequías estivales, las que se han hecho más recurrentes en los últimos años.
  Los sectores que presentan esta zona son por ejemplo Valle Simpson, Lago Pollux, Rio Claro y Coyhaique Bajo, Baguales, Las Bandurrias, Villa Castillo. Hay zonas transicionales con zonas más secas y/o frías que comparten algunas características de la zona intermedia, pero difieren en las condiciones de suelo y en general tienen menor potencial productivo producto de lo anterior. Algunos sectores como Lago Verde, El Gato, Cochrane, San Lorenzo, El Richard son ejemplos de esta situación.

- Zona de estepa: Corresponde a los sectores orientales de la región, en zonas limítrofes con Argentina. Esta zona presenta una estepa con pastizal de coirones, la condición de éste depende de las condiciones de humedad y el manejo. Estas praderas naturales son utilizadas principalmente por sistemas de ovinos extensivos y bovinos de carne en ciertas zonas. Localidades características de la zona de estepa en Aysén son Balmaceda, Coyhaique Alto, Ñirehuao, Ceballo y Alto Río Cisnes.

- Zona de Microclima: Corresponde a la zona más oriental del territorio, ubicada cerca de la frontera con Argentina. Esta zona es más cálida ya que cuenta con un microclima particular debido al Lago General Carrera, que atenúa la amplitud térmica y la baja pluviometría se compensa con sistemas de riego. Las localidades con estas características son por ejemplo Chile Chico, Bahía Jara, Fachinal, Puerto Ibáñez y Levicán.

En la Figura 6.2 se observan los principales distritos agroclimáticos más representativos de cada cuenca.

Figura 6.2 Distritos agroclimáticos por cuenca.



Fuente: Elaboración propia.

7 VISITAS A TERRENO

7.1 Reuniones y comunicaciones

7.1.1 Reuniones realizadas en diciembre de 2018

La primera actividad en terreno consistió en la realización de diversas reuniones con instituciones del Estado que permitan la definición del perfil del usuario potencial que se verá beneficiado por el estudio y que permitan la determinación de los sitios potenciales de emplazamiento de los microembalses.

El 12 de diciembre de 2018 se realizó una entrevista con la agente de expedientes de la DGA en Coyhaique, Sra. Alejandra Espina, mientras que al día siguiente se realizó una entrevista a Ariel Moraga, coordinador de riego de INDAP en Aysén, la que fue seguida de una reunión con varios profesionales encargados de los Prodesal (Programas de Desarrollo Local), que forman parte de los programas territoriales de INDAP, reunión coordinada por el representante de la CNR en la región de Aysén, Sr. Pablo Hernández.

En términos generales, la entrevista realizada en la DGA disipó las aprensiones que pudieran representar los decretos de reserva para la constitución de derechos de agua para la operación de los microembalses, elemento indispensable para el éxito de esta iniciativa. En efecto, no existirían obstáculos para el desarrollo de estos trámites.

En el caso de la entrevista realizada al INDAP, así como en la reunión con los encargados de los Prodesal, se detectaron algunas dificultades propias de la realidad de la actividad agropecuaria en la región de Aysén, así como en la definición de los potenciales beneficiarios del presente estudio. En efecto, INDAP en general, y Prodesal en particular, están enfocados en pequeños productores, con necesidades de riego mucho menores que lo que pudiera ofrecer un microembalse. Además, los usuarios de INDAP, en promedio, son personas mayores, las que no poseen entre sus objetivos ampliar sus ingresos, sino solamente mantenerse. Otra dificultad propia de estos usuarios a nivel de la región de Aysén es que, en general, tienden a gestionar individualmente sus actividades, dadas las extensiones relativamente grandes de sus predios y la distancia geográfica a sus vecinos, con los que potencialmente pudieran agruparse para sumar demanda de agua para riego y justificar la construcción de un microembalse.

Sin embargo, también surgieron de estas reuniones 3 sitios en los que, en primera instancia, se pudiesen desarrollar embalses de hasta 1,0 hm3, de los 5 que debe definir este estudio, en las localidades de Lago Pollux, Mañihuiales y Mano Negra, donde se ha registrado recientemente una necesidad de obras de acumulación para riego y en donde existen comunidades organizadas que podrían verse beneficiadas.

7.1.2 Reuniones realizadas en enero de 2019

El 21 de enero de 2019 se realizó una reunión con el secretario regional ministerial de Agricultura en Aysén, Sr. Marcos Sandoval, quien comprometió su mayor apoyo a las actividades del estudio. Al día siguiente se realizó una reunión con el director regional (s) de INDAP, Sr. Patricio Urrutia, quien recalcó que los usuarios habituales de su institución poseen demandas de agua para riego inferiores a lo que representa la capacidad de un microembalse, pero que existiría demanda real de este tipo de obras en la región, en previsión de nuevas temporadas de baja oferta hídrica, como la del año 2015.

Ambos funcionarios señalaron la necesidad de disponer de obras de acumulación que entreguen mayor seguridad de riego, dada la ocurrencia de menores precipitaciones, registradas en los últimos años.

En el **Anexo 3** se adjuntan las entrevistas completas realizadas.

7.2 Consultores de la Ley N°18.450

Se obtuvo en el sitio web de la CNR el listado de los consultores de la Ley N°18.450, quienes ha desarrollado, desde 1986, a nivel nacional, un total de 21.242 proyectos, de los cuales, sólo 111 (0,5% del total) han sido desarrollados en la región de Aysén, en el período 1991-2016. Estas 111 iniciativas han sido desarrolladas por 21 consultores diferentes, aunque algunos de ellos corresponden a consultores que han actuado tanto como personas naturales como personas jurídicas.

En la Tabla 7.1 se incluye la información de los consultores mencionados, así como el número de iniciativas desarrolladas.

Tabla 7.1 Consultores de la Ley N°18.450 con iniciativas desarrolladas en la región de Aysén.

Consultor Ley 18450	Cantidad de iniciativas	Año resolución última iniciativa	email
Cepia Ingenieros Consultores Ltda.	2	2016	cepia@cepia.cl
Pablo Esteban Loyola Lagarini	40	2015	pabloloyola@agroandina.cl
Ernesto Jose Gómez Araya Ingeniería y Arquitectura EIRL	6	2014	ernesto.gomez@globalingenieria.cl
Asesoría consultoría y construcción Rafael Muñoz Sepúlveda E.I.R.L.	3	2014	rafmuz@gmail.com
Asesorias Improve Limitada	1	2013	improve@improvechile.cl
Rafael Antonio Muñoz Sepúlveda	1	2013	
Sociedad Francisco Valdivieso y Compañía Ltda.	1	2013	info@riegoval.cl
Basilio Taylor Cea Díaz	2	2011	basilioteylor@gmail.com
Ernesto José Gómez Araya	7	2010	
Rigoberto Miguel Yañez Sandoval	1	2008	rigo.yanez@gmail.com
Cardenio Hern Contreras Martínez	3	2007	
HRA Ingenieros Consultores Ltda.	20	2004	CONTACTO@HRA.CL
Ariel Moraga González	1	2003	
IHS Ingenieros Civiles Ltda.	5	2001	
Felipe Vega Otárola	2	2001	
Rodrigo Aquiles Domingo Valenzuela Cerda	1	2001	
Marcos Alberto Sandoval Carrasco	4	2000	
Empresa de Ingeniería y Proyectos Civiles Ltda.	1	1999	
Ricardo Abel Luna Andrade	3	1998	
José Ismael Ahumada Ramos	6	1996	
Julio Verdugo Podlech	1	1991	

Del total de consultores, se consideró pertinente contactar a aquellos que han desarrollado iniciativas en Aysén en los últimos años 15 años, los que se muestran en la tabla en celdas de color celeste.

Estos 12 consultores han desarrollado 87 proyectos (78% del total) desde 2004; de ellos, sólo uno de ellos (Rafael Muñoz) reside en la región de Aysén. A todos, con fecha 15 de enero y 4 de marzo de 2019, se les enviaron correos electrónicos informando de los objetivos del estudio en desarrollo mientras que, adicionalmente, se tomó contacto telefónico con Rafael Muñoz, resultando imposible realizar una reunión, debido a que él se encontraba en el interior de la región durante las visitas a terreno realizadas durante el desarrollo de la Etapa 1.

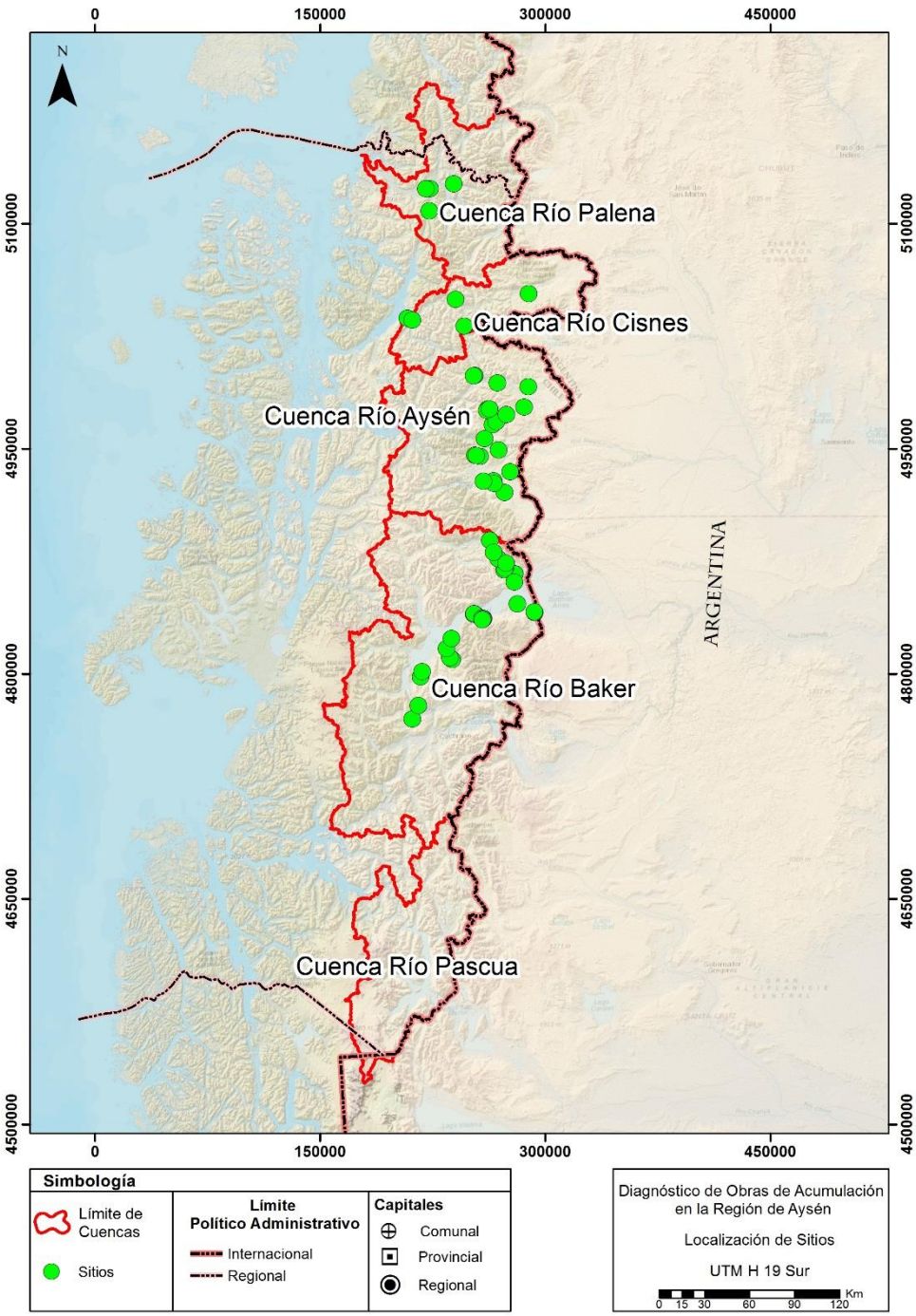
8 SITIOS PRESELECCIONADOS

8.1 Generalidades

Se determinaron un total de 58 posibles sectores en los cuales pudiesen establecerse microembalses que beneficien a productores agrícolas a través de una mayor seguridad de riego, considerando la incertidumbre que está asociada a los cambios evidenciados recientemente en el clima de la región, que se está manifestando en una menor cantidad de precipitaciones anuales y también en la época de estiaje.

En la Figura 8.1 se presenta la distribución espacial de los 58 puntos en estudio y la Tabla 8.1 se presenta su ubicación y algunas de sus características.

Figura 8.1 Sitios potenciales de emplazamiento de microembalses.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8.1 Ubicación sitios de estudio.

SITIO	UTM E (m)	UTM N (m)	HUSO	COMUNA
1	269.763	4.877.252	19	Río Ibáñez
2	273.753	4.874.100	19	Río Ibáñez
3	279.774	4.866.948	19	Río Ibáñez
4	273.293	4.870.980	19	Río Ibáñez
5	272.816	4.869.362	19	Río Ibáñez
6	279.516	4.861.346	19	Río Ibáñez
7	279.629	4.866.996	19	Río Ibáñez
8	273.088	4.870.261	19	Río Ibáñez
9	673.849	4.801.513	18	Chile Chico
10	675.111	4.805.884	18	Chile Chico
11	695.797	4.812.059	18	Chile Chico
12	694.238	4.813.398	18	Chile Chico
13	692.685	4.820.322	18	Chile Chico
14	695.050	4.825.643	18	Chile Chico
15	712.626	4.841.649	18	Chile Chico
16	713.158	4.841.034	18	Chile Chico
17	712.411	4.841.207	18	Chile Chico
18	281.785	4.846.503	19	Chile Chico
19	293.139	4.840.948	19	Chile Chico
20	292.682	4.841.523	19	Chile Chico
21	670.808	4.784.054	18	Cochrane
22	666.526	4.774.110	18	Cochrane
23	268.605	4.994.811	19	Aysén
24	274.148	4.973.221	19	Coyhaique
25	286.179	4.978.345	19	Coyhaique
26	725.180	4.999.665	18	Aysén
27	724.291	4.999.505	18	Aysén
28	288.941	5.053.538	19	Lago Verde
29	722.265	5.039.222	18	Lago Verde
30	716.738	5.050.649	18	Lago Verde
31	683.113	5.041.289	18	Cisnes
32	686.252	5.040.036	18	Cisnes
33	703.006	5.110.295	18	Cisnes
34	720.364	5.127.711	18	Cisnes
35	703.283	5.127.890	18	Cisnes
36	701.907	5.126.936	18	Cisnes
37	268.753	4.949.768	19	Coyhaique
38	734.522	4.967.343	18	Coyhaique
39	723.939	4.946.116	18	Coyhaique
40	728.786	4.957.313	18	Coyhaique

SITIO	UTM E (m)	UTM N (m)	HUSO	COMUNA
41	717.700	4.837.143	18	Chile Chico
42	718.187	4.837.418	18	Chile Chico
43	718.643	4.837.721	18	Chile Chico
44	717.733	4.838.034	18	Chile Chico
45	289.071	4.992.123	19	Coyhaique
46	268.974	4.967.977	19	Coyhaique
47	276.677	4.934.682	19	Coyhaique
48	272.311	4.920.821	19	Coyhaique
49	731.979	4.977.390	18	Coyhaique
50	731.816	4.975.902	18	Coyhaique
51	734.133	4.975.804	18	Coyhaique
52	726.608	4.928.573	18	Coyhaique
53	728.066	4.881.779	18	Río Ibáñez
54	726.757	4.889.559	18	Río Ibáñez
55	731.775	4.928.602	18	Coyhaique
56	731.800	4.927.538	18	Coyhaique
57	721.090	4.946.425	18	Coyhaique
58	721.481	4.946.396	18	Coyhaique

Fuente: Elaboración propia.

Se visitaron varios sitios más, que habían sido definidos en gabinete, pero durante la visita a terreno no fue posible establecer contacto con los propietarios o encargados, o bien manifestaron que no existía interés por este tipo de obras.

8.2 Metodología

8.2.1 Aspectos generales

Con el fin de seleccionar los sitios a evaluar, se adoptaron los siguientes criterios mínimos de trabajo, los que fueron explicados a los equipos técnicos para establecer un filtro para definir el listado preliminar de sitios a visitar:

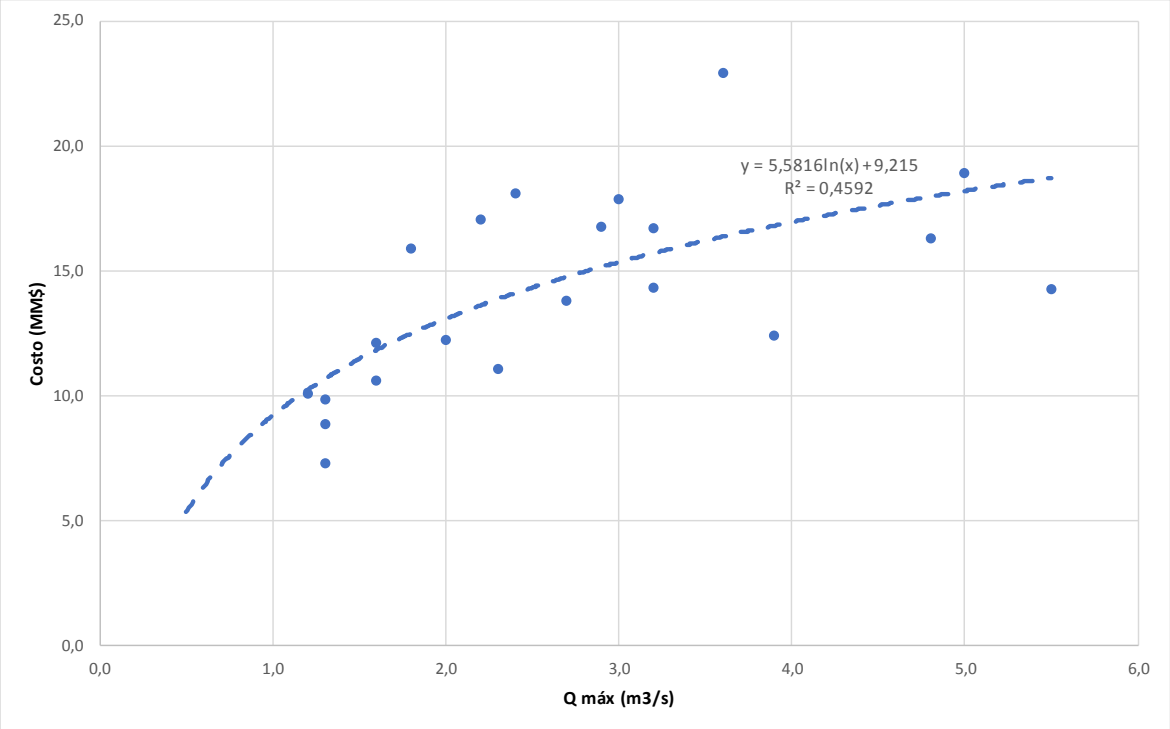
i. Que los terrenos presenten zonas con angostamientos que permitan la instalación de un muro, o en su defecto, que exista en ellos un cauce temporal o permanente.
ii. Sitios con una superficie de al menos 6 Há, lo que permite la instalación de una obra y de área bajo riego. Esa área representa un respaldo de recursos hídricos mínimo que permita la operación anual del microembalse. Esta misma superficie, permite en caso de acogerse al Artículo 10 del Código de Aguas, que los recursos hídricos disponibles sean suficientes para el funcionamiento de la obra.
iii. Sitios en lo posible con un solo dueño, evitando las sucesiones.
iv. Sitios cuyo dueño no posea más de 200 Há de superficie ponderada, ya que los propietarios con superficies mayores no pueden recibir el subsidio por parte de CNR.
v. En el caso de microembalses de muro frontal, se considerarán sitios con una cuenca aportante no superior a 200 Há en lo posible, de modo que las obras de control de crecidas sean relativamente pequeñas, teniéndose un vertedero de bajo costo.
vi. Sitios que permitan, en lo posible, la conducción gravitacional de las aguas a los sectores a regar.

Por condiciones topográficas, ya sea por la ausencia de quebradas en los predios, o por ser estas de pendiente mayor que la requerida para muros de no más de 5 m de altura, se ha privilegiado diseñar obras de acumulación lateral, alimentadas mediante obras de toma en cauces vecinos. En consecuencia, no es necesario diseñar obras de evacuación de crecidas, las que son pertinentes en casos de muros frontales.

Por otro lado, de acuerdo con la Actualización del Balance Hídrico Nacional (DGA, 2017), la cuenca del río Aysén, una de las cuencas piloto de ese estudio, indica que, si bien las precipitaciones han disminuido en el último tiempo, se prevé que las crecidas serán mayores que las definidas en el Balance Hídrico Nacional (DGA, 1987), por lo que el empleo de la información disponible probablemente implicaría el subdimensionamiento de las obras de control de crecidas.

Además, de acuerdo con datos obtenidos en la Ref. 25, se construyó la Figura 8.2, en la que se observa la relación entre el caudal de evacuar por una obra de control de crecidas y la curva de tendencia, la que presenta un punto de cambio de pendiente para caudales de alrededor de 1,5 m^3/s. Tal como se señaló anteriormente, el caudal de crecida para un período de retorno de 100 años y una cuenca de 200 Ha se encuentra en el rango de 1,9 m^3/s a 3,9 m^3/s, es decir, mayores que el cambio de pendiente, lo que refrenda que una cuenca de 200 Ha presentaría caudales tales que harían que la obra de evacuación de crecidas tuviese un valor que encarecería el proyecto.

Figura 8.2 Relación entre caudal a evacuar y costo de obra de evacuación.



Fuente: Elaboración propia basado en la Ref. 25.

Para determinar las zonas óptimas para los microembalses se analizaron las áreas alrededor de los puntos especificados anteriormente, para esto, se utilizó el mapa de elevación digital global ASTER GDEM con resolución de un arco de segundo. Se consideró que esta resolución posee la precisión necesaria para este estudio.

Sobre este mapa se situaron los puntos estudiados y se adoptó un radio de búsqueda alrededor de ellos de 5 km sujeto a variaciones dependiendo de las condiciones de la zona de estudio.

El software Global Mapper, herramienta para el tratamiento de datos SIG, fue empleado para generar las cuencas dentro de las áreas definidas anteriormente. De las cuencas obtenidas, solo fueron consideradas aquellas que poseyeran un área aportante entre 10 y 200 Há.

De los resultados obtenidos se escogieron aquellas cuencas que se encontraran próximas a los sitios con posible explotación agrícola. Además, se verificó que el drenaje de estas cuencas fuese, en lo posible, gravitacional hacia las zonas de riego. En el procedimiento realizado se consideró también incluir sectores donde se pudiese establecer una bocatoma a un curso de agua cercano, para el caso de obras de acumulación lateral.

Por otro lado, una vez inspeccionada la zona del estudio se constató que algunos sitios, en los que existe demanda para este tipo de obra, se encuentran a una distancia mayor que 5 km de los predios a los que deben regar, lo que en primera instancia se los descartó.

8.2.2 Factores de evaluación

En la Tabla 8.2 se señalan los valores de los parámetros considerados para evaluar los diversos sitios definidos, así como la incidencia de cada uno de ellos en el indicador de evaluación. Se considera que los criterios "área del predio mayor que 6 ha" y "superficie ponderada menor que 200 ha" constituyen vetos al sitio que no cumpla alguno de ambos. Para los demás criterios se establecen los valores que se muestran en la Tabla 8.2.

Tabla 8.2 Valores de los parámetros de evaluación de los sitios preseleccionados.

Criterio	Aspecto cualitativo	Valor parámetro	Factor en indicador
Propietario único	Propietario único o sucesión Regularizada	100 (Regularizada 80 (Sucesión) 30 (Sin regularizar)	0,20
Superficie potencial	Superficie total a regar en caso de construir obra de acumulación.	Directamente proporcional 100 (Área máxima) 0 (Área mínima)	0,35
Obra de toma	Privilegia obras de acumulación con bocatoma	100 (Obras con Bocatoma) 100 (Muro frontal A_{cuenca} < 200 Ha) 0 (Muro frontal A_{cuenca} > 200 Ha)	0,10
Riego gravitacional	Privilegia riego gravitacional	100 (Sí) 0 (No)	0,25
Beneficiarios	Cantidad de personas que se benefician con la producción del predio	Directamente proporcional 100 (Cantidad máxima beneficiarios) 0 (Cantidad mínima beneficiarios)	0,10

Fuente: Elaboración propia.

8.3 Diagnóstico de los sitios preseleccionados

Con base en los antecedentes presentados previamente, se procedió a recopilar antecedentes adicionales de estos. Se revisó en detalle la posibilidad de solicitud de los derechos de aprovechamiento de aguas (DAA) de forma específica para cada uno de los sitios, considerando tanto las restricciones señaladas en los artículos 129 bis 4° a 129 bis 6° del Código de Aguas con el fin de evitar el pago de patentes por no uso de los recursos, como las potenciales objeciones por afectación de los derechos ya otorgados aguas abajo de la zona donde se emplazaría el punto de captación para el microembalse.

A este respecto, se debe señalar que el Artículo 129 bis 4° se refiere al pago de patente en el caso de DAA no consuntivos, que no corresponde al uso en riego agrícola, mientras que los artículos 129 bis 5° y 129 bis 6° corresponden a DAA consuntivos de ejercicio permanente y a DAA de ejercicio eventual, respectivamente. Dado que las obras de acumulación a diseñar en este estudio consideran un uso estacional, sólo sería aplicable el Artículo 129 bis 6°.

De acuerdo con este último artículo, los DAA consuntivos de ejercicio eventual estarán exentos del pago de patente si el volumen medio por unidad de tiempo fuere inferior a 150 l/s. Considerando que el volumen máximo de las obras de acumulación es de 50.000 m^3, un llenado anual equivale a 1,58 l/s, esto es, aproximadamente 95 veces menor que el límite máximo señalado por el Código de Aguas. En consecuencia, los derechos a solicitar estarán exentos del pago de patente por no uso de las aguas, aun cuando sean llenados anualmente varias veces, de existir una oferta hidrológica suficiente.

Se generó información para completar la ficha de descripción de sitio que se presenta en el Anexo 4, así como el croquis de ubicación de las obras, fotografías de los sectores relevantes del sitio, etc.

Se hace notar que la cuenca aportante en el caso de las obras de acumulación lateral es, en general, mucho mayor que para los microembalses, lo que se debe a que corresponde a la cuenca aportante al punto de captación y no al microembalses propiamente tal, ya que al ser lateral la cuenca propia es de tamaño muy reducido.

8.4 Elementos a considerar en la identificación de sitios

Luego de realizada la preselección de sitios, se precisó información adicional a los criterios utilizados para la preselección inicial, adicionando algunas nuevas consideraciones que permitieron comparar los sitios entre sí, para luego proceder con la selección de los 30 sitios definitivos. A continuación, se presenta la información que se recabó para cada uno de los 30 sitios preseleccionados.

Las principales características que fueron considerados al momento de definir los sitios aptos para posicionar las obras de acumulación son, las siguientes:

1. Estanqueidad zona a inundar.
2. Generación de un angostamiento apto para la construcción del muro de presa (microembalses).
3. Volumen menor a 50.000 m^3.
4. Que el área de inundación no afecte propiedades vecinas.
5. Que el área de inundación no provoque interferencia con caminos, postes de alumbrado público, propiedades vecinas, etc.
6. Cercanía con el área de riego del beneficiario.
7. Adecuada calidad geotécnica para fundar la presa y construcción de vertedero.
8. Existencia de materiales cercanos de buena calidad geotécnica para los rellenos del muro.
9. Adecuado posicionamiento con relación al curso a intervenir.
10. Tamaño de cuenca aportante.

11. Factibilidad de solicitar derechos sobre aguas eventuales o factibilidad de acogerse al Articulo N°10 del Código de Aguas.
12. Disponibilidad de derechos de agua superficiales de uso consuntivo.

Todas las características mencionadas fueron evaluadas a través de las labores de terreno y de gabinete, a saber:

- Análisis en gabinete de la ubicación de los derechos de aguas superficiales constituidos y en trámite existentes.
- Análisis en gabinete del diario oficial los días 1 y 15 de cada mes respecto a nuevos derechos de aguas superficiales que se vayan solicitando, durante el tiempo en que se esté desarrollando el estudio.
- Análisis en gabinete de: tamaño de la cuenca, volumen teórico, caudales probabilidad de excedencia 85% afluentes al posible futuro muro del microtranque o en punto de ubicación de la bocatoma para alimentación de tranque lateral.
- Visitas a terreno del equipo multidisciplinario.

8.5 Descripción de los sitios

Con el objetivo de estandarizar la información disponible de cada sitio, para posteriormente desarrollar una evaluación, se desarrolló una ficha de descripción de los sitios preseleccionados. Los contenidos de esta se presentan en a continuación, los cuales corresponden a una propuesta inicial y serán perfeccionados en conjunto con la contraparte técnica de la CNR.

La ficha contiene la siguiente información:

- Identificación del sitio.
- Ubicación (coordenadas UTM, cota)
- Fuente del recurso hídrico.
- Localidad más cercana.
- Accesibilidad.
- Recursos hídricos disponibles y cuenca aportante.
- Ubicación y características de la zona de riego.
- Geomorfología del sector de emplazamiento de las obras.
- Estanqueidad de la cubeta.
- Tipo de embalse.
- Características geotécnicas de las fundaciones.
- Obra de captación.
- Obras de conducción.
- Interferencias.
- Problemas ambientales previsibles.
- Aspectos productivos.
- Derechos de agua
- Beneficiarios.

El análisis de cada sitio identificado se complementó con:

- Croquis de ubicación con indicación de vías de acceso (imagen referencial)
- Imagen de ubicación del sitio junto a la zona de riego en el predio del solicitante, con base Google Earth y el correspondiente archivo kmz.

- Perfil transversal en el eje del muro, y las curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua con el volumen, en función del nivel del lago que se genera por el tranque, obtenido de un modelo digital de elevación generado a partir de imágenes de fuentes gratuitas.
- Resumen de volumen embalsado estimado y altura de muro estimada (curva de embalse)
- Álbum fotográfico descriptivo de cada sitio.

Las fichas de los sitios se incluyen en el Anexo 4.

Además de lo anterior, en el Anexo 5 se incluyen los originales de las encuestas realizadas en terreno a los beneficiarios potenciales.

Para evitar que un sitio determinado no satisficiera a alguna de las partes, se presentó una carta de conformidad con el sitio, en donde el potencial beneficiario manifestó su conformidad con el desarrollo de labores en su predio, mediante la firma del documento, haciéndose expreso hincapié en que el desarrollo de estas labores de terreno no implica que la obra de acumulación necesariamente vaya a ser construida.

Las cartas de conformidad de los potenciales beneficiarios se incluyen en el Anexo 6.

9 SELECCIÓN DE SITIOS DEFINITIVOS

9.1 Aspectos generales

Para la selección de los sitios definitivos, se elaboró una tabla de puntuación que contiene varios criterios de evaluación en función de los antecedentes con que se cuenta para los 58 sitios preseleccionados. Los criterios de selección se presentan en la Tabla 9.4.

Para establecer los criterios de selección se tomó como base lo expuesto en la Ref. 26, ya que refleja el conocimiento actual sobre el tema, adaptándolos a la realidad de la región de Aysén constatada en el desarrollo del presente estudio.

En particular, uno de los problemas detectados consiste en la dificultad para encontrar quebradas con una pendiente media entre 1% y 2%, acordes con un microembalse con un muro de no más de 5 m de altura y 50.000 m^3 de capacidad de acumulación. El relieve de los sectores agrícolas de la región de Aysén consiste mayormente de planicies o lomajes con pendientes considerables, vecinas a serranías en que existen cauces o quebradas con pendientes muy superiores a 2%.

El primer punto mencionado, la pendiente de los sitios agrícolamente aprovechables, es favorable para que el sistema hidráulico aguas abajo de la obra de acumulación posea presión suficiente para asegurar riego gravitacional. El segundo punto, lo abrupto del relieve de la zona de quebradas y cauces, descarta en la mayor parte de los casos el emplazamiento de microembalses interviniendo cauces principales (embalses estacionales) o bien emplazando muros en cauces tributarios (tranque de acumulación lateral).

A pesar que las Bases Técnicas del estudio establecieron un volumen máximo a embalsar igual a 50.000 m^3, las que permitirían regar un área de aproximadamente 7 Ha, con posterioridad al inicio del estudio hubo cambios en la legislación que permitirían construir microembalses de hasta 120.000 m^3 de capacidad, volumen que se podría asociar a un área de riego cercana a 17 Ha. En consecuencia, se ha incluido un factor que favorezca la eventual construcción de una obra de acumulación de 120.000 m^3 de capacidad, en función del área potencial regable.

Este último parámetro se definió en función de una cota menor en unos 5 a 10 m respecto de la cota de la obra de acumulación, para asegurar riego gravitacional, y en función del relieve, considerando sólo sitios planos o

lomajes suaves. Para la determinación del relieve de las zonas de interés se empleó un modelo digital de elevación.

9.2 Criterios de selección

Cada uno de los sitios preseleccionados se evaluó en una planilla electrónica mediante los criterios que se señalan en la Tabla 9.4.

El primero de ellos es el volumen a embalsar, el puntaje está dado por lo indicado en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1 Puntaje por volumen de acumulación.

Volumen (m^3)	Puntaje
45.000 a 50.000	100
35.000 a 45.000	80
25.000 a 35.000	60
15.000 a 25.000	40
5.000 a 15.000	20
< 5.000	10

Fuente: Elaboración propia.

Se ha considerado, como indicación general, que un volumen almacenado de 50.000 m^3 de agua puede ser asociado a un área de riego de 7 Ha. En consecuencia, si el área de riego es menor que 7 Ha, se ha reducido proporcionalmente el volumen y el área en planta del microembalse correspondiente.

Para el criterio tipo de obra se asigna mayor puntaje a los tranques de acumulación lateral, penalizando el mayor costo y riesgo de colocar obras directamente en cauces de mayor escurrimiento (embalses estacionales).

Aunque no es parte de los alcances del presente estudio, se ha considerado la posibilidad de ampliación del microembalse hasta alcanzar una capacidad de 120.000 m^3, acorde con los nuevos estudios de microembalses que actualmente la CNR está desarrollando. El volumen mencionado permitiría regar un área de 17 Ha, de acuerdo con lo señalado en el párrafo anterior, por lo que se ha considerado un puntaje adicional de 50 puntos para las áreas de riego entre 7 Ha y 17 Ha, y de 100 puntos para áreas de riego superiores a 17 Ha.

Se considera también el costo de las obras de acumulación y de conducción, de acuerdo con los precios unitarios de los ítems excavación y relleno estructural manual por capas, para los muros de las obras de acumulación, disponibles en la Ref. 27. Se consideró como precio unitario para esos ítems el valor promedio entre los 2 que entrega la Ref. 27 (precio mínimo y precio máximo). La estimación de los costos de construcción y el cálculo del puntaje correspondiente a cada sitio se incluye en el Anexo 7.

Para tales estimaciones de costos se ha considerado la pendiente media y el tipo de suelo apreciable en superficie del sector en que se propone emplazar los microembalses (que reemplaza al criterio “complejidad de la construcción de las obras”), la longitud y tipo de suelo para los canales alimentadores de microembalses (que reemplazan al criterio de “longitud del canal alimentador”).

El puntaje por costo corresponde a la siguiente relación, donde “P_i“ es el puntaje del sitio “i”, y “C” es el costo de las obras:

$$P_i = 100 * \frac{C_{max} - C_i}{C_{max} - C_{min}}$$

La complejidad de la obra de conducción, tanto en relieve como en el tipo de terreno en el cual se emplazaría, se muestra en la Tabla 9.2.

Tabla 9.2 Puntaje por complejidad de la obra de conducción.

Interferencia	Puntaje
Sin interferencias	100
Interferencia menor	75
Interferencia media	50
Interferencia mayor	25

Fuente: Elaboración propia.

Las interferencias en la infraestructura existente (caminos, líneas eléctricas de alta y media tensión) que pudiera causar la construcción de la obra de acumulación se evaluarán como se señala en la Tabla 9.3.

Tabla 9.3 Puntaje por interferencias de la obra de acumulación.

Interferencia	Puntaje
Sin interferencias	100
Interferencia menor	75
Interferencia media	50
Interferencia mayor	25

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, se ha eliminado el criterio "beneficiarios de la producción" puesto que, al tratarse en su totalidad de obras que riegan el mismo predio en el que se emplazan los microembalses, sin beneficiar a terceros, no aporta una diferenciación entre los sitios preseleccionados.

Tabla 9.4 Matriz propuesta para la selección de sitios.

Criterios	Sub-Criterio	Aspecto cualitativo	Definición de Puntajes	Ponderadores (%)		Rangos Adoptados		
				Global	Detallado			
Antecedentes Técnicos	Volumen de acumulación	Es una de las variables más relevantes, es deseable la obra que acumule el mayor volumen posible, dentro de los límites establecidos.	Relación directa para mayor puntaje	50	60	Ver relación adjunta		
	Tipo de obra de acumulación	Se favorecen los tranques de acumulación lateral.	Mayor puntaje a tranques de acumulación lateral		15	Acumulación lateral	Embalse estacional	
						100	50	
	Posibilidad de ampliación	Considera el caso de ampliar la capacidad de microembalses a 120,000 m^3, en caso de áreas de riego superiores a 7 Ha	Relación directa para mayor puntaje		15	Área de riego superior a 17 ha	Área de riego entre 7 y 17 ha	Área de riego inferior a 7 ha
						100	50	0
	Conducción gravitacional	Se favorecen las captaciones gravitacionales sobre las captaciones por elevación mecánica	Captación gravitacional mayor puntaje		10	Gravitacional	Elevación mecánica	
						100	0	
	Costos de las obras de acumulación y de conducción	Se favorecen los menores costos, aunque en menor incidencia que el volumen de acumulación	Relación inversa para mayor puntaje	15	40	Ver relación adjunta		
	Complejidad de la obra de conducción	Depende del relieve del sector en el que se emplazaría la obra de conducción	Relación inversa para mayor puntaje		30	Complejidad mayor	Complejidad media	Complejidad menor
						40	70	100
	Riego gravitacional	Se favorece el riego gravitacional sobre el riego mediante bombeo	Riego gravitacional mayor puntaje		20	Gravitacional	Elevación mecánica	
						100	0	
	Posibilidad Ubicación Botaderos	Posibilidad de instalar botadero en el predio	Relación directa para mayor puntaje		10	Distancia baja	Distancia media	Distancia alta
						100	80	60
Antecedentes Productivos	Potencial Agrícola	Potencial productivo de la nueva producción que el beneficiario desee desarrollar bajo riego. A mayor potencial, mayor puntaje.	Relación directa para mayor puntaje	15	100	Potencial mayor	Potencial medio	Potencial menor
						100	80	60
Interferencia e impactos ambientales	Interferencias	Uno de los aspectos que pueden encarecer significativamente la obra es la presencia o no de interferencia y su tipo (tendidos eléctricos en baja y alta tensión, caminos, etc.)	Relación inversa para mayor puntaje	10	55	Ver relación adjunta		
	Impactos ambientales	Cualquier impacto ambiental que genere la obra se considera como un efecto negativo.	Relación inversa para mayor puntaje		45	Impacto mayor	Impacto medio	Impacto menor
						50	80	100
Antecedentes Legales y derechos de aguas	Propiedad del Predio	Propietario Único o Sucesión Regularizada	Mayor Puntaje a la propiedad regularizada	5	40	Regularizada	Sucesión	Sin regularizar
						100	80	30
	Factibilidad de Solicitud de Derechos de Agua	Factibilidad de obtención de derechos superficiales sin potenciales oposiciones, o factibilidad de ingreso por Articulo 10,	Relación directa. Mejor Puntaje		60	Factibilidad	Sin factibilidad	
						100	0	
Antecedentes del predio e interés del beneficiario	Antecedentes Prediales	Superficie potencial de incorporar bajo riego (a mayor superficie mayor puntaje)	Relación directa. Mayor Puntaje	5	25	Sup potencial mayor	Sup potencial media	Sup potencial menor
						100	80	60
	Interés del Beneficiario	Interés detectado por el equipo y por los asesores técnicos locales	Relación directa. Mayor Puntaje		75	Interés mayor	Interés medio	Interés bajo
						100	60	20

Fuente: Elaboración propia basada en la Ref. 26.

9.3 Sitios seleccionados

En la Tabla 9.5 se muestra la ubicación de los 58 sitios, así como el área potencialmente regable en los respectivos predios y la capacidad de almacenamiento, costo estimado y puntaje de evaluación.

Tabla 9.5 Resultado de la evaluación de los sitios preseleccionados.

SITIO	UTM E (m)	UTM N (m)	HUSO	COMUNA	A_{riego} (Ha)	CAPACIDAD (m^3)	COSTO (M$)	PUNTAJE
1	269.763	4.877.252	19	Río Ibáñez	1,3	9.000	203,32	62,9
2	273.753	4.874.100	19	Río Ibáñez	35,0	50.000	450,60	93,4
3	279.774	4.866.948	19	Río Ibáñez	2,0	14.286	285,36	63,5
4	273.293	4.870.980	19	Río Ibáñez	5,4	38.429	450,55	79,4
5	272.816	4.869.362	19	Río Ibáñez	1,8	12.857	277,82	56,5
6	279.516	4.861.346	19	Río Ibáñez	2,2	15.429	300,12	66,5
7	279.629	4.866.996	19	Río Ibáñez	3,6	26.000	376,55	72,1
8	273.088	4.870.261	19	Río Ibáñez	0,8	6.000	195,30	60,5
9	673.849	4.801.513	18	Chile Chico	24,8	50.000	505,92	91,2
10	675.111	4.805.884	18	Chile Chico	11,6	50.000	505,46	69,4
11	694.864	4.813.089	18	Chile Chico	17,7	50.000	506,64	95,0
12	694.238	4.813.398	18	Chile Chico	19,1	50.000	537,13	94,5
13	692.685	4.820.322	18	Chile Chico	19,6	50.000	506,46	93,7
14	695.050	4.825.643	18	Chile Chico	27,0	50.000	506,22	89,8
15	712.626	4.841.649	18	Chile Chico	6,2	44.357	537,00	73,1
16	713.158	4.841.034	18	Chile Chico	4,8	34.500	470,45	68,1
17	712.411	4.841.207	18	Chile Chico	6,8	48.857	564,96	80,0
18	281.785	4.846.503	19	Chile Chico	47,9	50.000	571,47	90,3
19	293.139	4.840.948	19	Chile Chico	15,3	50.000	570,52	82,3
20	292.682	4.841.523	19	Chile Chico	4,6	32.643	454,04	65,7
21	670.808	4.784.054	18	Cochrane	3,9	27.786	383,35	74,5
22	666.526	4.774.110	18	Cochrane	56,4	50.000	506,36	87,3
23	268.605	4.994.811	19	Coyhaique	12,7	50.000	420,82	88,8
24	274.148	4.973.221	19	Coyhaique	2,2	15.714	227,95	73,5
25	266.664	4.972.096	19	Coyhaique	13,9	50.000	414,00	86,4
26	725.180	4.999.665	18	Aysén	20,9	50.000	446,54	95,2
27	724.291	4.999.505	18	Aysén	5,5	39.571	397,48	74,2
28	288.941	5.053.538	19	Lago Verde	3,7	26.071	379,13	73,5
29	722.265	5.039.222	18	Lago Verde	5,1	36.286	458,49	78,5
30	716.738	5.050.649	18	Lago Verde	23,6	50.000	571,30	85,4
31	683.113	5.041.289	18	Cisnes	5,1	36.571	335,03	76,3
32	686.252	5.040.036	18	Cisnes	29,2	50.000	430,48	85,7
33	703.006	5.110.295	18	Cisnes	47,9	50.000	537,08	92,0
34	720.364	5.127.711	18	Cisnes	42,4	50.000	505,72	90,9
35	703.283	5.127.890	18	Cisnes	11,2	50.000	505,81	86,1

SITIO	UTM E (m)	UTM N (m)	HUSO	COMUNA	A_{riego} (Ha)	CAPACIDAD (m^3)	COSTO (M$)	PUNTAJE
36	701.907	5.126.936	18	Cisnes	1,9	13.500	283,43	64,1
37	268.753	4.949.768	19	Coyhaique	2,6	18.857	240,51	69,5
38	734.522	4.967.343	18	Coyhaique	134,0	50.000	347,80	97,1
39	723.939	4.946.116	18	Coyhaique	33,9	50.000	380,92	96,5
40	728.786	4.957.313	18	Coyhaique	6,8	48.714	398,27	89,0
41	717.700	4.837.143	18	Chile Chico	32,5	50.000	552,02	86,6
42	718.187	4.837.418	18	Chile Chico	42,8	50.000	489,47	87,6
43	718.643	4.837.721	18	Chile Chico	29,9	50.000	519,81	87,1
44	717.733	4.838.034	18	Chile Chico	24,1	50.000	496,06	83,4
45	289.071	4.992.123	19	Coyhaique	4,7	33.786	347,31	75,6
46	268.974	4.967.977	19	Coyhaique	63,1	50.000	414,54	96,3
47	276.677	4.934.682	19	Coyhaique	25,6	50.000	338,57	96,9
48	272.311	4.920.821	19	Coyhaique	211,5	50.000	414,78	94,9
49	731.979	4.977.390	18	Coyhaique	213,4	50.000	354,93	97,2
50	731.816	4.975.902	18	Coyhaique	36,9	50.000	354,88	97,5
51	734.133	4.975.804	18	Coyhaique	111,0	50.000	421,31	95,0
52	726.608	4.928.573	18	Coyhaique	443,1	50.000	347,02	97,1
53	728.066	4.881.779	18	Río Ibáñez	5,3	37.571	394,75	80,6
54	726.757	4.889.559	18	Río Ibáñez	11,6	50.000	373,87	85,7
55	731.775	4.928.602	18	Coyhaique	47,2	50.000	367,14	97,0
56	731.800	4.927.538	18	Coyhaique	21,5	50.000	354,26	97,2
57	721.192	4.946.746	18	Coyhaique	3,1	22.143	246,62	71,2
58	721.574	4.946.732	18	Coyhaique	21,6	50.000	338,67	95,0

Fuente: Elaboración propia.

Los 30 sitios seleccionados, de acuerdo con los criterios señalados y la correspondiente evaluación, son los que se muestran en la Tabla 9.6.

Tabla 9.6 Sitios seleccionados.

CORR	SITIO	COMUNA	A_{riego} (Ha)	CAPACIDAD (m^3)	COSTO (M$)	PUNTAJE
1	50	Coyhaique	36,9	50.000	354,88	97,5
2	56	Coyhaique	21,5	50.000	354,26	97,2
3	49	Coyhaique	213,4	50.000	354,93	97,2
4	52	Coyhaique	443,1	50.000	347,02	97,1
5	38	Coyhaique	134,0	50.000	347,80	97,1
6	55	Coyhaique	47,2	50.000	367,14	97,0
7	47	Coyhaique	25,6	50.000	338,57	96,9
8	39	Coyhaique	33,9	50.000	380,92	96,5
9	46	Coyhaique	63,1	50.000	414,54	96,3
10	26	Aysén	20,9	50.000	446,54	95,2
11	51	Coyhaique	111,0	50.000	421,31	95,0
12	11	Chile Chico	17,7	50.000	506,64	95,0
13	58	Coyhaique	21,6	50.000	338,67	95,0
14	48	Coyhaique	211,5	50.000	414,78	94,9
15	12	Chile Chico	19,1	50.000	537,13	94,5
16	13	Chile Chico	19,6	50.000	506,46	93,7
17	2	Río Ibáñez	35,0	50.000	450,60	93,4
18	33	Cisnes	47,9	50.000	537,08	92,0
19	9	Chile Chico	24,8	50.000	505,92	91,2
20	34	Cisnes	42,4	50.000	505,72	90,9
21	18	Chile Chico	47,9	50.000	571,47	90,3
22	14	Chile Chico	27,0	50.000	506,22	89,8
23	40	Coyhaique	6,8	48.714	398,27	89,0
24	23	Coyhaique	12,7	50.000	420,82	88,8
25	22	Cochrane	56,4	50.000	506,36	87,3
26	25	Coyhaique	13,9	50.000	414,00	86,4
27	35	Cisnes	11,2	50.000	505,81	86,1
28	42	Chile Chico	42,8	50.000	489,47	85,8
29	32	Cisnes	29,2	50.000	430,48	85,7
30	54	Río Ibáñez	11,6	50.000	373,87	85,7

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 7 se muestra el detalle de los valores determinados para cada criterio primario y secundario, así como los puntajes parciales y totales de cada uno de los 58 sitios preseleccionados.

9.4 Presentación de los resultados ante la CRR

El 14 de mayo de 2019 se expusieron los resultados iniciales de la selección de sitios, durante la sesión de la CRR, encabezada por el Seremi de Agricultura en Aysén, Sr. Felipe Henríquez, en la que participaron diversas reparticiones públicas (Indap, SAG, DGA, DOH, Conadi, etc.).

Los principales comentarios emitidos por los asistentes a la sesión de la CRR se refirieron a:

- Incorporar de un criterio de selección que favorezca los sitios en los que se registren precipitaciones menos abundantes.
- Verificar la posibilidad de traslados de derechos de agua ya constituidos.
- Aumentar el valor del factor de potencial agrícola.

Por otro lado, al mencionarse los embalses de mayor capacidad, que podrían atender las necesidades de muchos predios, los asistentes a la sesión de la CRR comentaron que no preveían un desarrollo exitoso de la iniciativa, dada la escasa cooperación registrada entre productores ubicados geográficamente en un mismo sector de la región, que se ha manifestado en varias iniciativas y que formaría parte de la cultura local, que tendería a ser individualista.

10 ESTUDIO HIDROLÓGICO

10.1 Estimación del respaldo hidrológico de las fuentes de abastecimiento

10.1.1 Introducción

A continuación, se expone el estudio desarrollado para estimar el respaldo hidrológico de las fuentes que abastecerían cada uno de los microembalses de los 30 sitios seleccionados.

El procedimiento utilizado consistió en recabar la información de precipitaciones medias mensuales y temperaturas medias mensuales en las 2 cuencas en las que se ubican los sitios seleccionados (Aysén y Baker), más algunas ubicadas en las proximidades de esas hoyas. La información, obtenida desde el sitio web de la DGA, fue rellenada y extendida para cubrir el período de 30 años comprendidos entre 1989 y 2018, ambos años inclusive.

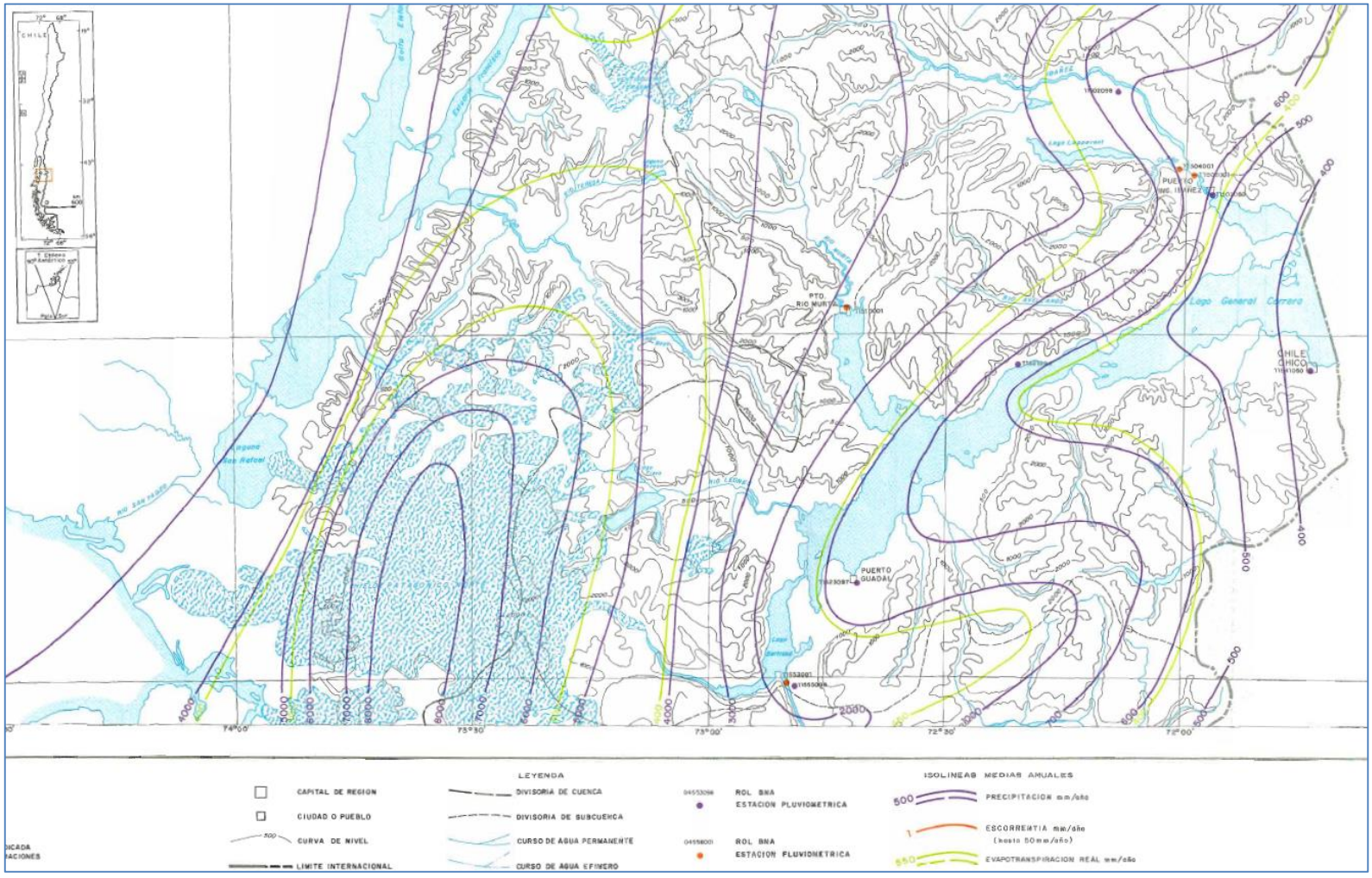
A continuación, para el mismo período, se generaron las precipitaciones en las cuencas aportantes a cada una de las fuentes de los 30 microembalses y, mediante una relación precipitación / temperatura / escorrentía, se procedió a generar las series de caudales medios mensuales correspondiente, a las que a continuación se efectuó un análisis de frecuencia, determinándose así los caudales asociados a las probabilidades de excedencia requeridas para la solicitud de derechos de agua, entre otras.

10.1.2 Variabilidad geográfica de las precipitaciones

De acuerdo con la Ref. 4, las precipitaciones en la región de Aysén poseen una gran variabilidad en sentido oeste-este, siendo mucho menor esta variabilidad en sentido norte-sur. Por ejemplo, en el Campo de Hielo Norte la Ref. 4 ubica las isoyetas correspondientes a precipitaciones medias anuales de 5.000 mm a 8.000 mm, mientras que en el lago General Carrera están las isoyetas de 2.000 mm (desembocadura) a 400 mm (Chile Chico), como se observa en la

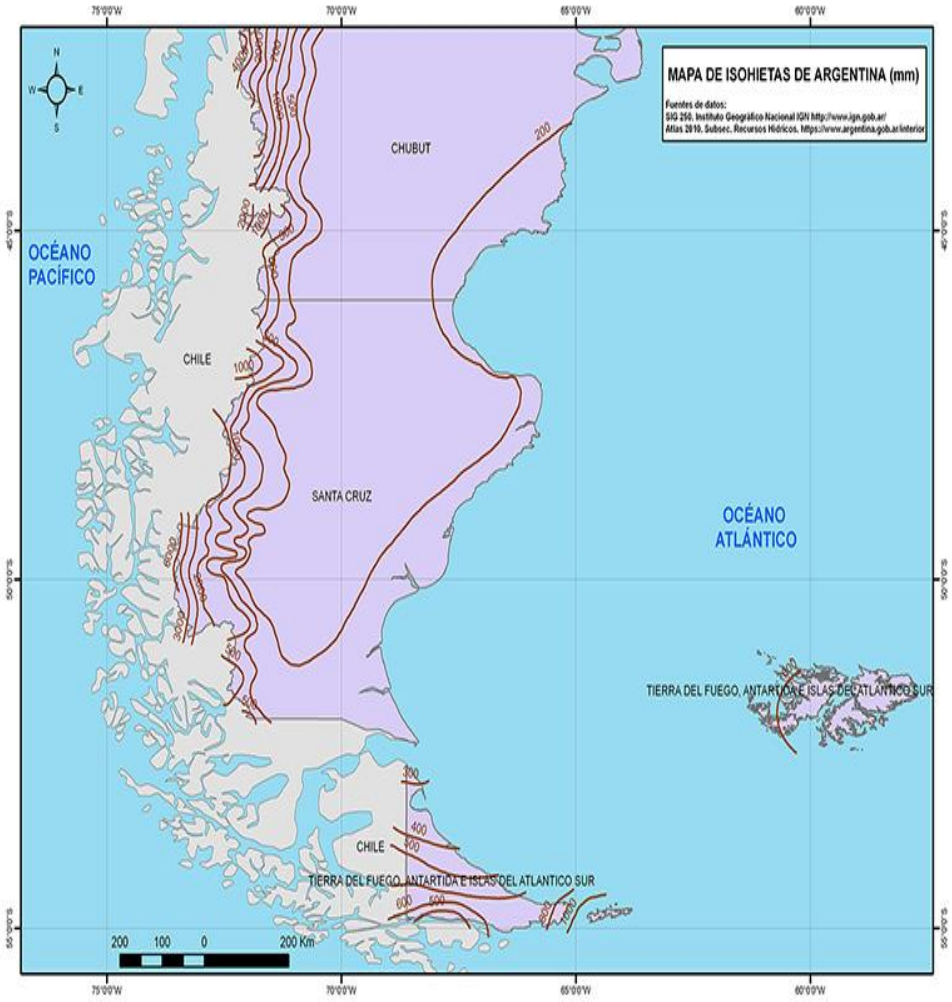
Figura **10.1**. Se trata de un notable gradiente de precipitaciones, que va de 8.000 mm a 400 mm en sólo 120 km. Esta tendencia se mantiene hacia el este, en territorio argentino, donde las precipitaciones van de 500 mm a 200 mm, considerándose que en la mayor parte de las provincias de Chubut y Santa Cruz las precipitaciones medias anuales son inferiores a 200 mm (Figura 10.2).

Figura 10.1: Isolíneas sector campo de hielo Norte - lago General Carrera.



Fuente: Ref. 4.

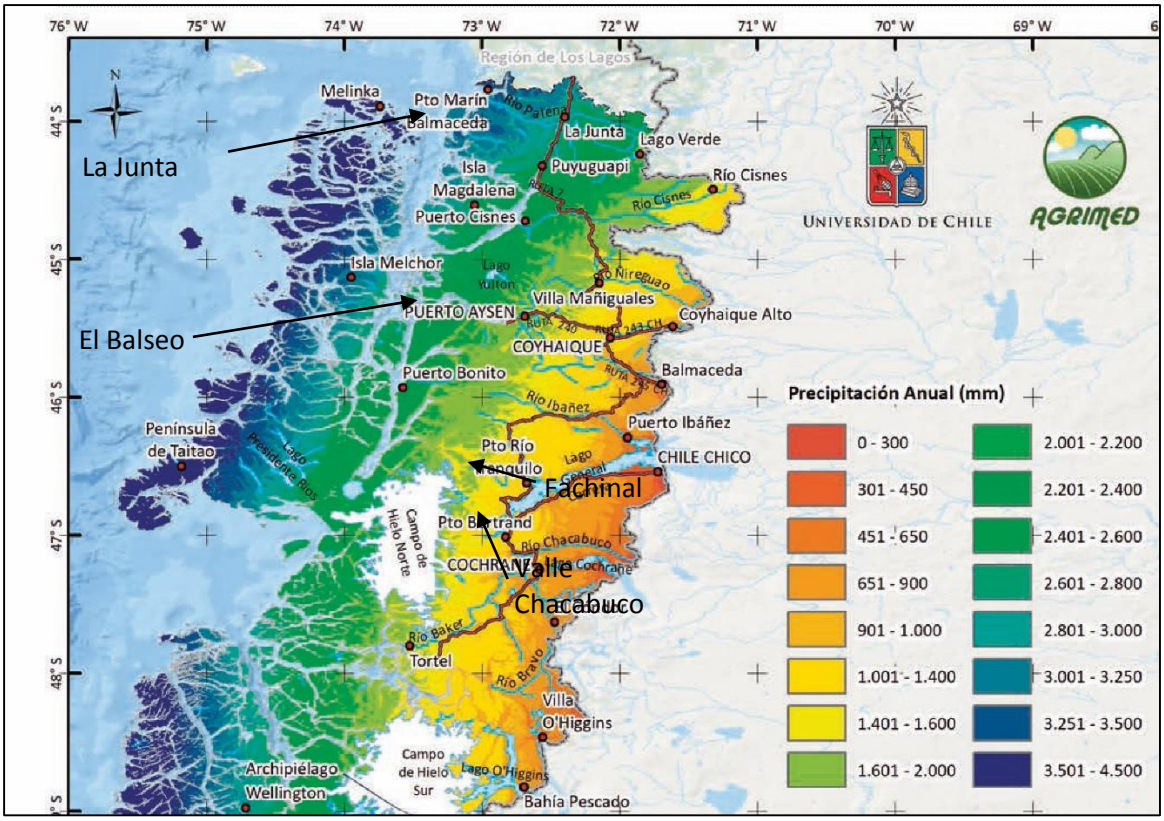
Figura 10.2: Isoyetas en la Patagonia argentina.



Fuente: Ref. 28.

Por otra parte, existe cierta variabilidad de las precipitaciones en sentido norte-sur, aunque menos marcada que la ya mencionada (Figura 10.3). En efecto, para una misma longitud geográfica, en el sector norte se registran precipitaciones mayores que en el sur; por ejemplo, la localidad de La Junta, en el sector norte de la región de Aysén, corresponde a una precipitación aproximada de 2.800 mm anuales, mientras que, en el sector de El Balseo, en la zona central de la región, se observa 1.500 mm anuales y en el sur se registran unos 700 mm en Fachinal y Valle Chacabuco. Todas las localidades mencionadas se encuentran aproximadamente en la longitud 72°20' W.

Figura 10.3: Precipitaciones en la región de Aysén.



Fuente: Ref. 29.

10.1.3 Registros de la DGA

Se obtuvieron en el sitio web de la DGA los registros de precipitaciones medias mensuales y de temperaturas medias mensuales

Tabla 10.1: Información disponible de precipitaciones medias mensuales DGA

Cuenca	Estación Meteorológica	Código BNA	Período	Años	Años completos con datos	
					Total	1989-2018
Río Palena	La Junta	11041001-8	1981/2018	38	27	21
	Lago Verde	11031001-3	1993/2018	26	9	9
	Marín Balmaceda	11043001-9	1993/2018	26	11	11
	Villa Santa Lucía	11023002-8	2014/2018	5	3	3
Río Cisnes	La Tapera	11143003-9	1981/2002	22	15	8
	Puerto Cisnes	11147003-0	1955/2018	64	35	16
	Río Cisnes	11140001-6	1981/2018	38	21	14
Río Aysén	Puerto Aysén	11342002-2	1931/2009	79	45	11
	Río Aysén en Puerto Aysén	11342001-4	2002/2018	17	14	14
	Coyhaique Alto	11316004-7	1962/2018	57	30	18

Cuenca	Estación Meteorológica	Código BNA	Período	Años	Años completos con datos	
					Total	1989-2018
	Coyhaique Conaf	11317005-0	2002/2018	16	12	12
	Coyhaique Esc Agr	11316003-9	1984/2018	35	25	21
	El Balseo	11318002-1	1980/2018	39	27	20
	Estancia Baño Nuevo	11300001-5	2001/2018	18	16	16
	Ñirehuao	11302002-4	1994/2018	25	10	10
	Puerto Chacabuco	11400001-9	1965/2018	54	35	24
	Río Blanco Chico antes junta Oscuro	11310003-6	2010/2018	9	7	7
	Río Simpson antes junta Coyhaique	11317001-8	2005/2018	14	11	11
	Villa Mañihuales	11304001-7	1986/2017	32	23	22
	Villa Ortega	11307002-1	1981/2018	38	17	10
Río Baker	Puerto Ibáñez	11511001-2	1961/2009	49	18	9
	Río Ibáñez en desembocadura	11505001-K	2005/2018	14	8	8
	Aeródromo Cochrane	11536003-5	1997/1998	2	0	0
	Chile Chico	11521002-5	1963/2018	56	15	12
	Bahía Murta	11513001-3	1993/2018	26	20	20
	Caleta Tortel	11546001-3	2002/2017	16	12	12
	Estancia Valle Chacabuco	11533001-2	1993/2018	26	18	18
	Lago Cachet 2 en glaciar Colonia	11540000-2	2009/2018	10	1	1
	Lago General Carrera en desagüe	11517002-3	2015/2018	4	3	3
	Lago General Carrera en Fachinal	11521005-K	2016/2018	3	3	3
	Lago General Carrera en Puerto Guadal	11523002-6	2015/2018	4	2	2
	Puerto Guadal	11523001-8	1993/2016	24	9	9
	Río Baker en angostura Chacabuco	11536004-3	2003/2018	16	12	12
	Río Cochrane en Cochrane	11536001-9	2004/2018	15	8	8
	Río Colonia en nacimiento	11541000-8	2009/2018	10	4	4
	Río Nef antes junta estero El Revalse	11532000-9	2010/2018	9	3	3
	Villa Cerro Castillo	11503001-9	1992/2018	27	18	18
Río Pascua	Candelario Mancilla	11704001-1	1967/2018	52	8	8
	Glaciar O'Higgins en Punta Nahuelcar	11706000-4	2009/2018	10	0	0
	Río Meyer retén	11700001-K	1993/2004	12	5	5
	Río Pascua antes junta río Quetru	11711000-1	2003/2018	16	13	13
	Villa O'Higgins	11701002-3	1993/2008	16	7	7
	Lago O'Higgins en Villa O'Higgins	11702000-2	2003/2018	16	12	12
Otras	Cisnes Medio	11144002-6	1981/2018	38	29	24
	Fiordo Jorge Montt	11800000-5	2017/2018	2	1	1
	Islas Huichas	11180000-6	2011/2018	8	5	5
	Laguna San Rafael	11440000-9	2009/2018	10	0	0
	Puerto Puyuhuapi	11120001-7	1981/2018	38	26	19

Fuente: Elaboración propia.

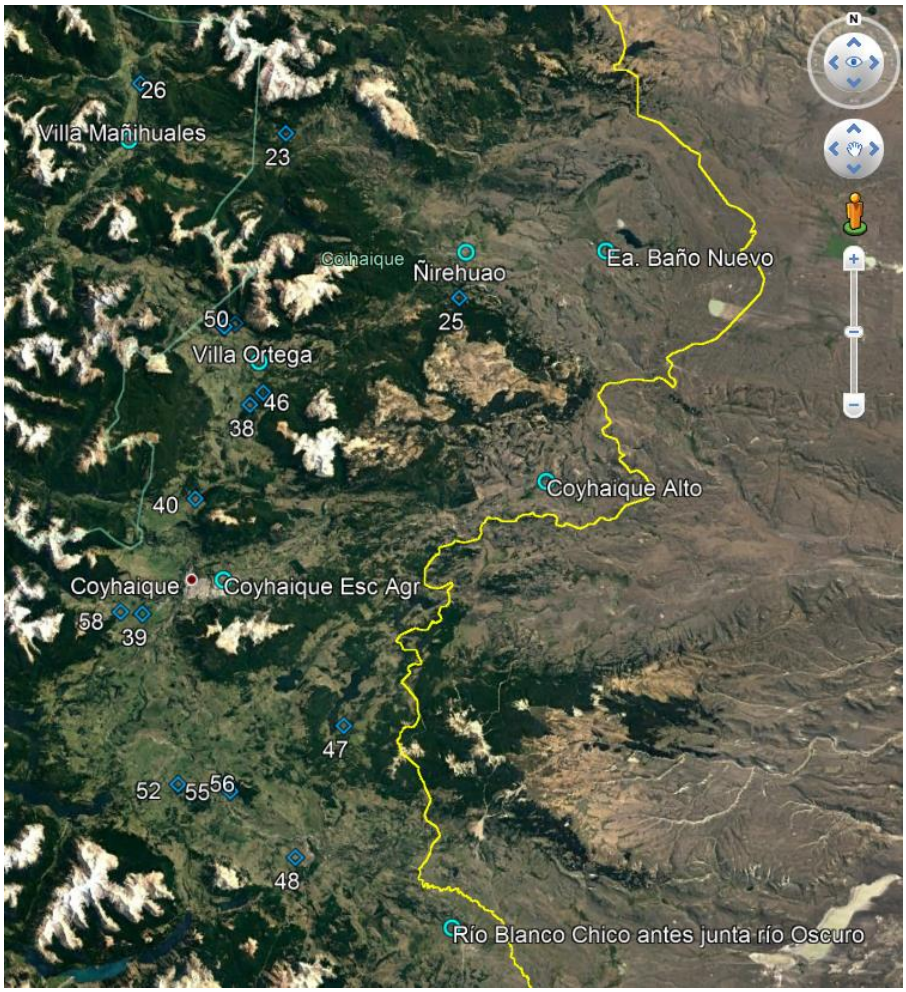
Del total de estaciones obtenidas, para establecer los patrones de precipitación y realizar los procedimientos de relleno y extensión de registros, se decidió emplear aquellas que cubrieran el área en que se encuentran los 30 sitios seleccionados y que mostraran mayor cantidad de datos. Son las que se muestran en la Tabla 10.2 y en la Tabla 10.3, además de la Figura 10.4 y la Figura 10.5. En estas últimas figuras se señalan mediante rombos azules los sitios seleccionados.

Tabla 10.2: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Aysén.

Coyhaique Esc Agr (CYE)	Estancia Baño Nuevo (EBN)
Coyhaique Alto (CYA)	Ñirehuao (ÑIR)
Ñirehuao (ÑIR)	Villa Mañihuales (VMÑ)
Villa Ortega (VOR)	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.4: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Aysén.



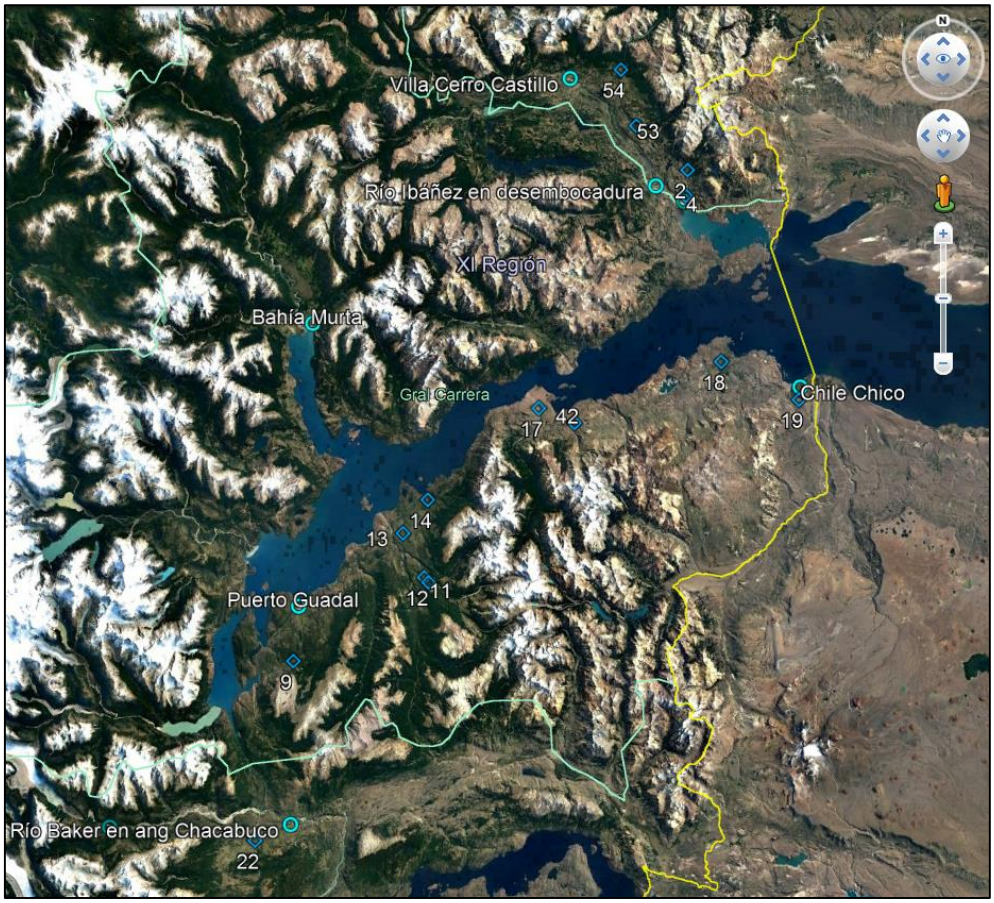
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.3: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Baker.

Chile Chico (CHI)	Puerto Ibáñez (PIB)
Río Blanco Chico antes junta Oscuro (RBC)	Río Ibáñez en desembocadura (RID)
Puerto Guadal (PTG)	Río Nef antes junta estero El Revalse (RNF)
Villa Ortega (VOR)	Villa Cerro Castillo (VCC)
Bahía Murta (BHM)	Río Baker en angostura Chacabuco (BAC)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.5: Estaciones base del análisis hidrológico. Cuenca río Baker.



Fuente: Elaboración propia.

Se constató que muchos de los registros mensuales corresponden a meses incompletos, en especial en febrero, abril, junio, septiembre y noviembre. La mayor parte de los meses incompletos lo son con registros de más de 20 días de información, siendo mucho menores los casos de entre 10 y 20 días de información, y entre 1 y 10 días de información.

En el **Anexo 8** se muestran los registros obtenidos.

10.1.4 Meses con registros incompletos

Dado que los meses con registros incompletos eran muy numerosos, alcanzando a cerca del 50% del registro de las estaciones seleccionadas, se procedió a definir un criterio para determinar el valor a emplear en aquellos meses.

Los registros de precipitaciones mensuales de la DGA señalan 3 categorías de meses con registros incompletos:

- Más de 20 días con información en el mes.
- 11 - 20 días con información en el mes.
- 1 - 10 días con información en el mes.

Se determinó el criterio conservador de considerar los registros de las dos primeras categorías, por lo que estos registros muy probablemente sean inferiores a las precipitaciones realmente ocurridas. Es decir, se tendrán valores que constituyen una cota inferior de ese parámetro.

En el caso de 1 a 10 días, se determinó desechar ese dato y rellenarlo del mismo modo que los meses sin información alguna.

En el Anexo 9 se muestran los registros modificados.

10.1.5 Patrón de precipitaciones

El relleno de datos de una estación meteorológica con datos de estaciones vecinas se puede realizar si todas ellas están sometidas al mismo régimen de precipitaciones. Para fundamentar este procedimiento de relleno es aconsejable verificar que exista un patrón de precipitaciones en el sector estudiado.

En las latitudes medias, esto es, entre los 30° y 60° de latitud (en la que se encuentra la región de Aysén), se generan sistemas frontales que se originan en el océano Pacífico. Se trata de ciclones extratropicales que contienen una gran cantidad de nubosidad y que se desplazan de oeste a este, provocando precipitaciones a lo largo de su paso, antes de debilitarse.

En términos generales el descrito es el mecanismo de precipitaciones en los sectores central, sur y austral de Chile. Para verificarlo se realizó un cálculo de patrones de precipitaciones en la cuenca del río Aysén, escogiendo estaciones en una misma latitud, en la zona de fiordos (oeste), central y de estepa (este).

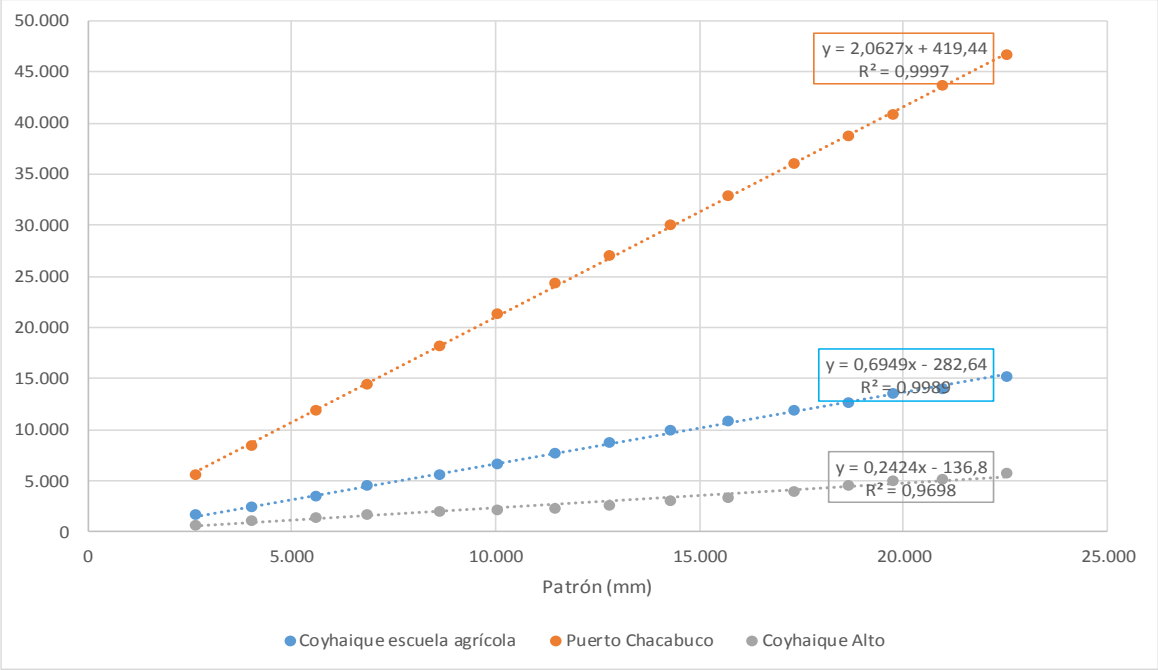
En el primer patrón se consideraron las precipitaciones anuales de registros de años completos de las estaciones Puerto Chacabuco (oeste), Coyhaique escuela agrícola (centro) y Coyhaique Alto (este).

Tabla 10.4: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Aysén

	PCH	CYA	CYE	P	∆P	∆PCH	∆CYA	∆CYE
1985	2.976	273	940	1.397				
1987	2.581	420	685	1.229	2.625	5.557	694	1.626
1989	2.965	424	790	1.393	4.019	8.522	1.118	2.416
1994	3.390	272	1.068	1.577	5.595	11.912	1.390	3.484
1995	2.559	238	989	1.262	6.857	14.471	1.628	4.474
1996	3.809	426	1.105	1.780	8.637	18.280	2.054	5.578
2001	3.131	66	1.038	1.411	10.049	21.410	2.120	6.616
2004	3.022	130	1.075	1.409	11.458	24.433	2.249	7.691
2005	2.682	313	1.029	1.341	12.799	27.114	2.562	8.720
2006	2.888	424	1.162	1.491	14.290	30.002	2.986	9.882
2008	2.948	334	946	1.409	15.699	32.950	3.320	10.828
2010	3.116	605	1.066	1.595	17.295	36.066	3.925	11.894
2014	2.653	556	825	1.345	18.639	38.719	4.481	12.719
2015	2.094	450	796	1.113	19.753	40.813	4.930	13.515
2016	2.901	180	504	1.195	20.947	43.713	5.110	14.019
2017	2.962	606	1.134	1.567	22.515	46.675	5.716	15.153

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.6: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Aysén.



Fuente: Elaboración propia.

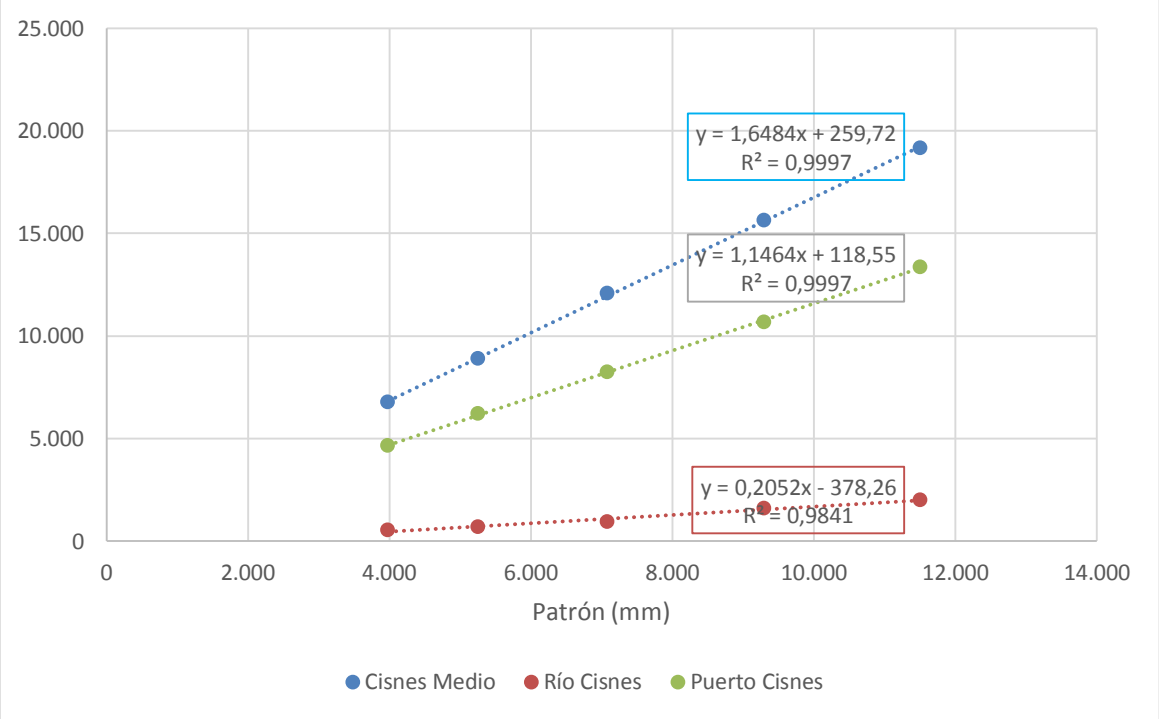
El segundo patrón se realizó en la cuenca del río Cisnes, con las estaciones Puerto Cisnes (oeste), Cisnes Medio (central) y Río Cisnes (este).

Tabla 10.5: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Cisnes

	RCS	CSM	PCS	P	ΔP	ΔRCS	ΔCSM	ΔPCS
2001	307	1.602	3.214	1.708				
2004	209	3.061	3.544	2.271	3.979	516	4.663	6.758
2007	158	1.539	2.130	1.276	5.255	674	6.202	8.887
2008	278	2.025	3.177	1.827	7.081	952	8.227	12.064
2010	632	2.459	3.562	2.217	9.299	1.583	10.686	15.626
2011	417	2.683	3.525	2.208	11.507	2.000	13.369	19.151

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.7: Patrón de precipitaciones de la cuenca del río Cisnes.



Fuente: Elaboración propia.

Para la cuenca del río Baker no fue posible realizar este cálculo, pues las estaciones del área no poseen una cantidad suficiente de años con registros años completos. Sin embargo, los patrones establecidos permiten inferir que efectivamente las precipitaciones en la región de Aysén responden al fenómeno meteorológico de los sistemas frontales, es decir, de grandes masas nubosas que van descargando las precipitaciones de oeste a este, aunque en mucho mayor proporción en el sector oeste, disminuyendo hacia el este.

La segunda conclusión de este patrón de precipitaciones consiste en que es viable realizar correlaciones entre estaciones cercanas para proceder a rellenar y extender sus registros incompletos, para luego pasar a estimar las precipitaciones en las cuencas aportantes a los microembalses de los 30 sitios seleccionados.

10.1.6 Relleno y extensión de precipitaciones

Se procedió a continuación a rellenar y extender los valores de las precipitaciones mensuales para el período 1989-2018, representativo de la situación meteorológica actual. La estación con más información de precipitaciones en el sector es Coyhaique Escuela Agrícola, la cual se empleó para rellenar varias de las estaciones vecinas. Previo a este paso fue el relleno de los datos faltantes de Coyhaique Escuela Agrícola, para lo que se empleó la información de la estación Puerto Chacabuco.

Asimismo, se rellenó la estación Coyhaique Alto, representativa de la zona oriental (pampa patagónica) en primer lugar con estaciones cercanas y luego con Coyhaique Escuela Agrícola.

En la cuenca del río Baker se debió recurrir a la estación pluviométrica del aeródromo de Balmaceda (DMC) para rellenar los años comprendidos entre 1989 y 1993, en los que las estaciones de la DGA no poseen registros. En esta cuenca la estación Puerto Ibáñez es que se empleó principalmente para rellenar las cuencas vecinas.

Para realizar un análisis de frecuencia de caudales primero se verificó la consistencia de la información presentada por las estaciones pluviométricas analizadas, para esto, se aplicó el método de la curva doble acumulada utilizando las precipitaciones medias mensuales, los cuales se determinaron por medio de un relleno de información entre las estaciones analizadas.

El relleno de información necesaria se realizó verificando la correlación que existe entre la información presentada por las estaciones para posteriormente utilizar el método de regresión lineal.

Aceptando como válidos los cuadrados de los coeficientes de correlación R^2 = 0,75. Se procedió a aplicar el modelo de regresión lineal corregida con una variable aleatoria según la siguiente expresión:

$$Y_1 = \alpha \cdot Y_2 + \beta + \sqrt{1 - R^2} \cdot \varepsilon \cdot S_Y$$

Donde:

Y_1: Variable que se desea rellenar.
Y_2: Variable que se utilizará para rellenar la estadística de Y_1.
β: Coeficiente de intersección de la regresión lineal entre ambas variables.
R^2: Coeficiente de determinación de la regresión entre ambas variables.
ε: Error aleatorio asociado a una distribución normal con media 0 y desviación estándar igual a 1.
S_Y: Desviación estándar de la serie original.
α: Coeficiente de regresión lineal entre ambas variables.

En la Tabla 10.6 se muestran las estaciones empleadas para rellenar la información faltante de precipitaciones.

Tabla 10.6: Estaciones rellenadas

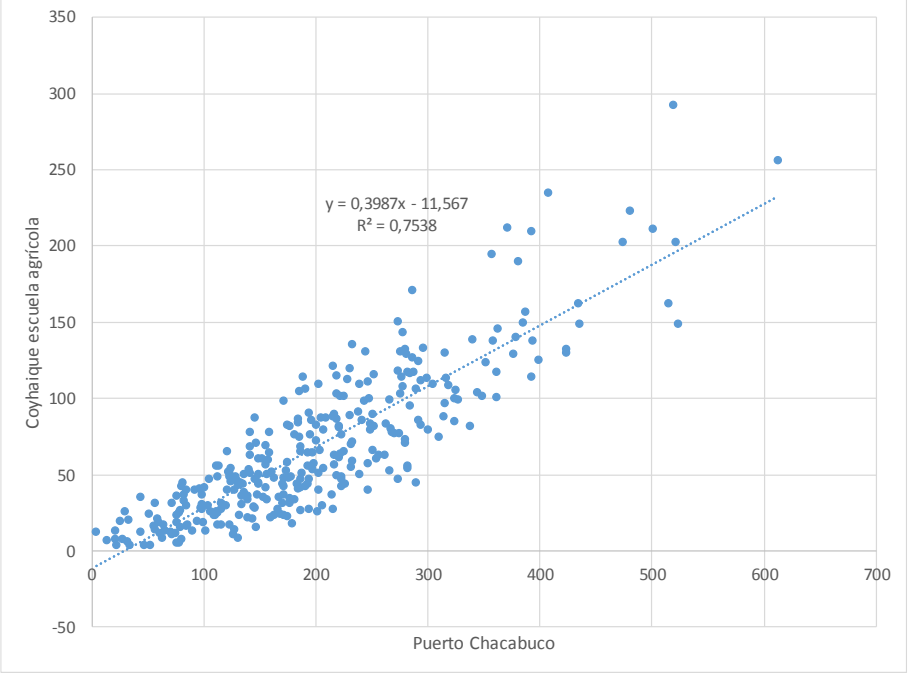
ESTACIÓN BASE	ESTACIÓN RELLENADA
Puerto Chacabuco	**Coyhaique escuela agrícola**
Ñirehuao	Coyhaique Alto
Estancia Baño Nuevo	Coyhaique Alto
Coyhaique escuela agrícola	Coyhaique Alto
Coyhaique Alto	Estancia Baño Nuevo
Coyhaique Alto	Ñirehuao
Coyhaique escuela agrícola	Río Blanco Chico antes junta río Oscuro

ESTACIÓN BASE	ESTACIÓN RELLENADA
Coyhaique escuela agrícola	Villa Mañihuales
Coyhaique escuela agrícola	Villa Ortega
Chile Chico	Puerto Ibáñez
Villa Cerro Castillo	Puerto Ibáñez
Balmaceda (DMC)	**Puerto Ibáñez**
Puerto Ibáñez	Chile Chico
Bahía Murta	Puerto Guadal
Chile Chico	**Puerto Guadal**
Puerto Guadal	Bahía Murta
Puerto Ibáñez	Villa Cerro Castillo
Puerto Guadal	Río Baker en angostura Chacabuco
Río Baker en angostura Chacabuco	Río Nef antes junta estero El Revalse
Puerto Ibáñez	Río Ibáñez en desembocadura

Fuente: Elaboración propia.

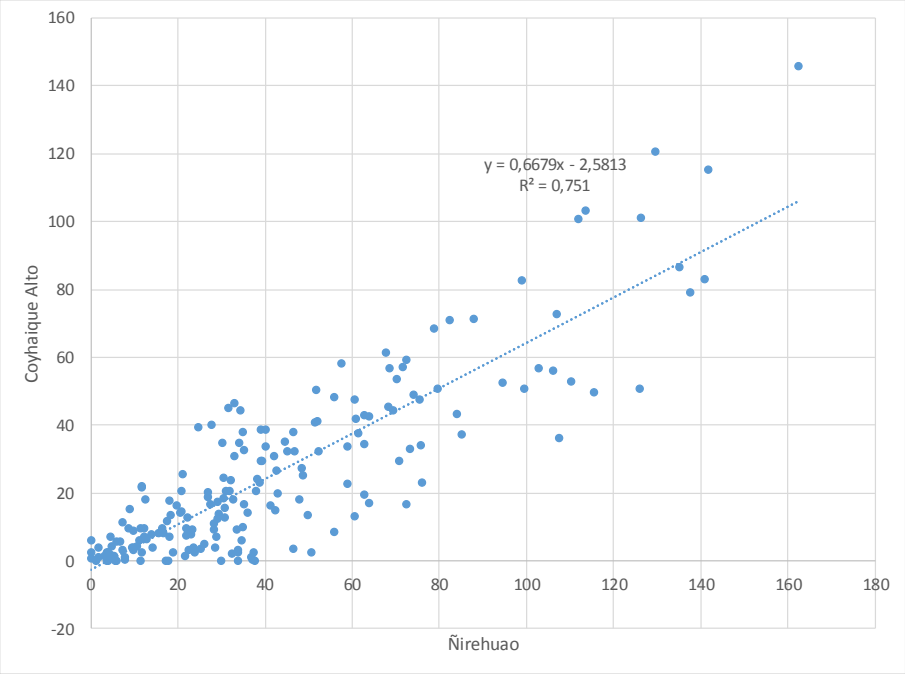
Desde la Figura 10.8 a la Figura 10.27 se muestran las correlaciones efectuadas.

Figura 10.8: Correlación entre Puerto Chacabuco y Coyhaique escuela agrícola.



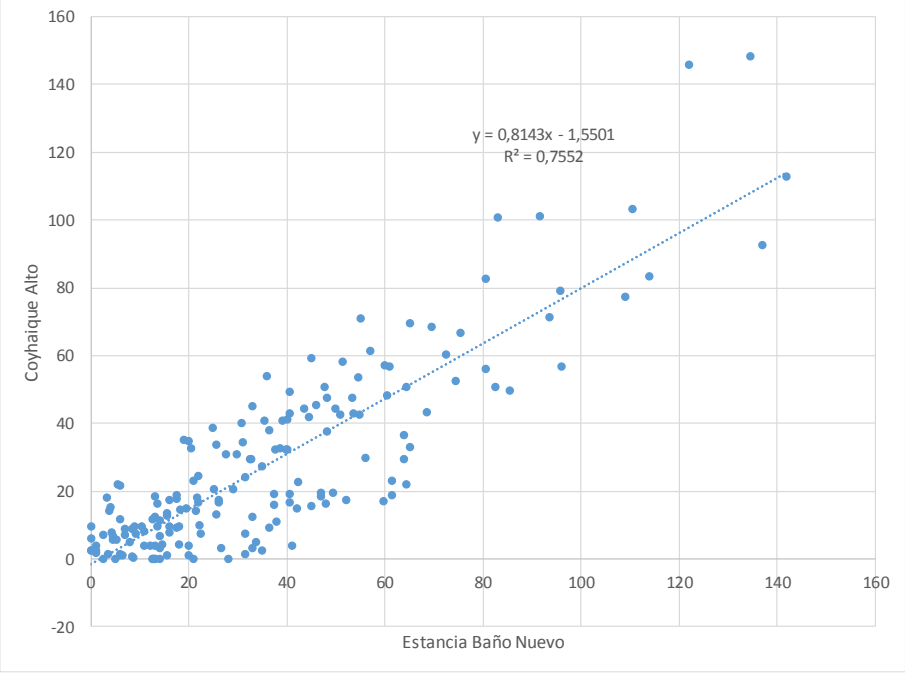
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.9: Correlación entre Ñirehuao y Coyhaique Alto.



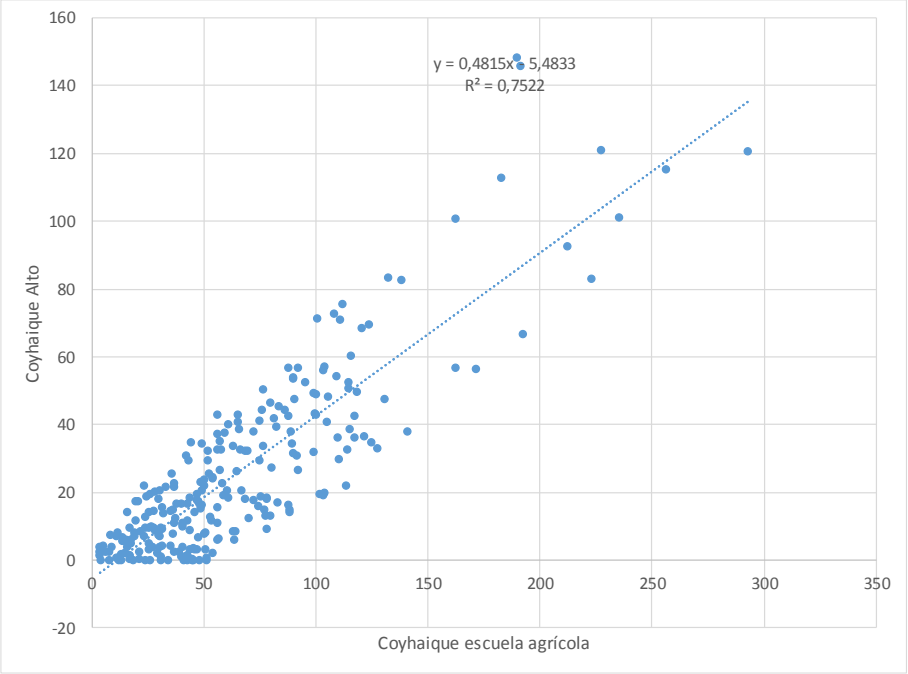
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.10: Correlación entre Estancia Baño Nuevo y Coyhaique Alto.



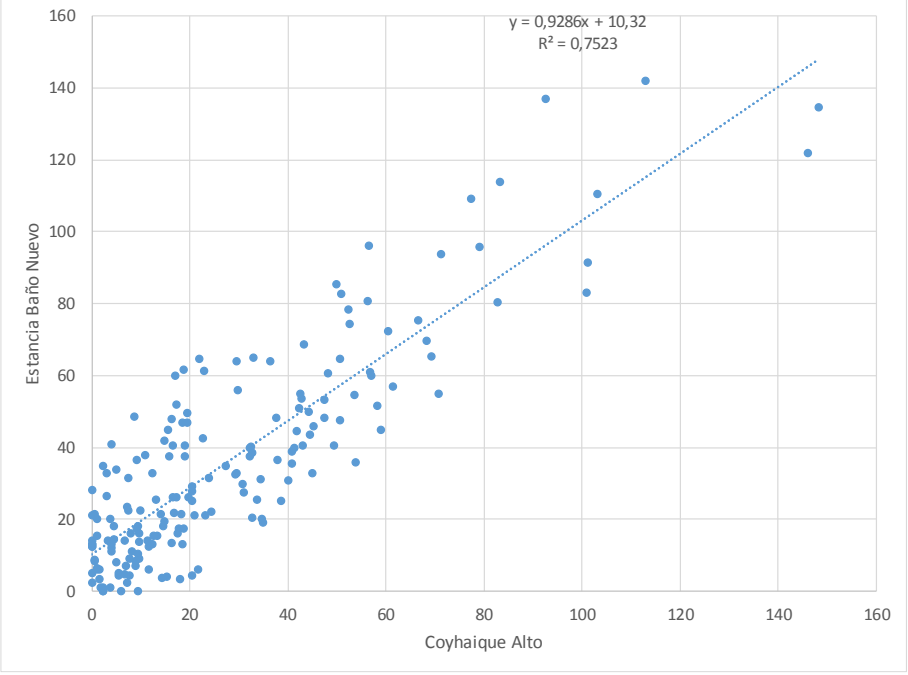
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.11: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Coyhaique Alto.



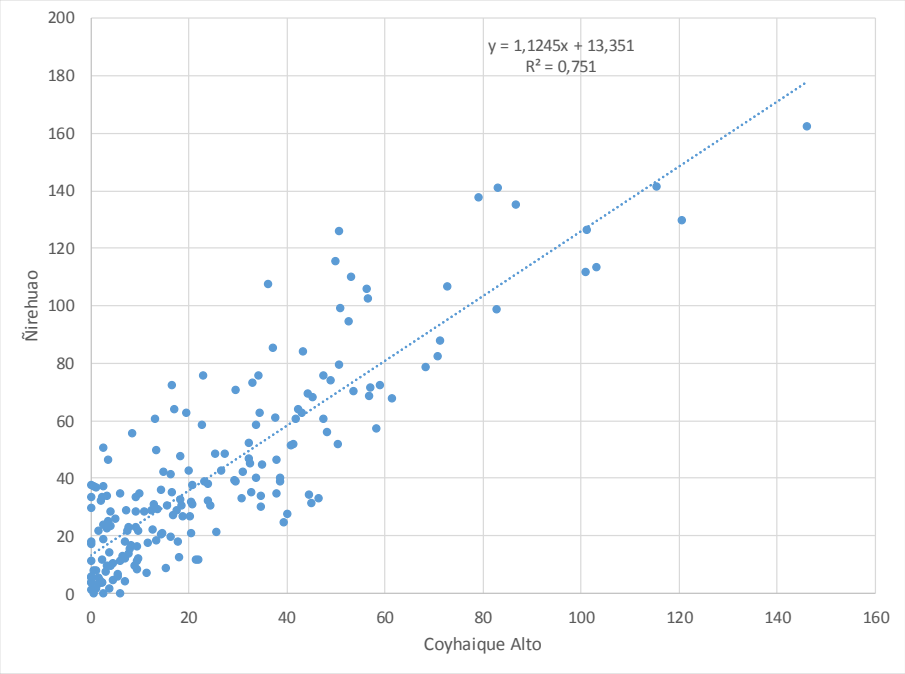
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.12: Correlación entre Coyhaique Alto y Estancia Baño Nuevo.



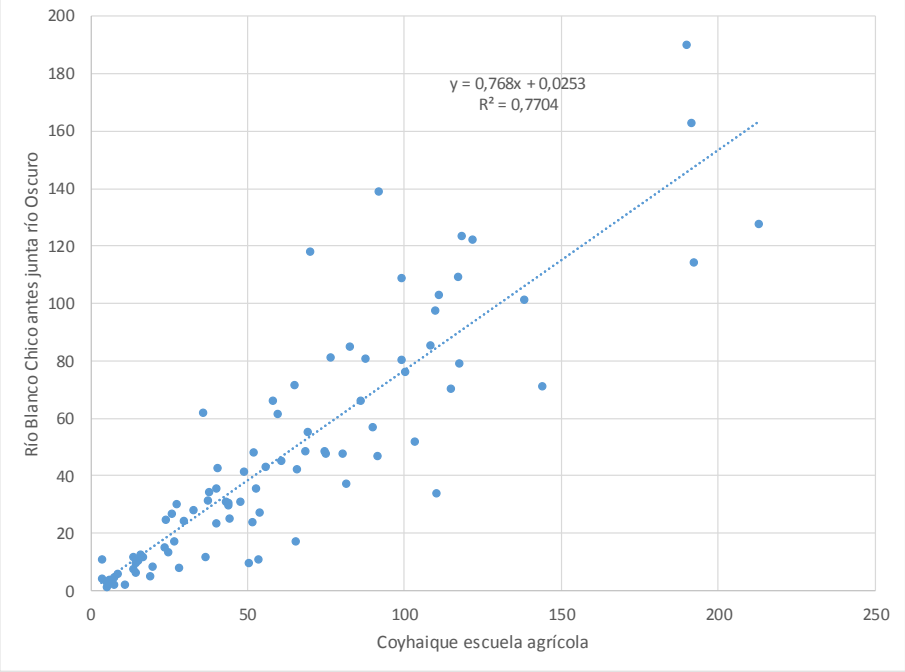
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.13: Correlación entre Coyhaique Alto y Ñirehuao.



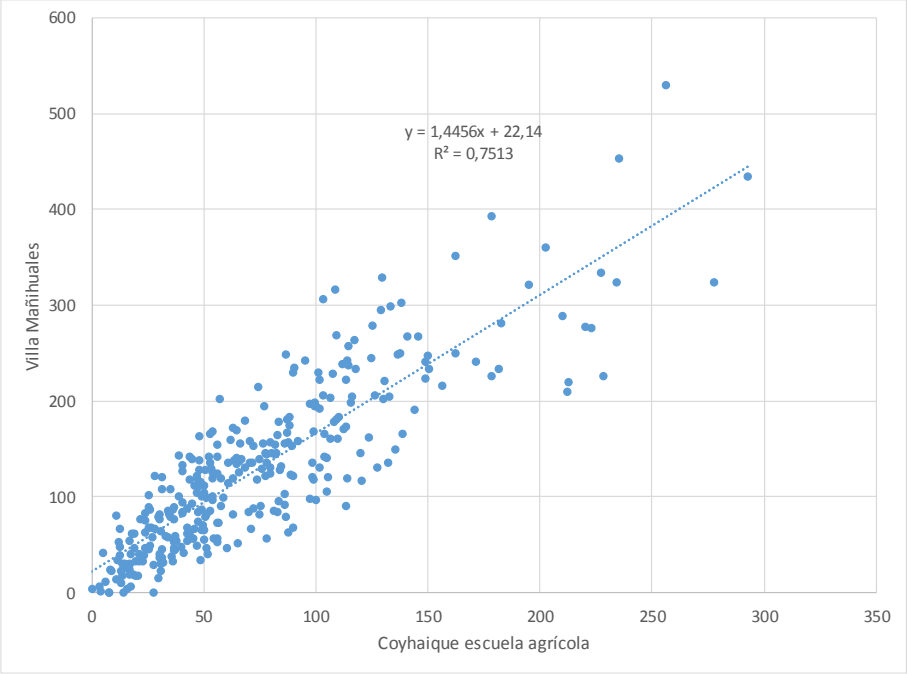
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.14: Correlación entre Coyhaique esc. agr. y Río Blanco Chico antes junta río Oscuro.



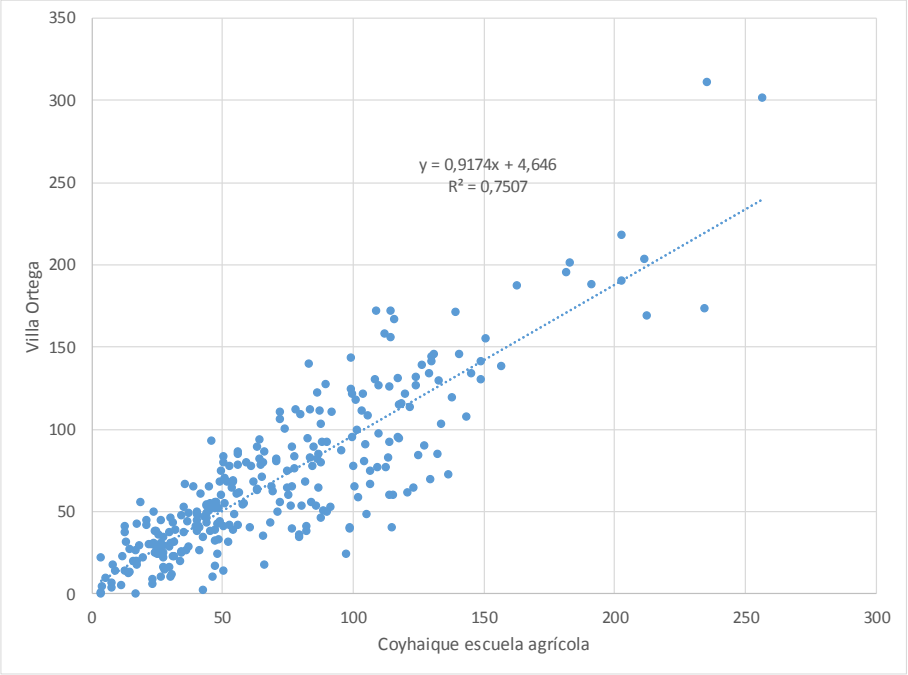
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.15: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Villa Mañihuales.



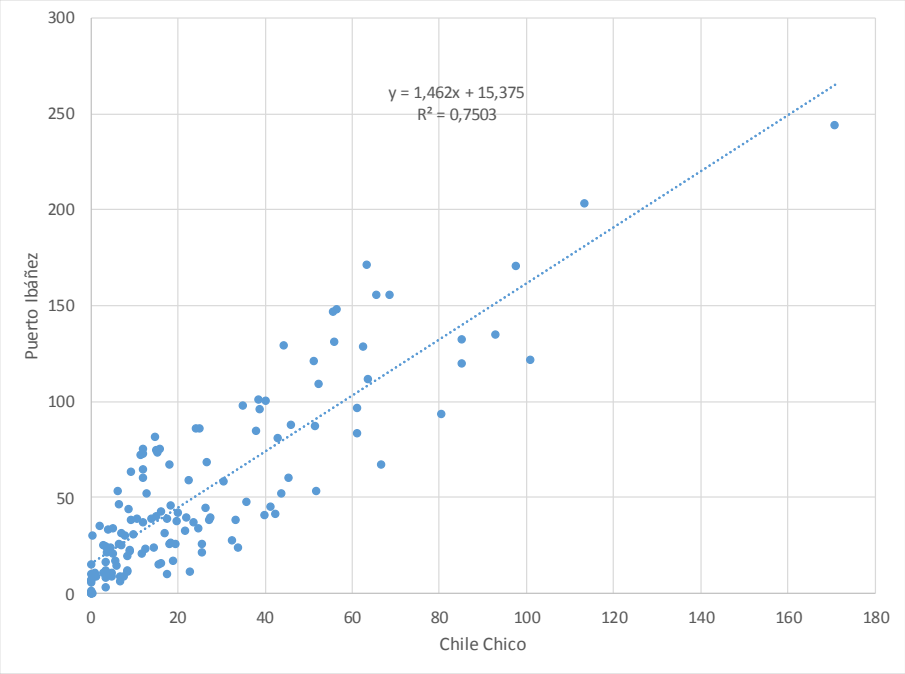
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.16: Correlación entre Coyhaique escuela agrícola y Villa Ortega.



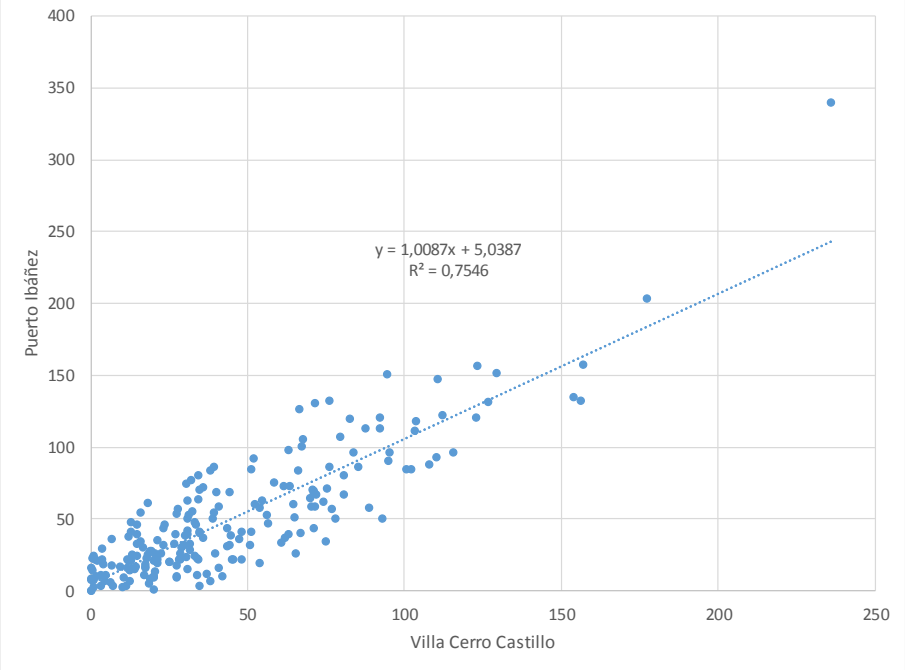
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.17: Correlación entre Chile Chico y Puerto Ibáñez.



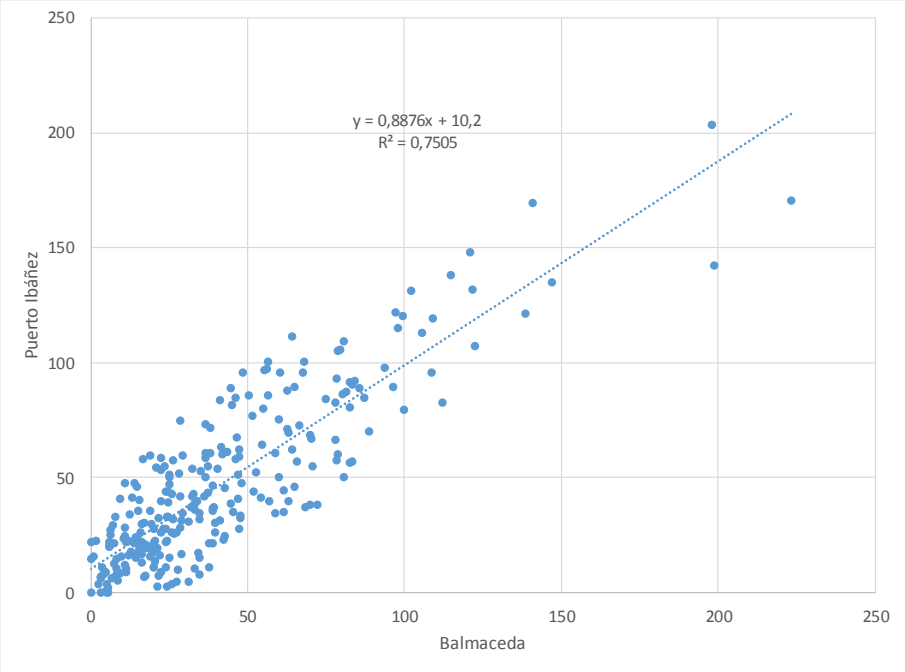
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.18: Correlación entre Villa Cerro Castillo y Puerto Ibáñez.



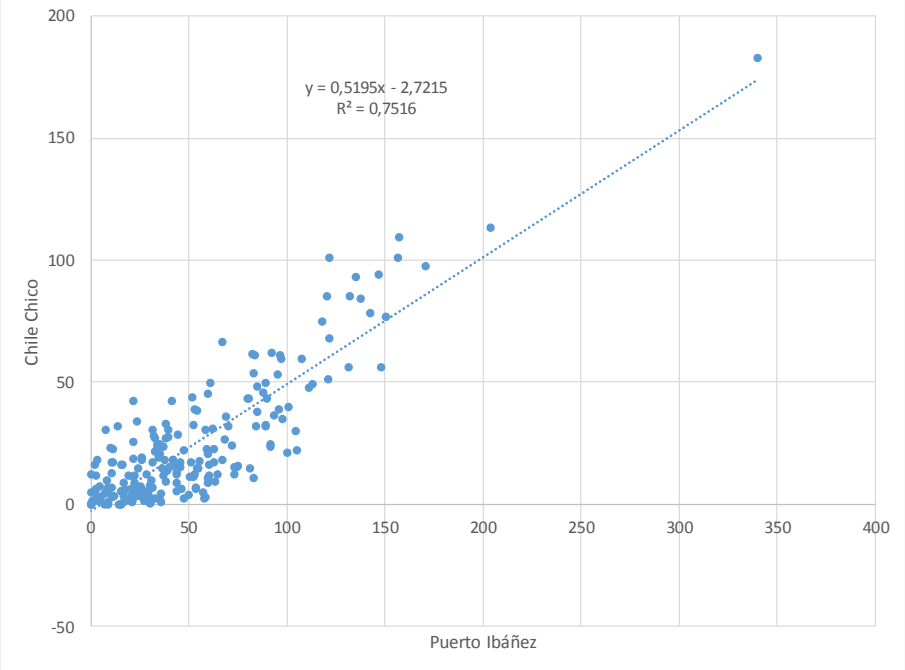
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.19: Correlación entre Balmaceda y Puerto Ibáñez.



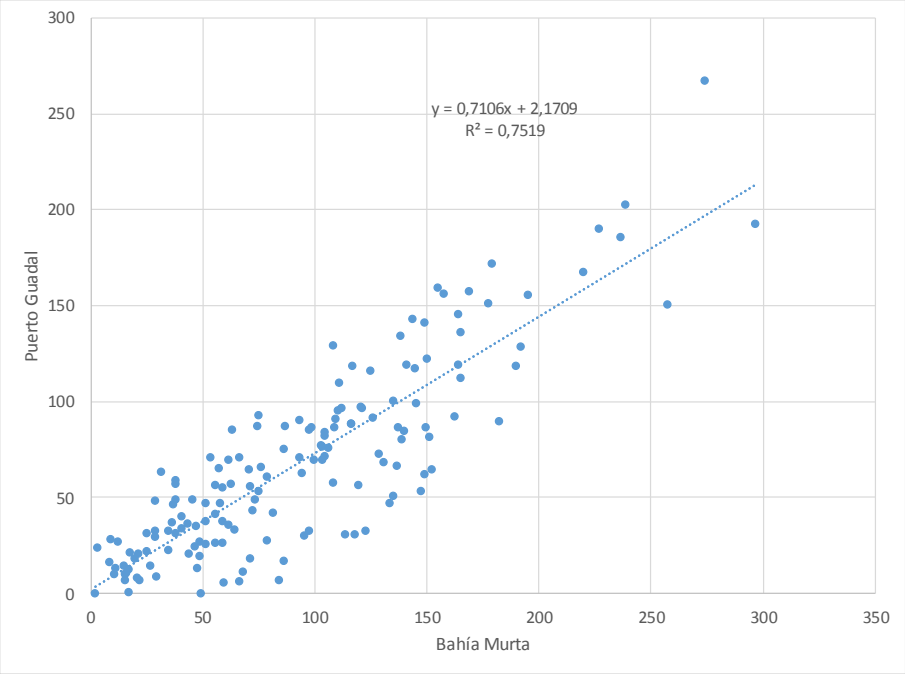
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.20: Correlación entre Puerto Ibáñez y Chile Chico.



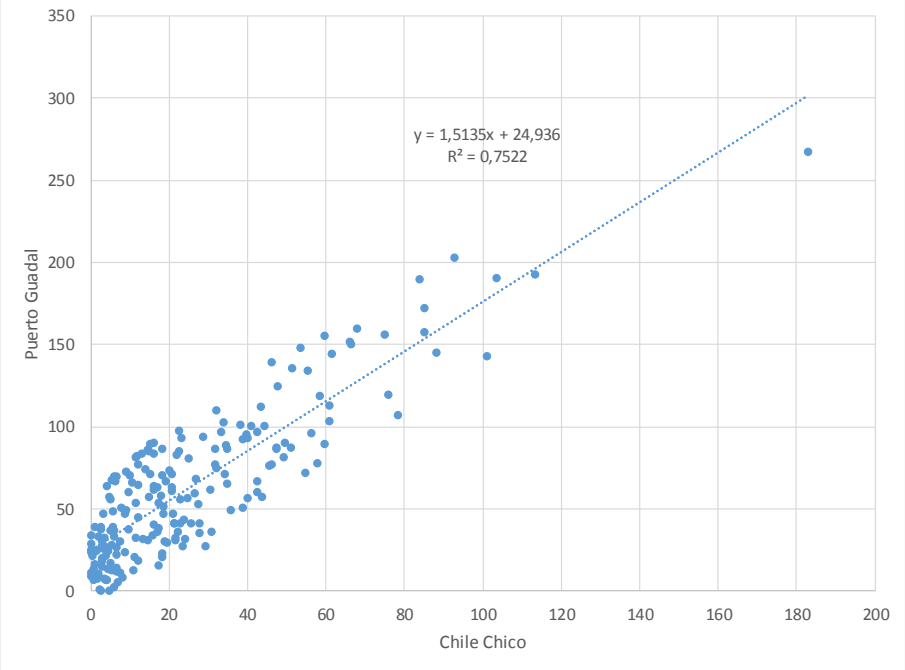
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.21: Correlación entre Bahía Murta y Puerto Guadal.



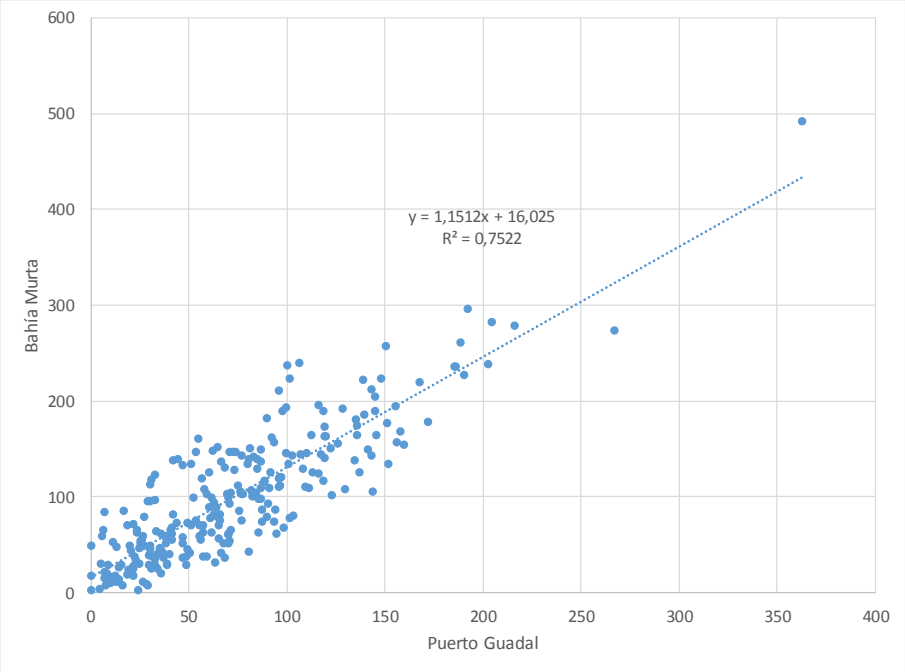
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.22: Correlación entre Chile Chico y Puerto Guadal.



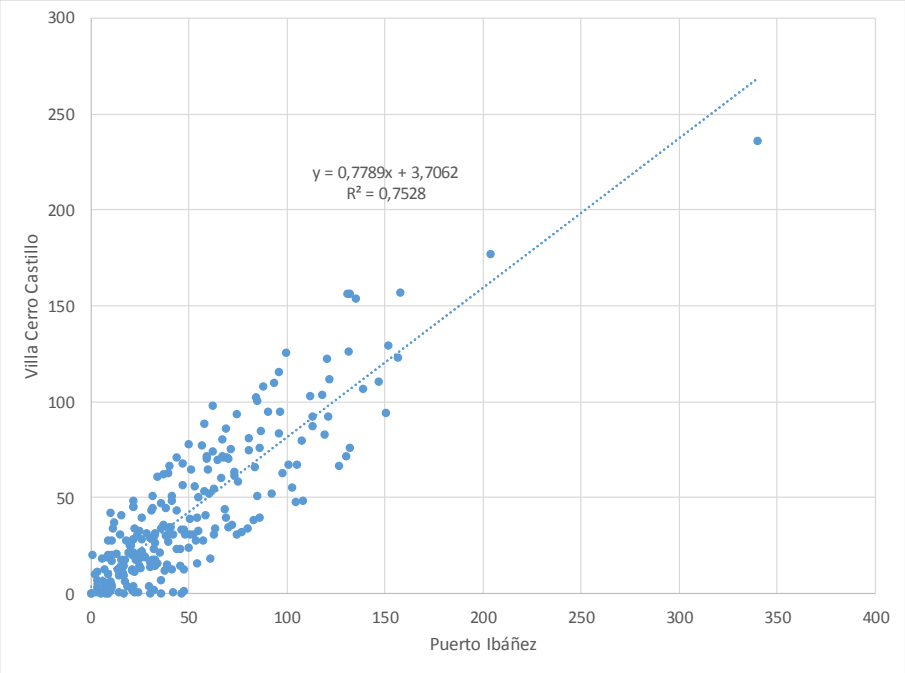
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.23: Correlación entre Puerto Guadal y Bahía Murta.



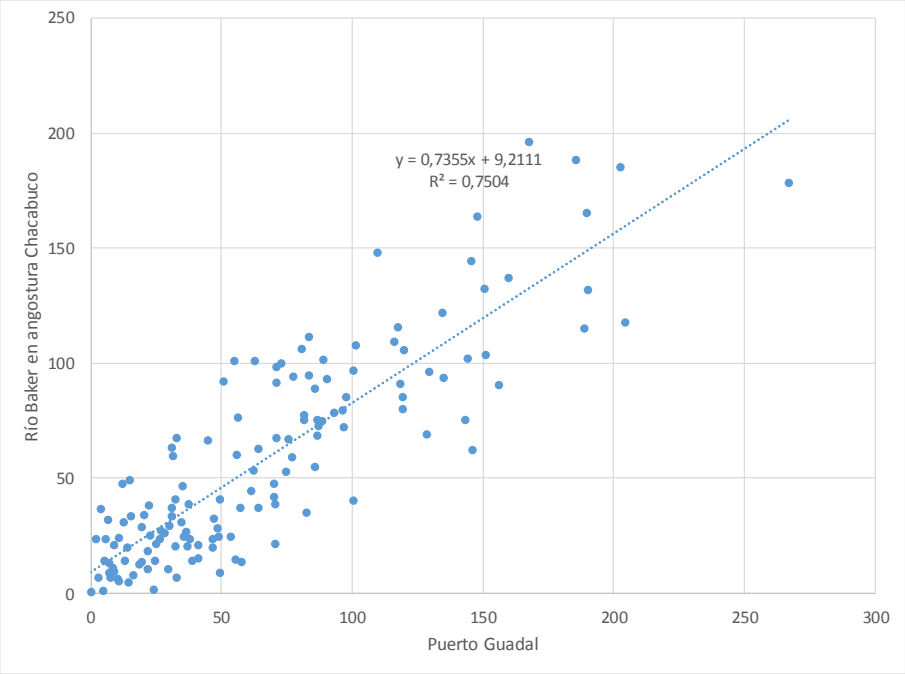
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.24: Correlación entre Puerto Ibáñez y Villa Cerro Castillo.



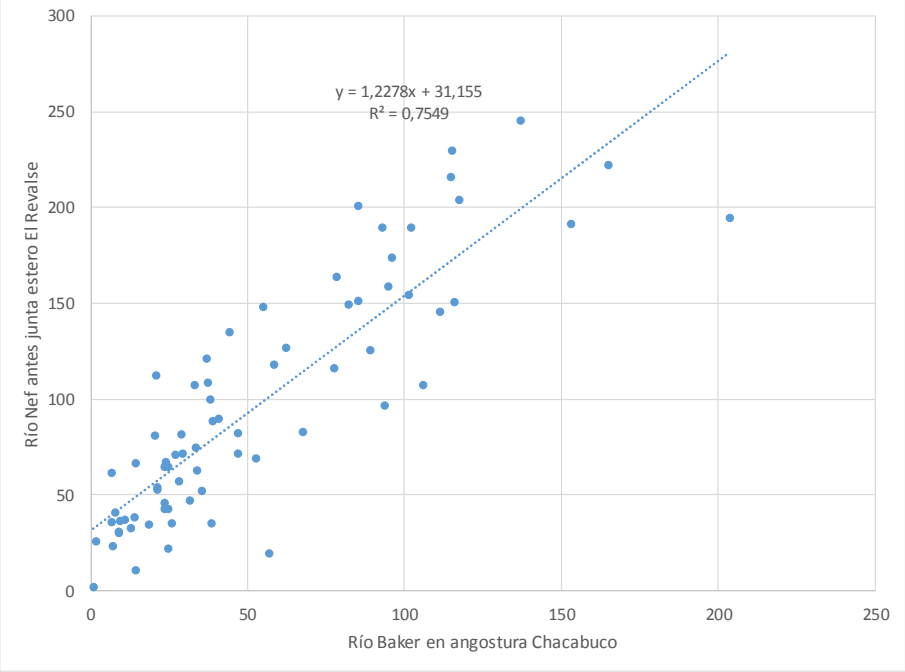
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.25: Correlación entre Puerto Guadal y Río Baker en angostura Chacabuco.



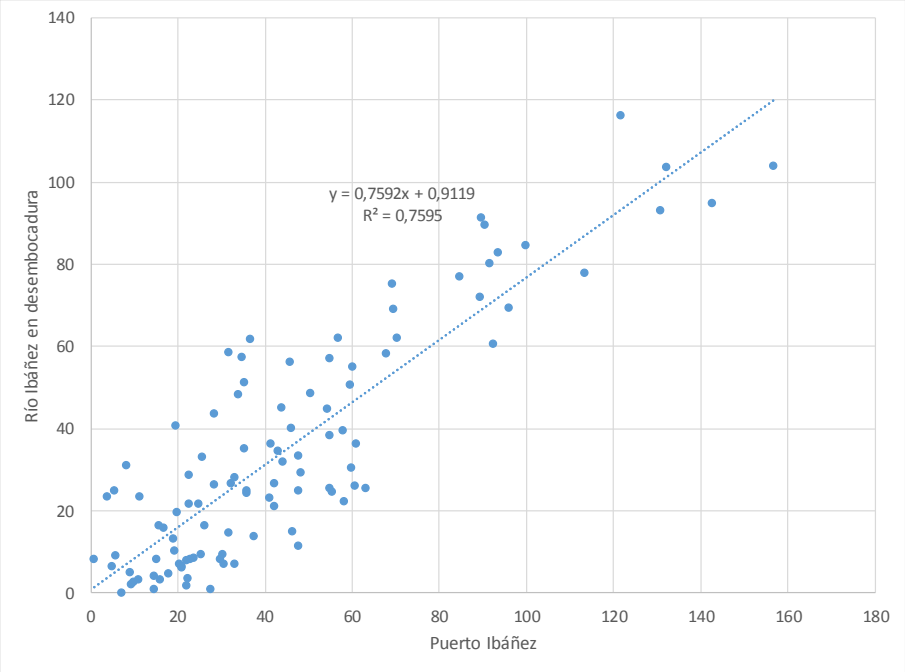
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.26: Correlación entre R. Baker en angostura Chacabuco y R. Nef ant jta est El Revalse.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.27: Correlación entre Puerto Ibáñez y Río Ibáñez en desembocadura.

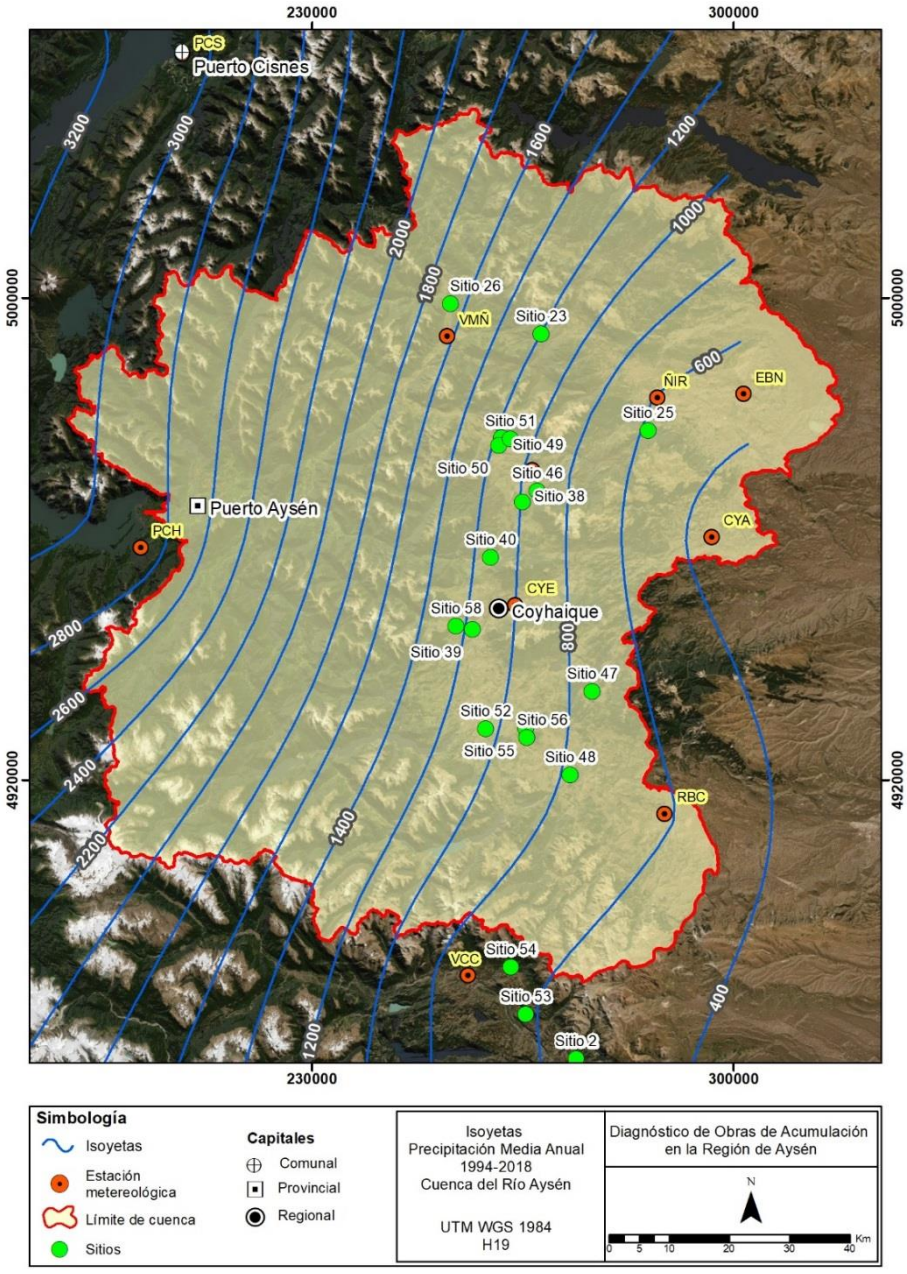


Fuente: Elaboración propia.

Los datos completos de precipitaciones para estas estaciones en el período 1989-2018 se presentan en el **Anexo 9**.

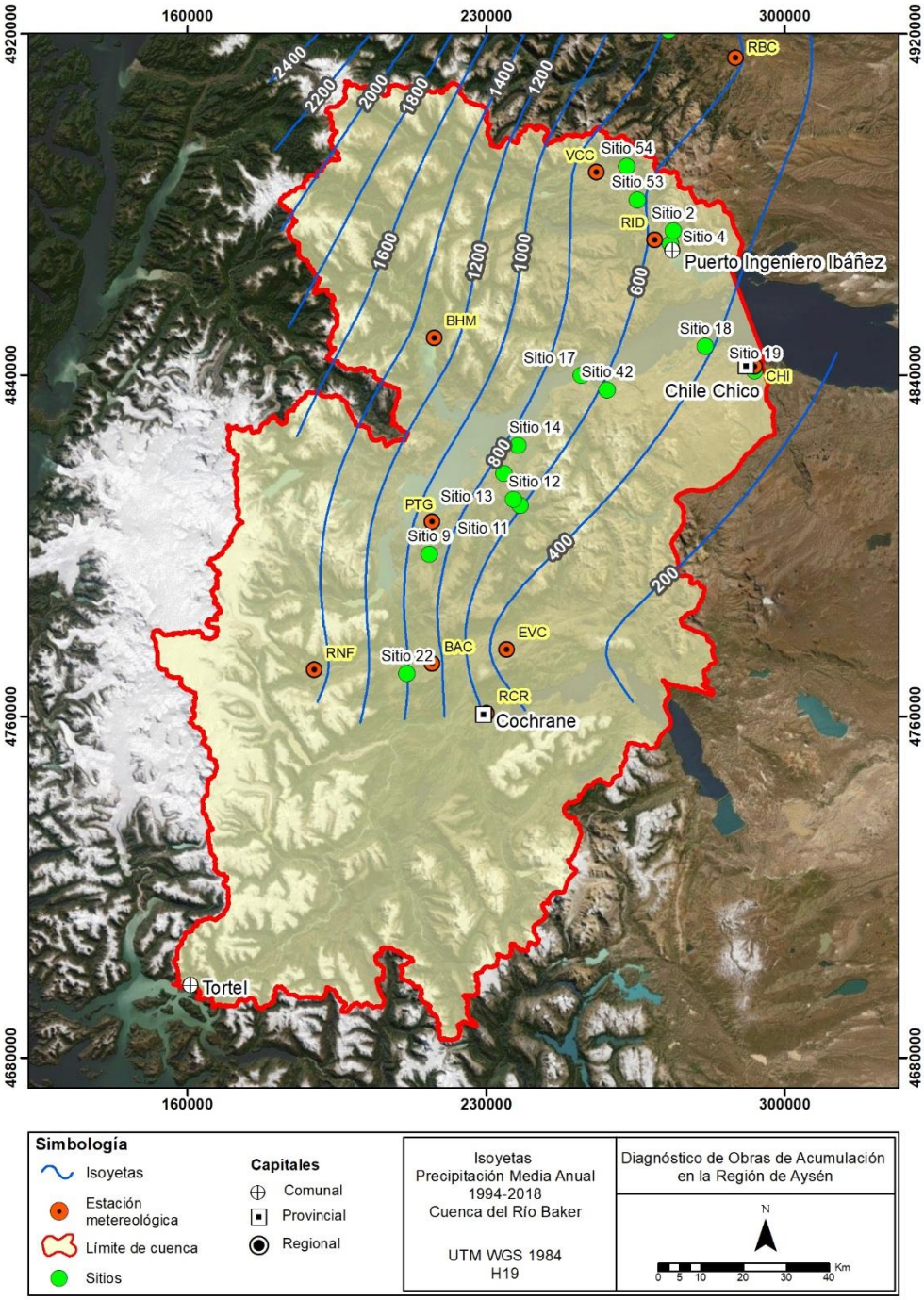
Con las precipitaciones medias anuales así obtenidas se procedió a generar las correspondientes isoyetas en las cuencas de Aysén (Figura 10.28) y de Baker (Figura 10.29).

Figura 10.28: Isoyetas cuenca de Aysén (1989-2018).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.29: Isoyetas cuenca de Baker (1989-2018).



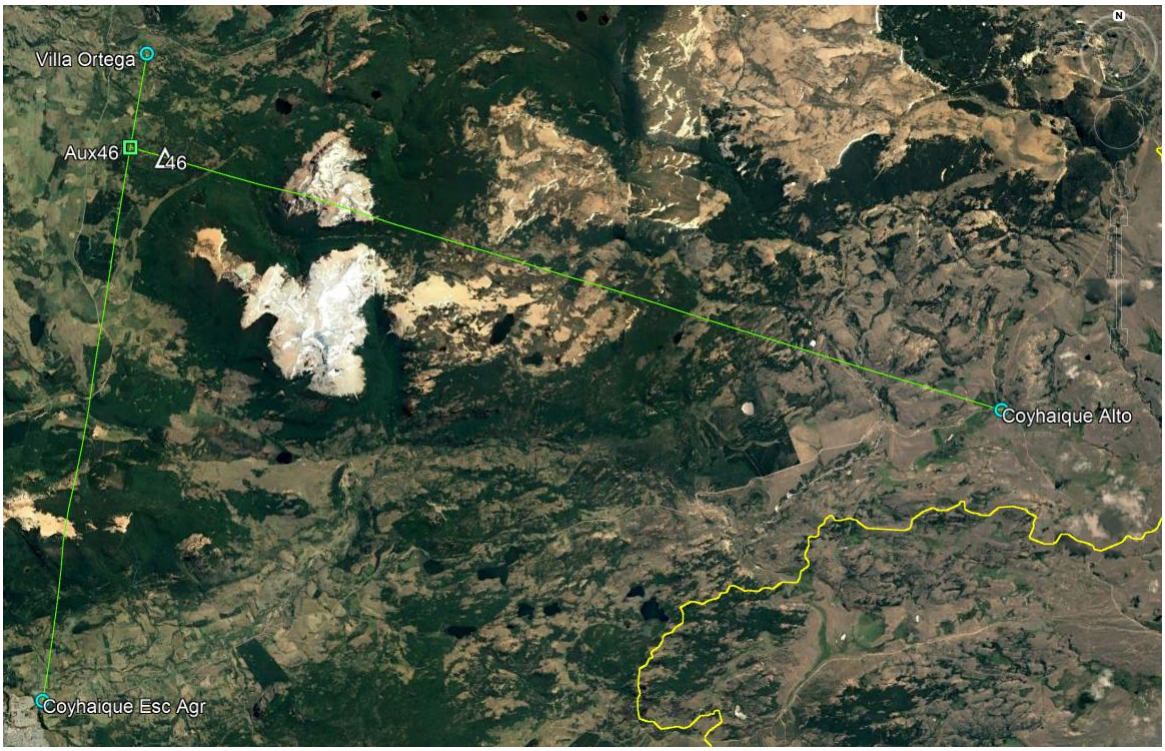
Fuente: Elaboración propia.

10.1.7 Precipitaciones en las cuencas aportantes a los microembalses

Se procedió a estimar las precipitaciones mensuales para el período 1994-2018 en cada una de las cuencas aportantes a los microembalses de los 30 sitios seleccionados mediante el método de interpolaciones sugerido en la Ref. 30, documento de la DGA para tramitar solicitudes de derechos de aguas. Este método se justifica considerando los patrones de precipitaciones ya presentados, los que se deben, en parte, a que, si bien el relieve de la zona del estudio es montañoso, las cumbres se ubican a poca altitud, por lo que las precipitaciones orográficas deben ser poco frecuentes.

A continuación, se presenta un ejemplo del método empleado. En el caso del sitio 46 se ha señalado con un triángulo el centro de la cuenca aportante a la respectiva fuente. En primer término, se interpolaron las precipitaciones del punto Aux 46 (la proyección del centro de la cuenca en la recta que une las estaciones Villa Ortega y Coyhaique escuela agrícola, como se muestra en la Figura 10.30.

Figura 10.30: Ejemplo de estimación de precipitaciones en los sitios seleccionados.



Fuente: Elaboración propia.

La precipitación en el mes i del año j en el punto Aux 46 se obtuvo con la relación:

$$P_{ij-Aux46} = \frac{d_{VOR-Aux46}}{d_{VOR-CYE}} * \left(P_{CYE-ij} - P_{VOR-ij}\right) + P_{VOR-ij}$$

Donde "P" corresponde a la precipitación y "d" a la distancia entre los puntos considerados. Similarmente se calculó luego la precipitación en el centro de la cuenca (CC):

$$P_{ij-CC46} = \frac{d_{Aux46-CC46}}{d_{Aux46-CYA}} * \left(P_{CYA-ij} - P_{Aux46-ij}\right) + P_{Aux46-ij}$$

En la Tabla 10.7 se presentan las estaciones meteorológicas empleadas para generar la serie de precipitaciones en el centro de las cuencas aportantes a los microembalses de los sitios seleccionados.

Tabla 10.7: Precipitaciones en las cuencas aportantes a los microembalses

SITIO	ÁREA (Ha)	PMA (mm)	ESTACIONES UTILIZADAS
2	4.400	673	PIB - RBC
4	6.072	667	PIB - RBC
9	145	823	PTG - BAC
11	41	650	BHM - PTG - CHI
12	25	661	BHM - PTG - CHI
13	588	750	BHM - PTG - CHI
14	1.828	727	BHM - PTG - CHI
17	25.727	635	PTG - CHI
18	11.039	471	PTG - CHI
19	129	283	BHM - PTG - CHI
22	27	886	PTG - BAC - RNF
23	35	1.206	VOR - VMÑ - ÑIR
25	617	619	CYA - VOR - EBN
26	253	1.643	VOR - VMÑ – ÑIR
38	33	885	CYE - VOR
39	145	895	RBC - CYE - VCC
40	125	962	CYA - CYE - VOR
42	5.108	602	BHM - PTG - CHI
46	33	861	CYA - VOR - CYE
47	6	790	CYA - CYE - RBC
48	45	763	RBC - CYE - VCC
49	1.549	1.063	ÑIR - VMÑ - VOR
50	2.017	1.310	ÑIR - VMÑ - VOR
51	681	1.071	ÑIR - VMÑ - VOR
52	27	806	RBC - CYE - VCC
53	30	578	RBC - VCC - RID
54	212	624	RID - VCC - RBC
55	147	808	RBC - CYE - VCC
56	28	805	RBC - CYE - VCC
58	67	900	RBC - CYE - VCC

Fuente: Elaboración propia.

En algunos casos, cuando el centro de la cuenca se encontraba levemente fuera del triángulo definido por las estaciones meteorológicas, se debieron extrapolar las precipitaciones, lo que, en sectores de bajas precipitaciones, como en la ribera sur del lago General Carrera, entregó algunos valores negativos. En esos casos se reemplazó ese valor por cero.

En el Anexo 10 se incluyen los datos completos de precipitaciones mensuales para cada sitio, así como las figuras de las cuencas

10.1.8 Relaciones precipitación-escorrentía y precipitación-temperatura-escorrentía

La escorrentía se define como aquella parte de la precipitación que se manifiesta como flujos en cauces, permanentes o intermitentes. A su vez, el déficit de escorrentía se define como la diferencia entre las precipitaciones y la escorrentía:

$$D = P - E_s$$

donde:

P: precipitación anual.

D: déficit de escorrentía.

E_s: escorrentía.

Existen numerosas relaciones que permiten inferir la escorrentía a partir de datos de precipitación, por ejemplo, las de Grunsky y la de Peñuelas, o a partir de datos de precipitación y de temperatura, como las de Turc, de Coutagne y de Wundt.

Para determinar el caudal en las fuentes que abastecerán los microembalses se empleará la relación de Turc, que ha sido ampliamente utilizada en Chile y se cuenta entre las relaciones aceptadas por la DGA en la constitución de derechos de aprovechamiento de agua. A diferencia de las de Grunsky y de Peñuelas, la relación de Turc considera el efecto de la temperatura, que representa el efecto de las precipitaciones nivales.

La relación de Turc determina el déficit de escorrentía a través de la expresión:

$$D = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + {P^2}/{L^2}}}$$

donde:

D: déficit de escorrentía (mm).

P: precipitación anual (mm).

L: parámetro heliotérmico cuya expresión es:

$$L = 300 + 25 \cdot T + 0{,}05 \cdot T^3$$

con:

T: temperatura media anual (°C).

En consecuencia, la escorrentía se obtiene mediante la relación:

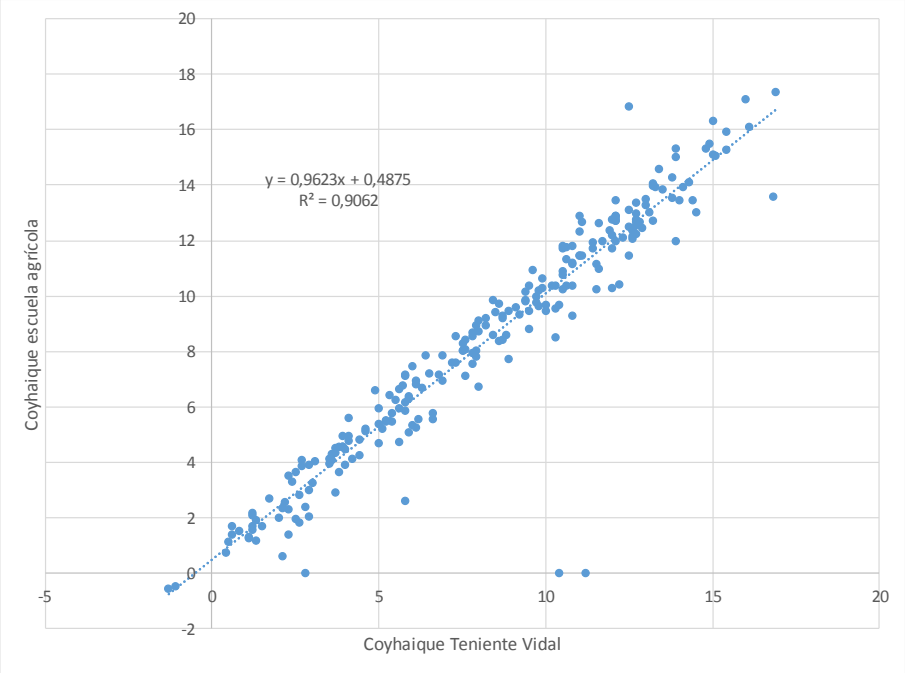
$$E_s = P - D$$

10.1.9 Caudales en los puntos de captación de los microembalses

Se procedió a estimar las temperaturas medias mensuales para el período 1989-2016 en cada una de las cuencas aportantes a los microembalses de los 30 sitios seleccionados mediante el método de interpolaciones. Los datos disponibles en el sitio web de la DGA sólo cubren el período 1994-2016. Para completar el período estudiado se empleó la información de la estación Coyhaique aeródromo Teniente Vidal, de la DMC.

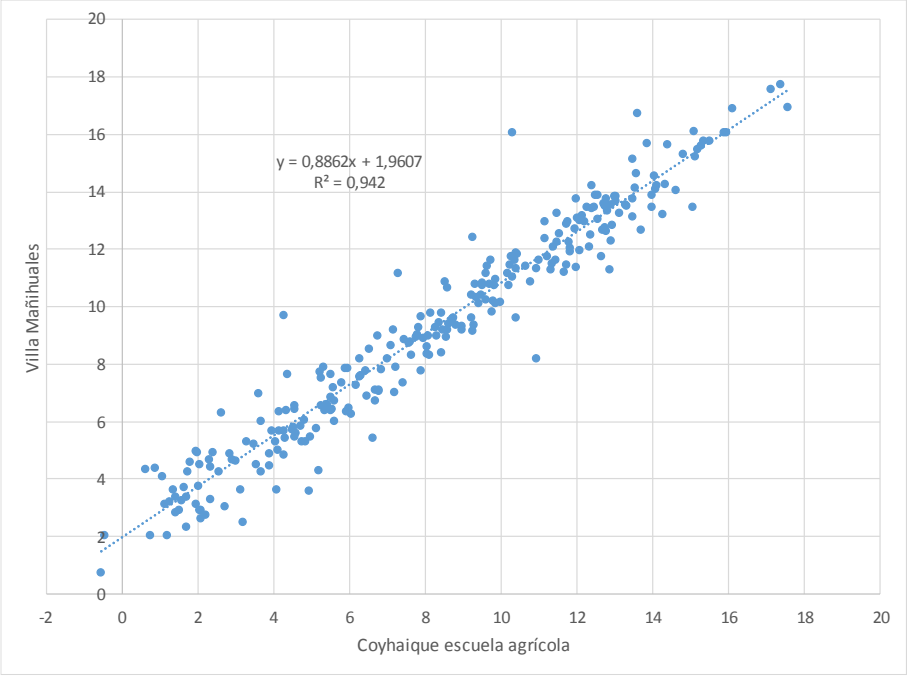
A continuación, desde la Figura 10.31 a la Figura 10.41se muestran las correlaciones realizadas para determinar las temperaturas medias mensuales en las estaciones base.

Figura 10.31: Correlación de temperaturas entre Coyhaique Tte. Vidal y Coyhaique esc. agr.



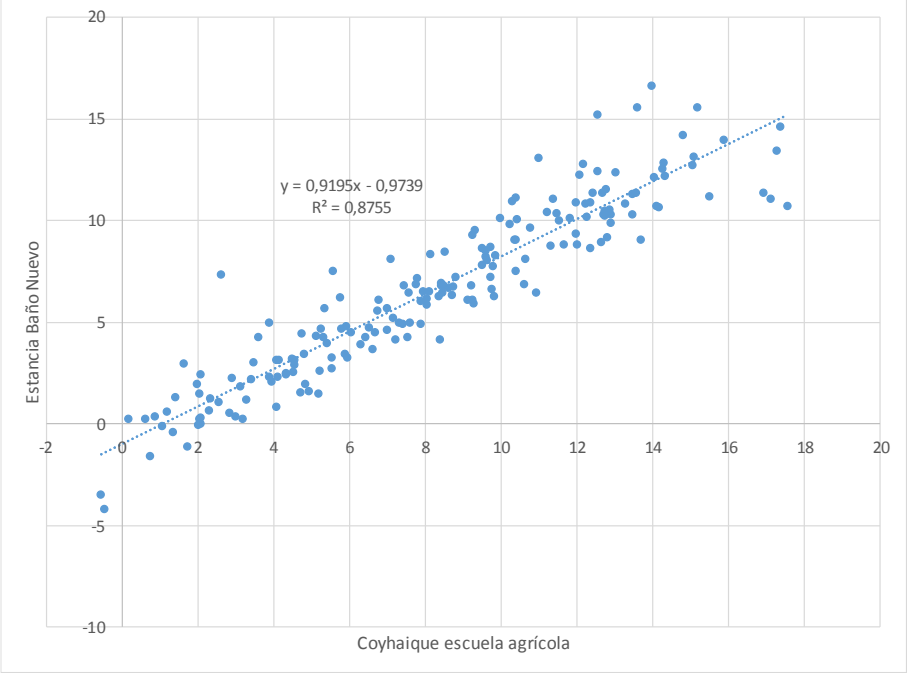
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.32: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr y Villa Mañihuales.



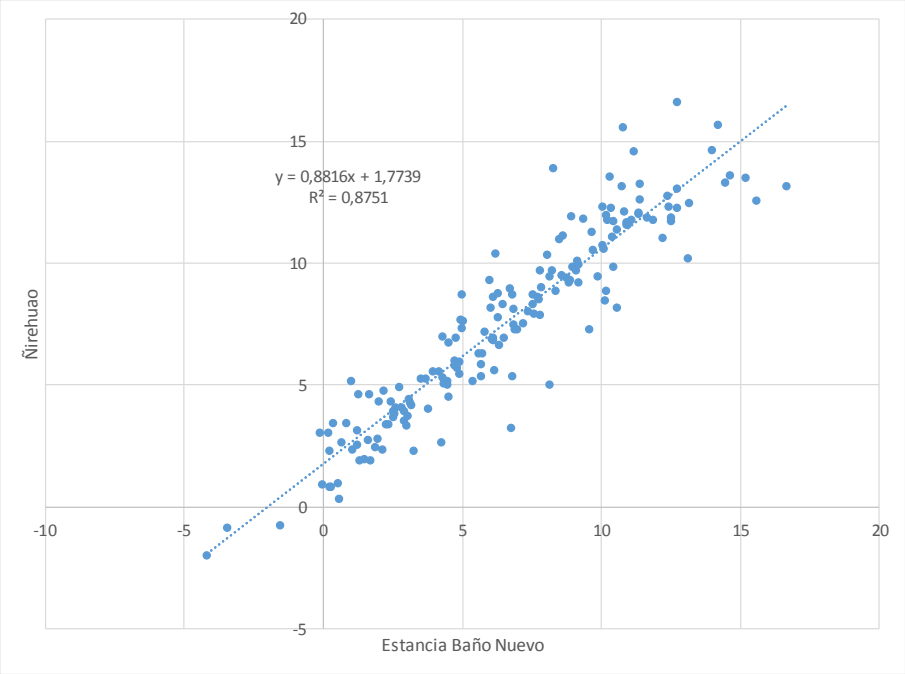
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.33: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Ea. Baño Nuevo.



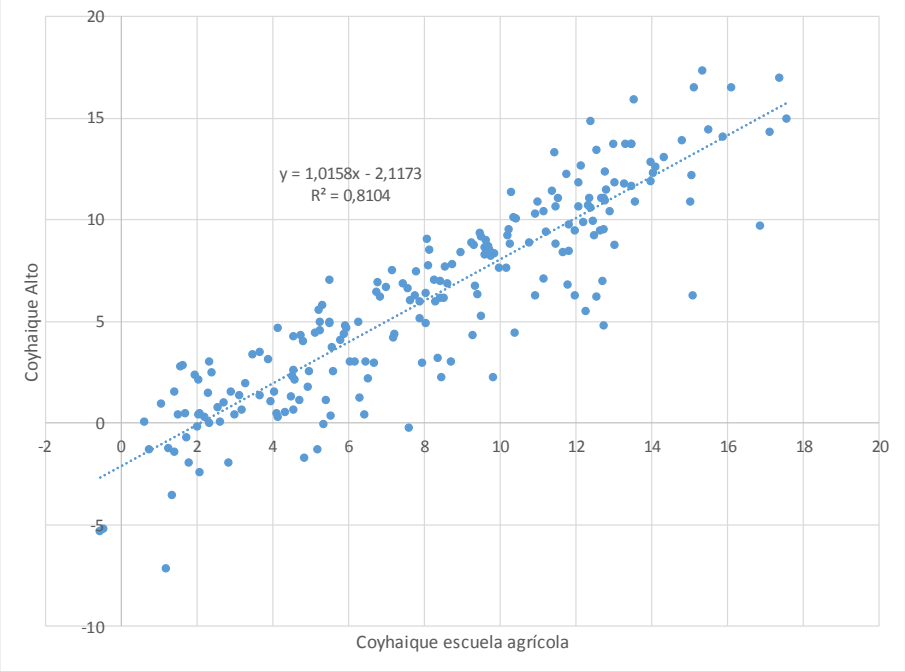
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.34: Correlación de temperaturas entre Ea. Baño Nuevo y Ñirehuao.



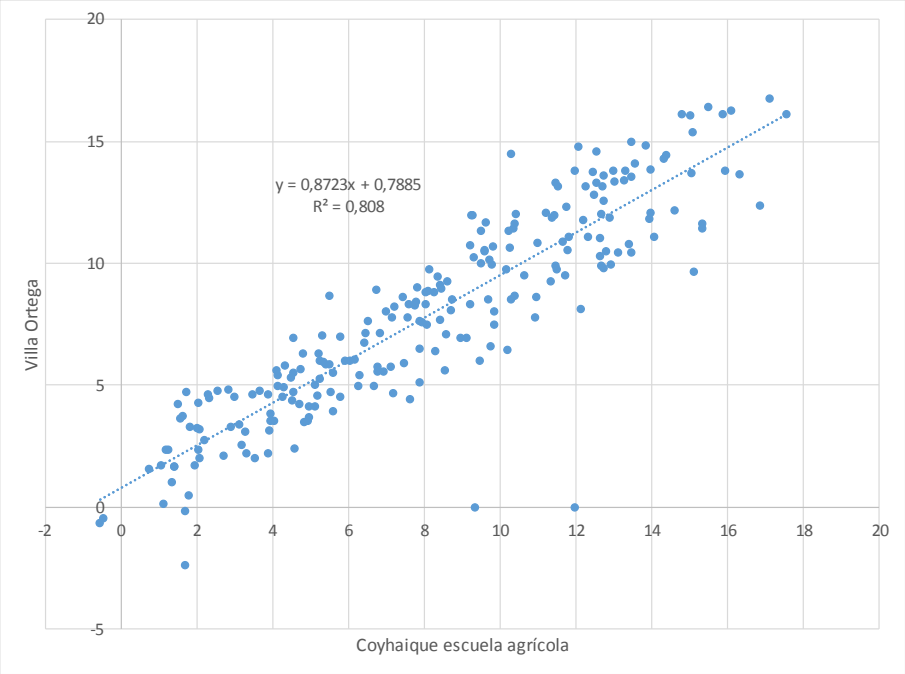
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.35: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Coyhaique Alto.



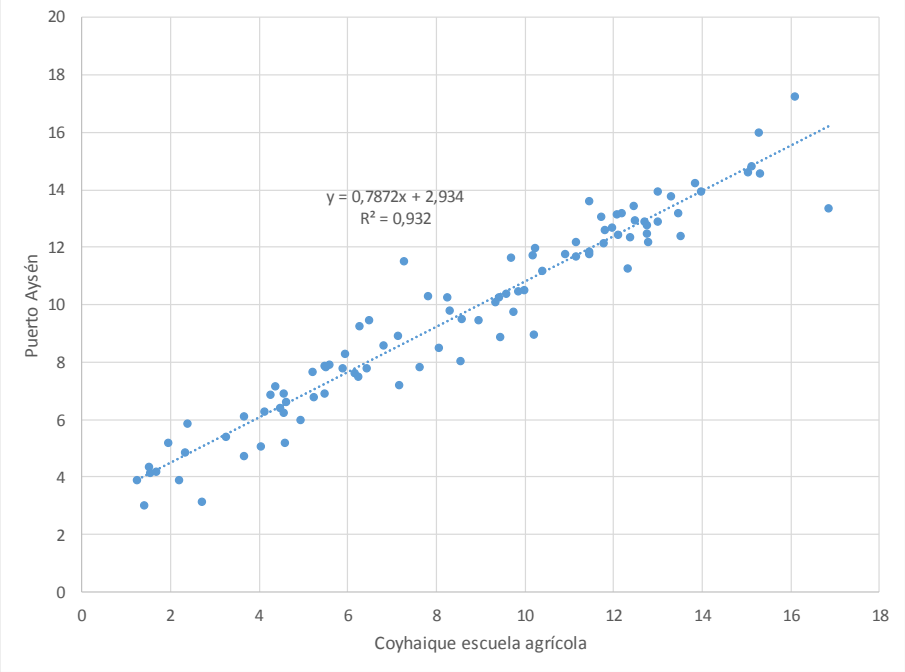
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.36: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Villa Ortega.



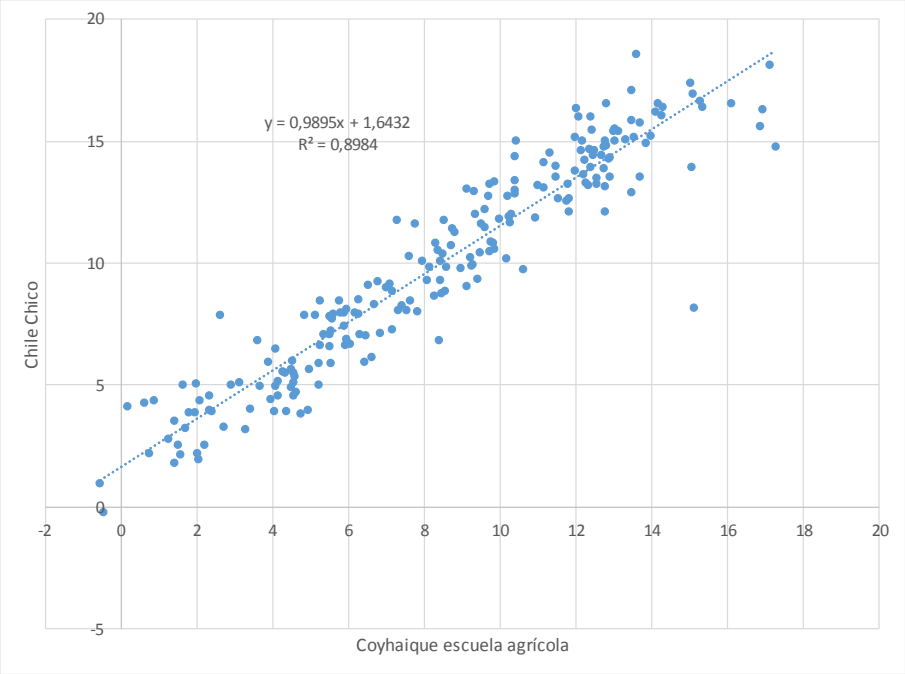
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.37: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr y Puerto Aysén.



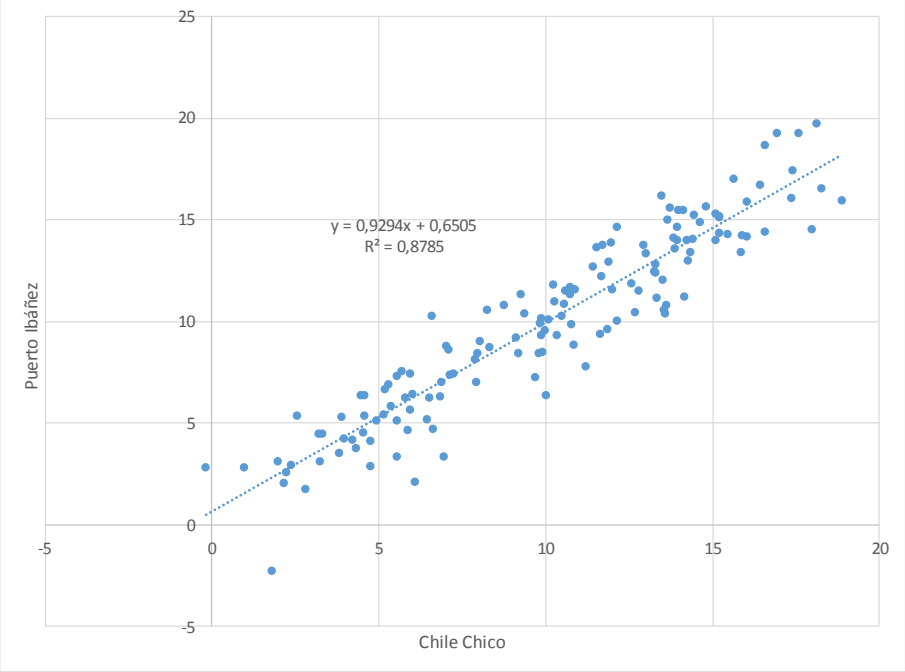
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.38: Correlación de temperaturas entre Coyhaique esc. agr. y Chile Chico.



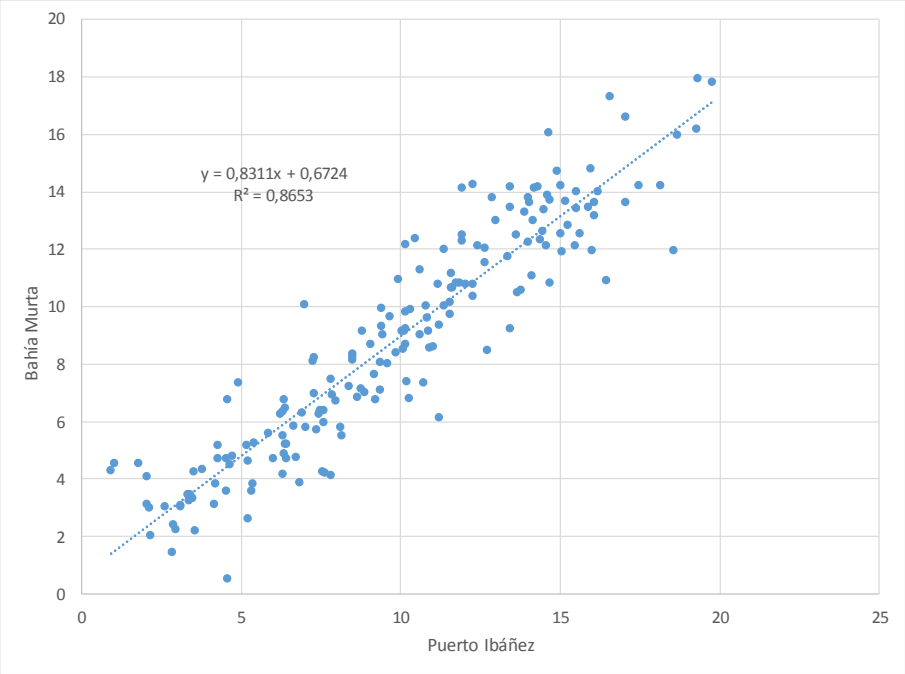
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.39: Correlación de temperaturas entre Chile Chico y Puerto Ibáñez.



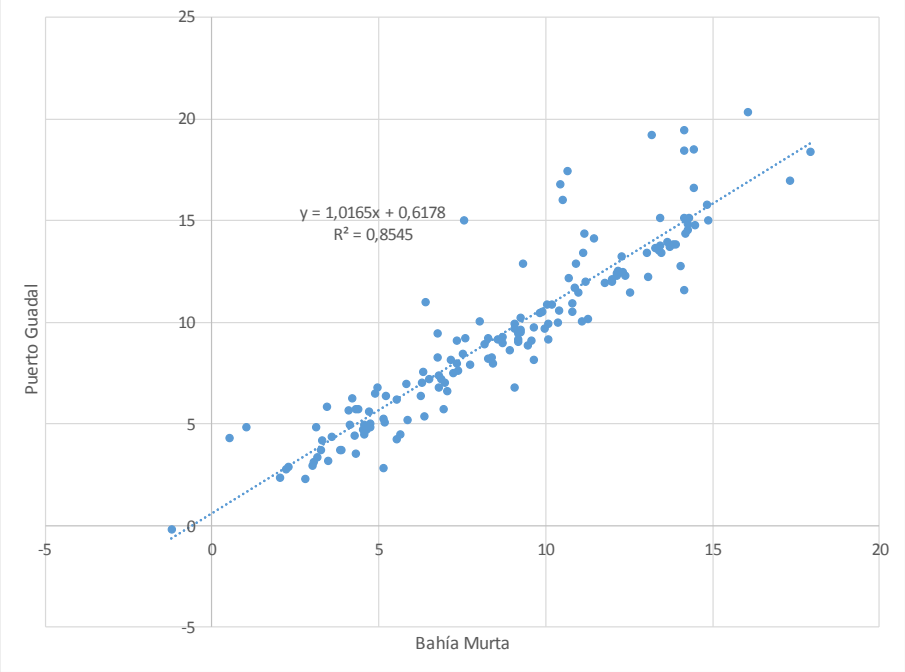
Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.40: Correlación de temperaturas entre Puerto Ibáñez y Bahía Murta.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10.41: Correlación de temperaturas entre Bahía Murta y Puerto Guadal.



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 10.8 se presentan las estaciones meteorológicas empleadas para generar la serie de temperaturas medias mensuales en el centro de las cuencas aportantes a los microembalses de los sitios seleccionados.

Tabla 10.8: Temperaturas medias mensuales en las cuencas aportantes a los microembalses

SITIO	TMA (°C)	ESTACIONES UTILIZADAS
2	9,77	PIB-CYA-BHM
4	9,96	PIB-CYA
9	9,88	BHM-PTG
11	9,90	PTG-CHI-BHM
12	9,88	PTG-CHI-BHM
13	9,71	PTG-CHI-BHM
14	9,66	PTG-CHI-BHM
17	9,60	PTG-CHI-BHM
18	9,94	PTG-CHI-BHM
19	10,00	PTG-CHI-PIB
22	10,34	PTG-CHI-BHM
23	8,81	VMÑ-ÑIR-VOR
25	7,43	VOR-EBN
26	9,48	VMÑ-ÑIR-VOR
38	8,27	VOR-CYE
39	8,61	VOR-CYE-PAY
40	8,50	VOR-CYE-PAY
42	9,70	PTG-CHI-BHM
46	8,24	CYE-ÑIR-VOR
47	8,09	CYA-PIB-CYE
48	8,70	CYA-PIB-CYE
49	8,43	VOR-VMÑ
50	8,46	VOR-VMÑ-ÑIR
51	8,46	VOR-VMÑ-ÑIR
52	9,01	PAY-CYE-PIB
53	9,52	PIB-CYA-BHM
54	9,33	PIB-CYA-BHM
55	8,86	CYA-PIB-CYE
56	8,87	CYA-PIB-CYE
58	8,66	VOR-CYE-PAY

Fuente: Elaboración propia.

10.1.10 Caudales en los puntos de captación de los microembalses

Mediante la relación de Turc se estimó el déficit de escorrentía y, en consecuencia, la escorrentía anual en cada año del período considerado. Se realizó una estimación de la escorrentía media mensual distribuyendo este valor anual de acuerdo a la proporción de precipitaciones del respectivo mes respecto del valor anual.

$$Q_{mes\ i} = \frac{P_{mes\ i}}{P_{año}} * \ Q_{año} * 12$$

10.1.11 Análisis de frecuencia

A la serie de caudales mensuales de cada una de las fuentes se los sitios seleccionados en el período estudiado se le realizó un análisis de frecuencia. En 26 casos la distribución de mejor ajuste fue Gumbel, más 2 casos con Pearson y 2 con distribución normal.

En la Tabla 10.9 se presentan los caudales en la fuente de cada sitio seleccionado para diversas probabilidades de excedencia y volúmenes captables. Las probablilidades de excedencia son 85% (DAA permanentes), 10% (eventuales en cauces con control fluviométrico) y 5% (eventuales en cauces sin control fluviométrico).

Tabla 10.9: Caudales medios anuales en los sitios seleccionados

Sitio	Q (l/s)			V (m^3/año)		
	Pexc = 85%	Pexc = 10%	Pexc = 5%	Pexc = 85%	Pexc = 10%	Pexc = 5%
2	64,2	678,1	831,0	2.024.510	21.384.245	26.205.105
4	81,7	910,8	1.117,2	2.577.511	28.721.678	35.233.356
9	3,8	33,1	40,4	120.230	1.043.133	1.273.482
11	0,3	6,6	8,2	9.278	209.297	259.777
12	0,2	4,1	5,0	6.417	128.228	158.944
13	10,9	117,4	144,1	344.070	3.703.776	4.544.936
14	34,4	337,5	413,3	1.085.006	10.643.586	13.033.166
17	367,6	3.543,0	4.335,4	11.591.878	111.730.956	136.720.967
18	17,0	838,0	1.047,9	536.424	26.426.025	33.045.609
19	0,1	3,1	4,6	3.029	96.676	146.029
22	1,1	6,2	7,4	33.546	195.295	234.460
23	2,3	15,7	19,0	72.326	495.374	600.720
25	11,0	91,7	111,8	346.096	2.892.851	3.527.031
26	25,4	165,9	187,9	802.557	5.231.325	5.925.747
38	1,0	9,3	11,4	31.804	294.489	359.901
39	4,4	42,1	51,5	139.488	1.328.444	1.625.409
40	5,6	39,6	48,1	176.608	1.249.322	1.516.444
42	55,1	636,4	781,9	1.738.520	20.068.895	24.656.702
46	0,9	9,0	11,0	28.819	284.167	347.753
47	0,2	1,3	1,5	6.927	41.064	46.417
48	1,3	9,3	11,2	40.904	291.776	354.246
49	96,3	557,2	671,9	3.036.740	17.570.409	21.189.506
50	172,5	948,9	1.142,2	5.439.775	29.923.812	36.020.698
51	43,3	247,5	298,4	1.364.772	7.805.604	9.409.465
52	0,8	6,1	7,4	23.807	191.994	233.875
53	0,2	3,8	4,7	5.848	119.008	148.025
54	1,3	33,6	41,9	42.121	1.059.939	1.321.576
55	4,8	32,9	39,9	151.216	1.036.491	1.256.938
56	0,9	6,1	7,5	28.149	193.748	234.984
58	2,0	19,7	24,1	62.806	620.413	759.800

Fuente: Elaboración propia.

En el **Anexo 11** se incluyen las curvas de variación estacional para cada uno de los sitios.

11 ESTUDIOS LEGALES

11.1 Introducción

De acuerdo con lo establecido en el N°2.1 de las Bases Administrativas y en el N°6.2.1 de los Términos de Referencia, respectivamente, del presente estudio, su objetivo general consiste en identificar y seleccionar sitios de acumulación factibles de obtener derechos de aguas para la posterior construcción de microembalses de acumulación estacional, y adicionalmente analizar, entre otras variables, los antecedentes legales, para la elaboración de perfiles de proyectos con los instrumentos necesarios para iniciar la tramitación de los derechos de aprovechamiento de aguas.

En seguida, según lo disponen los N°s 2.2 y 6.2.2 de los mencionados documentos de la licitación, entre los objetivos específicos del estudio se encuentran los siguientes:

- Seleccionar 30 sitios en los que se puedan establecer microembalses de acumulación estacional e identificar los potenciales usuarios y su grado de interés (acumulación de aguas lluvias de muro menor de 5 m y volumen de acumulación inferior a 50.000 m^3), ya sea estableciendo un muro en el curso de agua o desviando y acumulando en otro sector cercano.
- Iniciar el trámite de solicitud de derechos de aguas superficiales a embalsar de los 30 sitios seleccionados.

Pues bien, en este orden de materias, en lo tocante a los Estudios Legales Primera Parte, el N°6.8.3.3 de los Términos de Referencia establece que uno de los temas relevantes en la presente Consultoría radica en la factibilidad de la utilización de las aguas superficiales, para obras de microembalse.

Por ello, el consultor debe evaluar para cada sitio de emplazamiento identificado en la etapa anterior, la pertinencia y forma de solicitar los derechos de aprovechamiento de aguas, de acuerdo con las siguientes condiciones:

a. Proyectos acogidos al artículo 10 del Código de Aguas, esto es, utilización de las aguas pluviales.
b. Proyectos que intervengan cauces naturales (quebradas, esteros, etc.) y que requieran formular solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de ejercicio eventual.

En estas condiciones, la actividad que debe realizarse en lo relativo a los Estudios Legales Primera Parte dice relación con un análisis jurídico que consiste en evaluar para cada sitio de emplazamiento identificado, si el respectivo proyecto puede acogerse al artículo 10 del Código de Aguas, o si debe formularse un requerimiento a la autoridad con potestades para constituir originariamente el derecho de aprovechamiento de aguas, acorde con lo establecido en los artículos 22, y 140 y siguientes de la citada codificación.

La actividad en comento se materializa en el presente informe en derecho, respecto de los sitios que se singularizan en una tabla infra.

Para lo anterior, se efectúa un análisis y estudio legal que comprende diversos aspectos.

El acápite 11.2 se ocupa de las aguas terrestres; este análisis comprenderá su naturaleza jurídica, su utilización en forma exclusiva y excluyente, el modo de adquirir el derecho de aprovechamiento, la potestad reglada de la Dirección General de Aguas para constituirlo, los requisitos copulativos exigidos para ello y el análisis particular de cada uno.

En seguida, en el acápite 11.3, se abordan los usos facultados por la ley; el estudio abarca las aguas pluviales o aguas lluvias, el aprovechamiento de las aguas pluviales y el uso de las aguas lluvias que caen en un predio de dominio particular.

A continuación, en el acápite 11.4, se efectúa el análisis de factibilidad, estudio legal que incluye, la utilización de las aguas pluviales para el abastecimiento de las obras de acumulación, la utilización de las aguas superficiales (ríos, esteros, lagos, quebradas, etc.), la determinación de la forma como se abastecerán los microembalses en los sitios elegidos, la viabilidad de para obtener los derechos de aprovechamiento consuntivos de ejercicio eventual destinados al abastecimiento de las referidas obras de acopio en los sitios elegidos, la solicitud de derecho de aprovechamiento sobre aguas subterráneas y el caso en que no se requiere de un derecho de aprovechamiento de aguas otorgado por la Dirección General de Aguas, para utilizar las aguas que conforman una vertiente.

Finalmente, en el acápite 11.5, se exponen las conclusiones a que se arribaron en estos estudios legales.

11.2 Las aguas terrestres

11.2.1 Generalidades

El artículo 595 del Código Civil, dispone que "(…) Todas las aguas son bienes nacionales de uso público (…)".

Por su parte el artículo 589 inciso 1° de la citada codificación establece que "(…) Se llaman bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda (…)".

Agrega, el inciso 2° del artículo 589, que "(…) Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de las calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas, se llaman bienes nacionales de uso público o bienes públicos (…)".

A su turno, el artículo 5°, primera parte del Código de Aguas previene que "(…) Las aguas son bienes nacionales de uso público (…)".

Los bienes nacionales de uso público no son susceptibles de ser adquiridos en dominio ni posesión por los particulares. En efecto, por su naturaleza se encuentran sustraídos del comercio humano, y no pueden ser objeto de venta, permuta u otro contrato por parte de la autoridad encargada de su tenencia.

Con todo, las autoridades competentes pueden conceder a particulares el uso y goce de bienes nacionales para determinados aprovechamientos.

Mientras las aguas están en su fuente natural, es decir constituyendo el río, el lago, etc., cualquiera las puede beber, bañarse o pescar en ellas, en suma, puede usarlas sin excluir a los demás.

Una situación distinta es emplear las aguas en forma exclusiva, llevándolas fuera del cauce para que dejen de formar parte de dicho río o lago, excluyendo a otros de su uso, en forma permanente.

En estos casos las aguas no se emplean en su carácter de bien nacional de uso público, sino como un bien natural o insumo necesario para el desarrollo de actividades productivas de bienes y servicios. Como por ejemplo cuando se extraen las aguas de los ríos para la agricultura, fruticultura y vinicultura.

Ahora bien, para utilizar las aguas no como bien nacional de uso público, sino como un insumo para el desarrollo de actividades agrícolas, mineras, sanitarias, generación hidroeléctrica, industrial etc., se requiere de un permiso específico de parte del Estado, que nuestra legislación denomina "derecho de aprovechamiento de aguas".

11.2.2 Utilización de las aguas de manera exclusiva y excluyente

Como ya se señaló, el hecho de que las aguas sean bienes nacionales de uso público y por consiguiente de dominio exclusivo del Estado, no excluye que sobre dicho bien público se pueda constituir un derecho real, como lo es el derecho de aprovechamiento de aguas.

En efecto, el artículo 5° del Código de Aguas, después de establecer que las aguas son bienes nacionales de uso público, agrega que "(…) y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente Código (…)".

El artículo 6° inciso 1° del Código de Aguas, define el derecho de aprovechamiento como "(…) un derecho real que recae sobre aguas y consiste en el uso y goce de ellas, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código (…)".

El inciso 2° del artículo 6°, dispone que "(…) El derecho de aprovechamiento sobre las aguas es de dominio de su titular, quién podrá usar, gozar y disponer de él en conformidad a la ley (…)".

Como puede advertirse, al tenor de los artículos 5° y 6° incisos 1° y 2° del Código de Aguas, se distinguen dos derechos, a saber, un derecho de dominio originario sobre el bien nacional de uso público (aguas) cuyo titular es el Estado, y otro derecho real, el cual es el derecho de aprovechamiento, cuyo titular, sólo puede usar y gozar de las aguas más nunca disponer de ellas, pues habida cuenta su naturaleza de bien público son incomerciables[2].

Pero, además como lo estable la ley, el titular del derecho de aprovechamiento que se encuentra habilitado solamente para usar y gozar del bien nacional de uso público (aguas), es a su vez, dueño o propietario de su derecho real de aprovechamiento. Y en dicha calidad, puede usar, gozar y disponer libremente de él.

Así, podrá vender su derecho de aprovechamiento, darlo en arrendamiento, donarlo, renunciar a él, gravarlo con hipoteca u otro con otro derecho real como el usufructo.

En suma, es de la esencia de este derecho de aprovechamiento, que el que lo detenta pueda hacer un uso exclusivo de un caudal de aguas determinado y, por ende, excluye a otros de él.

11.2.3 Modos de adquirir el derecho de aprovechamiento de agua

El derecho real de aprovechamiento de aguas, puede adquirirse por modos de adquirir originarios y derivativos.

Los modos derivativos de adquirir son aquellos en que el dominio no nace inmediatamente en el titular, sino que hay un traspaso de dominio, existiendo relación directa de causa a efecto entre el antecesor y el sucesor. Ello acontece, por ejemplo, en la sucesión por causa de muerte y en la tradición.

A su vez, los modos originarios de adquirir se caracterizan por ser aquéllos que provocan el nacimiento del dominio inmediatamente en el titular, sin que exista una relación directa de causa a efecto con el antecesor, o sea, cuando el primer titular es la persona que crea el derecho de aprovechamiento. Situación que ocurre con la prescripción, la accesión, la ley y el acto de autoridad.

Para los fines del presente informe, se hará referencia a este último modo de adquirir.

[2] Según lo establece el artículo 1.604 del Código Civil, existe objeto ilícito en la enajenación de las cosas que no están en el comercio.

11.2.4 Adquisición del derecho de aprovechamiento de aguas por acto de autoridad

Por regla general, el derecho de aprovechamiento de aguas se adquiere por el modo denominado "acto de autoridad", que se materializa en una resolución del Director General de Aguas o de los Directores Regionales, a quienes se les haya delegado dicha facultad.

En efecto, este modo de adquirir se encuentra consagrado en el artículo 20 del Código de Aguas que dispone, en lo que nos interesa, que "(…) El derecho de aprovechamiento se constituye por acto de autoridad (…)".

Por su parte, el artículo 141 inciso final de la citada codificación estatuye, que el derecho real se constituirá "(…) mediante resolución de la Dirección General de Aguas (…)". A su turno, el artículo 147 bis inciso 1°, previene en lo que nos importa "(…) El derecho de aprovechamiento de aguas se constituirá mediante resolución de la Dirección General de Aguas (…)"

Para la anterior, el interesado debe presentar una solicitud escrita la que debe contener todos los datos o menciones que exige el artículo 140 del Código de Aguas.

La petición en comento, se tramita con sujeción al procedimiento administrativo especial que contempla el párrafo 2° del Título I, del Libro Segundo del Código de Aguas.

En los artículo 140 y siguientes de dicha codificación, se establecen las diversas etapas que integran el procedimiento , entre ellas, su inicio, la publicación y radiodifusión de la solicitud, la forma de oponerse los terceros afectados, la contestación a los oponentes, las diligencias que de oficio o a petición de parte puede decretar la Dirección General de Aguas, la emisión de informes técnicos, la resolución terminal del asunto sometido a su consideración, y los recursos administrativos y judiciales que proceden en su contra.

Cabe agregar, que a dicho procedimiento administrativo especial se le aplican supletoriamente las disposiciones contenidas en la Ley N° 19.880[3], esto es, rige respecto de aquellas materias que carecen de regulación.

En efecto, el artículo 1° inciso 1° de la citada ley de bases, previene que en caso de que la ley establezca procedimientos administrativos especiales, su normativa se aplicará con carácter supletorio.

11.2.5 Potestad reglada de la Dirección General de Aguas para constituir el derecho de aprovechamiento de aguas por acto de autoridad

Como cuestión previa, debe tenerse presente que los órganos de la Administración del Estado, se encuentran dotados de diversas potestades para el ejercicio y cumplimiento de las funciones y deberes que les confirió el ordenamiento jurídico. Para los fines del presente informe, se consideran sólo las potestades regladas y discrecionales.

En este orden de materias cabe señalar que la potestad reglada es aquella que se halla debidamente normada en el ordenamiento jurídico, en consecuencia, es la misma ley la que determina cuál es la autoridad que debe actuar, en qué momento y la forma como ha de proceder, por lo tanto, no cabe que la autoridad pueda hacer uso de una valoración subjetiva.

En consecuencia, la decisión en que consista el ejercicio de la potestad reglada es obligatoria en presencia de dicho supuesto y su contenido no puede ser configurado libremente por la Administración, sino que ha de limitarse a lo que la propia ley ha previsto sobre ese contenido de modo preciso y completo.

[3] La citada ley estableció las Bases de los Procedimientos Administrativos que rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.

Por el contrario, la potestad discrecional otorga un margen de apreciación a la autoridad, quien realizando una valoración subjetiva ejerce sus potestades en casos concretos.

Precisado lo anterior, cabe destacar que la Dirección General de Aguas, servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas, en cuanto organismo técnico en materia de aguas se encuentra dotado de la facultad de constituir derechos de aprovechamiento sobre dicho recurso natural existente en fuentes naturales (ríos, lagos, esteros, acuíferos, etc.) debiendo velar que en el ejercicio de esa potestad que no se perjudiquen ni se menoscaben derechos de terceros y considerando la relación existente entre aguas superficiales y subterráneas en la respectiva cuenca u hoya hidrográfica(artículos 3º y 22 del Código de Aguas)

La constitución originaria de tales derechos reales se materializa mediante la dictación de la correspondiente resolución en la medida que exista disponibilidad del recurso hídrico y fuere legalmente procedente la petición (artículos 141 inciso final y 147 bis inciso 1º del Código de Aguas).

Según se colige de la hermenéutica de las disposiciones citadas, dicha Repartición Pública, se encuentra en la obligación de constituir originariamente por resolución afecta el derecho real de aprovechamiento que se le requiera, cuando existiendo disponibilidad del recurso hídrico en la fuente natural, sea legalmente procedente la petición y no se lesionen ni menoscaben derechos de terceros.

En estas condiciones estamos en presencia de una potestad reglada que la ley confirió a la Dirección General de Aguas, por cuanto si concurren las tres exigencias copulativas reseñadas dicho Servicio está obligado a expedir el acto de constitución originaria, quedando vedado considerar para decidir el requerimiento formulado razones de conveniencia, mérito u oportunidad.

Por otra parte, la referida Entidad está obligada a denegar la solicitud que se le formule si no se cumple con cualquiera de los requisitos copulativos indicados. Ergo, habrá que denegar el requerimiento formulado si no existe disponibilidad en la fuente natural, si la petición no es legalmente procedente y si la constitución del derecho perjudica o lesiona derechos existentes en la cuenca respectiva.

En suma, la potestad que tiene dicho servicio es reglada, por cuanto si concurren los tres requisitos copulativos indicados, se encuentra obligado a expedir el acto administrativo de constitución originaria, quedándole vedado para decidir el pedimento formulado considerar razones de mérito, oportunidad o conveniencia.

A continuación, se analizan dogmáticamente las exigencias copulativas reseñadas en los artículos 22 y 141 del Código de Aguas.

11.2.6 Procedencia legal de la solicitud o petición

La procedencia legal de la petición para adquirir el derecho de aprovechamiento por acto de autoridad, dice relación con aspectos de forma y de fondo del requerimiento formulado.

Así, a título meramente ejemplar, se revisan casos en que la petición es legalmente improcedente por vicios de forma. La solicitud será legalmente improcedente si se formula ante la Gobernación Provincial, no obstante que en dicha provincia donde se ubica le fuente natural existe oficina de la Dirección General de Aguas (artículo 130 inciso 1º del Código de Aguas).

También es improcedente por vicio de forma, el requerimiento que no indique la naturaleza del derecho que se pide, esto es, si es consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, continuo o discontinuo o alternado con otras personas (artículo 140 Nº 5 del Código de Aguas).

Asimismo, es improcedente por vicio de forma la petición en que se omita indicar la cantidad de agua que se desea extraer de la fuente natural (artículo 140 N° 4 del Código de Aguas)

Por otra parte, una solicitud puede cumplir formalmente el requisito establecido en el artículo 140 N° 4, del Código de Aguas, esto es, indicar el punto de captación donde desea captar el agua. Sin embargo, replanteado en terreno dicho lugar no cae en la fuente natural, sino fuera de ella o excede el margen de error que acepta la Dirección General de Aguas, a saber, 100 metros.

En esta situación existe un vicio de fondo en el requerimiento formulado, pues acorde con el artículo 22 del Código del Ramo, la autoridad sólo puede constituir el derecho de aprovechamiento en fuentes naturales y en embalses estatales, ergo, la solicitud en este ejemplo, deberá ser denegada por ser legalmente improcedente.

En este mismo orden de ideas, supongamos que el interesado publica su petición de modo sucinto, esto es, en extracto pero la publicación aparecida en los medios de difusión no contiene los datos para su acertada inteligencia por terceros, verbigracia, no señala la provincia en que están ubicadas las aguas o que recorren, de manera que los terceros no pueden saber si la solicitud presentada les afecta o no, dejándolos en esta forma en situación de indefensión (artículos 131 inciso 3°, 140 N° 2 y 141 inciso 1°, del Código de Aguas).

En esta hipótesis también existe un vicio de fondo pues, aunque formalmente se cumplió con la obligación de publicar la petición, los avisos aparecidos en los diarios o periódicos no contienen los datos necesarios para que terceros puedan saber si se verán afectados o no, de manera que el derecho a oponerse que les franquea el artículo 132 del Código de Aguas, resulta ilusorio, y en definitiva los deja en indefensión. Por las consideraciones jurídicas señaladas, la solicitud en este caso, deberá ser denegada por ser legalmente improcedente.

En suma, la petición será legalmente procedente cuando cumpla con las exigencias de forma y de fondo que establece la ley, cuestión que es eminentemente casuística como se acaba de ver con los ejemplos expuestos, de suerte que habrá que analizar cada solicitud en particular en su mérito.

11.2.7 Disponibilidad del recurso hídrico

Como se ha precisado corresponde a la Dirección General de Aguas al momento de estudiar una solicitud de derecho de aprovechamiento determinar la disponibilidad del recurso hídrico.

La jurisprudencia administrativa[4] ha expresado que la determinación del recurso hídrico es una materia eminentemente técnica de competencia exclusiva y excluyente de la Dirección General de Aguas, quien debe considerar este requisito al tiempo de constituir nuevos derechos, debiendo tener presente al adoptar una decisión sobre el particular los derechos legalmente constituidos o reconocidos, e incluso los susceptibles de ser regularizados por los procedimientos transitorios que contempla el Código de Aguas.

En consecuencia, en esta tarea, o sea, la determinación de la disponibilidad, dicho servicio debe preservar el uso y goce de las aguas que deriven de otros derechos de aprovechamiento existentes, y en el caso de que estos últimos resulten perjudicados, debe denegar la constitución del nuevo derecho pedido, ya sea de oficio o a raíz de las oposiciones que le formulen terceros titulares de derechos.

[4] Dictámenes N°s 1.408, 23.228 y 12.093, de 1992,1995 y 1996, respectivamente, de Contraloría General de la República.

Este criterio ha sido corroborado por la jurisprudencia judicial[5], la que ha expresado que el concepto de disponibilidad dice relación con aprovechar y explotar las aguas, recurso que se sabe limitado, sin detrimento de otros titulares de derecho, y no con la mera existencia física de tal elemento líquido.

Así en Considerando 12°, de fallo en comento precisa que la autoridad correspondiente, esto es, la Dirección General de Aguas, cuando constituye derechos de aprovechamiento en fuentes naturales, donde ya existen otros derechos otorgados o reconocidos, debe necesariamente tomar en cuenta el caudal autorizado a extraer por los titulares de tales derechos.

Agregando el Considerando 13°que "(…) como corolario de todo lo expresado, se concluye que el concepto «disponibilidad» es de orden jurídico y no material y guarda relación necesariamente con la cantidad de agua otorgada a las concesiones ya constituidas (…)".

Por ello, para determinar la disponibilidad en el caso de las aguas de un río, no basta con hacer mediciones en el punto de captación indicado en la solicitud respectiva, sin saber cuánta agua ya está comprometida en otro punto o lugar de ese cauce natural, en suma, la cuantía de los derechos constituidos o reconocidos que deben respetarse o, dicho de otro modo, cuál es la disponibilidad de la fuente considerada en su conjunto.

Enseguida, cabe tener presente que los criterios técnicos que se utilizan para determinar si existe disponibilidad del recurso hídrico en un punto dado, los ha fijado la Dirección General de Aguas, los que en síntesis consisten en considerar el máximo de información existente y la aplicación de técnicas de hidrología, estadísticas, aforos, probabilidad de excedencia etc.

Dichos criterios se encuentran en el "Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos-2002", aprobado por Resolución DGA N° 1503, de 31 de marzo de 2002. Este documento tiene un carácter público, y puede consultarse e incluso imprimirse de la página web del servicio, a saber, www.dga.cl.

En este punto es dable destacar que el artículo 147 bis inciso 4°, del Código de Aguas, incorporado por la Ley N° 20.017, consagró legalmente una práctica administrativa que de manera constante y uniforme realizó la Dirección General de Aguas.

Dicho modo de obrar consistía en que cuando no existía el caudal pedido por el interesado, la autoridad pública le ofrecía constituir el derecho real por una dotación menor a la requerida, y sólo ante su aceptación formal y expresa le otorgaba el derecho. Antes de ello, simplemente se denegaba la petición formulada, por no haber disponibilidad hídrica para satisfacer su pretensión.

Aún más, el nuevo artículo habilitó a la autoridad para ofrecer la constitución del derecho en condiciones distintas a la solicitada. Así, si el interesado pidió un derecho de ejercicio permanente, y las pericias realizadas determinaron que era factible el otorgamiento de una forma eventual, se puede ofertar dicha posibilidad, y sólo ante la aceptación expresa del peticionario, otorgarle el derecho para ejercerlo únicamente cuando se hubieren satisfechos los derechos permanentes existentes en la misma fuente natural.

Precisado lo anterior, la nueva norma vigente desde el 16 de junio de 2005, estatuye "(…) Si en razón de la disponibilidad de agua no es posible constituir el derecho de aprovechamiento en las condiciones solicitadas, el Director General de Aguas podrá hacerlo en cantidad o con características diferentes, siempre que conste el consentimiento del interesado. Así, por ejemplo, será posible constituirlo en calidad de eventual o discontinuo, habiendo sido solicitado como permanente o continuo (…)".

[5] Sentencia de la Corte Suprema de 5 de enero de 2004, dictada en la causa Rol N° 3.803- 2003, sobre recurso de Protección, caratulado "Aguas Andinas S.A. con Dirección General de Aguas.

Como puede advertirse del tenor literal de la norma transcrita para que la Dirección General de Aguas, pueda constituir el derecho de aprovechamiento por un caudal menor al requerido o en condiciones diferentes a lo solicitado, en razón de la disponibilidad hídrica existente, es requisito habilitante que el interesado manifieste su consentimiento expreso en dicho sentido.

En estas condiciones, si rechaza el ofrecimiento de la autoridad o no se pronuncia al respecto dentro del plazo prudencial que se le fije al efecto, su solicitud deberá ser denegada, en razón de no existir disponibilidad del recurso natural.

11.2.8 Perjuicio o menoscabo a derechos de terceros

La Dirección General de Aguas, en el ejercicio de la potestad reglada que le confirió el legislador en los artículos 22 y 141 inciso final del Código de Aguas, debe velar para que no se perjudiquen o menoscaben derechos de aprovechamiento de terceros.

Acorde con dicho mandato imperativo, dicho servicio al momento de analizar y estudiar una solicitud para adquirir el derecho de aprovechamiento, debe determinar la disponibilidad del recurso hídrico en la fuente natural respectiva, estando obligado a preservar el uso y goce de las aguas que se deriven de otros derechos reales existentes, y en el evento que estos últimos resulten perjudicados o menoscabados, deberá denegar la constitución pedida, ya sea de oficio o a raíz de las oposiciones que le formulen los titulares de esos derechos.

11.3 Los usos facultados por la ley

11.3.1 Introducción

La doctrina denomina “usos facultados por ley” aquellos casos en los que no es necesario tener un derecho de aprovechamiento de aguas para emplear o usar agua (bien público) en forma exclusiva y excluyente.

En síntesis, se trata de hipótesis en que cualquier persona, cumpliendo ciertos requisitos, puede aprovechar ciertas aguas sin necesidad de solicitar un derecho de aprovechamiento y supone que, comenzado su uso, no puede ser perturbado en su empleo y goce.

Con todo, dichos usos no constituyen derechos de aprovechamiento, pues no son permanentes, sino situaciones transitorias que dependen habitualmente de hechos de la naturaleza o de terceros, de tal suerte que en el evento que dicha hipótesis no ocurra o deje de ocurrir, nada podrá reclamar el usuario, pues no ha adquirido ningún derecho real sobre ellas, sino la mera facultad de utilizarlas mientras se encuentren disponibles.

Esta es la situación que acontece precisamente con las aguas pluviales, de las cuales se hace referencia a continuación.

11.3.2 Las aguas pluviales o aguas lluvias

Como cuestión previa, se debe tener presente que el Código de Aguas en su artículo 1° inciso 1°, estatuye que “(…) Las aguas se dividen en marítimas y terrestres (…)”. Para precisar de inmediato que “(…) Las disposiciones de este Código sólo se aplican a las aguas terrestres (…)”

Las aguas terrestres pueden ser clasificadas en dos subgrupos: el de las aguas superficiales y el de las aguas subterráneas.

En seguida, el artículo 1° inciso 1° del Código de Aguas establece que “(…) Son aguas pluviales las que proceden inmediatamente después de las lluvias, las cuales serán marítimas o terrestres según donde se precipiten (…)”.

Como pueden advertirse, las aguas lluvias o aguas pluviales, son las que provienen de las lluvias, mientras conservan el carácter de tales y no se confunden con otras, como las de un río, un lago o en el mar.

Las aguas pluviales que caen en otras aguas, o sea, en ríos, lagos o en el mar, siguen la suerte de las aguas con las cuales se confunden y le son aplicables la normativa que rigen a estas últimas. Así, si caen a un río y se confunden con sus aguas, se regirán por las reglas del Código de Aguas, aplicables a las aguas superficiales terrestres.

En tanto, si caen en el mar, se regirán por las disposiciones relativas a las aguas marítimas, que regla el Código Civil. En esta situación no aplica el Código de Aguas.

11.3.3 El aprovechamiento de las aguas pluviales

Resulta útil consignar que las aguas pluviales son bienes nacionales de uso público, conforme lo establecen los artículos 595 del Código Civil y el artículo 5° primera parte del Código de Aguas.

La regla general, como hemos visto es que para utilizar las aguas no como bien nacional de uso público, sino como un insumo para el desarrollo de actividades económicas productivas y de servicios, esto es, de una manera exclusiva y por ende, excluyendo a otros de su uso, se requiere de un derecho específico, que nuestra legislación denomina derecho de aprovechamiento de aguas.

Con todo, existen ciertos usos de aguas que la legislación reconoce de principio, permitiendoque las personas los realicen directamente, sin necesidad de especial autorización o concesión de un derecho de aprovechamiento.

En efecto, el Código de Aguas ampara esos usos de aguas y da la posibilidad a las personas que los lleven adelante, sin necesidad de obtener una autorización o permiso por parte de la Administración del Estado. Este es el caso precisamente de las aguas pluviales o aguas lluvias.

Cabe señalar que en materia de aprovechamiento de las aguas pluviales nuestra legislación distingue según si caen en un predio de dominio privado o en terrenos de dominio público. Para los fines del presente reporte se hará referencia sólo del primer caso.

11.3.4 El uso de las aguas pluviales que caen en predio de dominio privado

La situación del epígrafe se encuentra regulada en el artículo 10 inciso 1° del Código de Aguas, que dispone que "(…) El uso de las aguas pluviales que caen o se recogen en un predio de propiedad particular corresponde al dueño de éste mientras corran dentro de su predio o no caigan en cauces naturales de uso público(...)".

En estas condiciones las aguas lluvias que caen en un predio de dominio privado, pueden ser utilizadas por el dueño de ésta, mientras no formen una corriente que pasa los límites de su heredad.

Si las aguas salen de su predio pierde su tuición sobre ellas y si han caído en un cauce natural ocurre lo mismo. Si pasan a formar parte de un río, para extraerlas necesita de un derecho de aprovechamiento.

Ahora bien, al caer las aguas lluvias el dueño del predio puede abandonarlas a su inclinación natural, o bien puede recogerlas en tranques o embalses y almacenarlas, con el fin de utilizarlas en riego, por ejemplo, u otros menesteres.

Sobre el particular, el inciso 2° del artículo 10° del Código de Aguas estatuye que, "(…) En consecuencia, el dueño puede almacenarlas dentro del predio por medios adecuados, siempre que no se perjudique derechos de terceros "(…)".

Resulta del caso consignar que las obras para detenerlas o embalsarlas deben estar dentro del predio, no puede conducirlas a otra propiedad para hacer en ella la obra de acopio.

El embalsamiento de las aguas lluvias no debe perjudicar derechos de terceros. Por ejemplo, la construcción de un gran embalse en un bien raíz cordillerano que recoja tal cantidad de agua que impida la formación de ríos o arroyos que naturalmente existen más abajo, y en los cuales existan derechos de aprovechamiento constituidos con antelación a favor de terceros.

11.4 Análisis de factibilidad

11.4.1 Aspectos generales

Aunque resulte reiterativo mencionarlo, el estudio legal relativo a la factibilidad de la utilización de las aguas superficiales, para las obras de microembalse de las aguas superficiales, implica evaluar para cada sitio de emplazamiento identificado, la pertinencia y la forma de solicitar los derechos de aprovechamiento, acorde con las siguientes variables:

a) Proyectos acogidos al artículo 10 del Código de Aguas, esto es, utilización de las aguas pluviales.
b) Proyectos que intervengan cauces naturales (quebradas, esteros, etc.) y que requieran formular solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas de ejercicio eventual.

11.4.2 La utilización de las aguas pluviales para abastecer las obras de acumulación

De acuerdo con lo establecido en el artículo 10 inciso 1° del Código de Aguas, el uso de las aguas pluviales que caen o se recogen en un predio de propiedad particular corresponde al dueño de éste mientras corran dentro de su predio o no caigan en cauces naturales de uso público.

En estas condiciones, la primera exigencia que debe acreditarse para usar las aguas lluvias en el acopio del microembalse, es que el beneficiario es poseedor y dueño del predio en dónde caen las aguas.

Para ello será menester efectuar un estudio de los títulos del inmueble, El estudio de títulos consiste en un examen acucioso de todos los antecedentes del predio para determinar su situación jurídica y la de los derechos que en él recaigan.

El objetivo principal de dicho estudio es comprobar que el actual titular de un inmueble se encuentre en condiciones de transferir válidamente el dominio pleno e irrestricto del bien raíz, sin que exista causa que pueda dar lugar a la evicción, sea por efectos de haberse declarado extinguidos o encontrarse prescritos los derechos o acciones de terceros o por haberse cumplido las exigencias legales de las anteriores transmisiones de dominio hasta la que acredite la propiedad del actual dueño.

En síntesis, los títulos de un bien raíz o inmueble se encuentran en orden cuando concurren los siguientes requisitos copulativos:

- Que el actual titular sea poseedor regular y propietario y que su dominio se encuentra consolidado ante las pretensiones de terceros que eventualmente pudieran deducir acciones rescisorias, resolutorias o reivindicatorias, o acciones o excepciones de inoponibilidad o de inexistencia.

- Que el actual titular sea pleno dueño del predio, y que su dominio no se encuentre limitado por gravámenes fiduciarios, usufructos, derechos de uso o habitación, servidumbres pasivas, hipotecas, censos, obligaciones modales, pactos de indivisión u otros similares.
- Que el inmueble no se encuentre afecto a prohibiciones o restricciones, ya sean legales, judiciales o convencionales que impidan o dificulten su transferencia, o su derecho a libre uso goce y disposición del bien raíz.
- Que se haya cumplido la normativa legal y reglamentaria sobre loteos, urbanizaciones, subdivisiones, copropiedad inmobiliaria, y sobre construcciones de inmuebles.
- Que el inmueble no registre deudas impagas por concepto del impuesto territorial (contribuciones)

Puntualizado lo anterior, es dable señalar el análisis de la existencia jurídica del bien inmueble, implica remontarse hacia atrás en el tiempo para revisar cada una de las diferentes instancias a que ha estado sujeto. En este orden de materias, el estudio debe abarcar un período de 10 años, a contar dela fecha del informe.

Si se constata que el beneficiario del proyecto es poseedor y dueño del predio donde precipitan las aguas, y su derecho real de dominio no se encuentra limitado en forma alguna por la ley o por convenciones y/o contratos otorgados a favor de terceros, se debe pasar a analizar las exigencias que el Código de Aguas establece para que pueda utilizar las aguas lluvias.

En primer término, las aguas lluvias que caen en un predio de dominio privado, pueden ser utilizadas por el dueño de ésta, mientras no formen una corriente que pasa los límites de su heredad.

Si las aguas salen de su predio pierde su tuición sobre ellas y si han caído en un cauce natural ocurre lo mismo. Si pasan a formar parte de un río, para extraerlas necesita de un derecho de aprovechamiento, el que deberá solicitar a la Dirección General de Aguas.

Ahora bien, sino acontece ninguna de las dos situaciones fácticas indicadas, el dueño del predio puede recogerlas en tranques o embalses y almacenarlas, con el fin de utilizarlas en la irrigación de su inmueble.

Con todo, debe tenerse presente que las obras que ejecute el dueño del predio para detener o embalsar las pluviales deben estar dentro del inmueble, no puede conducirlas a otra propiedad para hacer en ella la obra de acopio.

Finalmente, el embalsamiento de las aguas lluvias no debe perjudicar derechos de terceros. Verbigracia, la construcción de un gran embalse en un bien raíz cordillerano que recoja tal cantidad de agua que impida la formación de ríos o arroyos que naturalmente existen más abajo, y en los cuales existan derechos de aprovechamiento constituidos con antelación a favor de terceros.

11.4.3 La utilización de aguas superficiales (esteros, quebradas, etc.) para abastecer las obras de acumulación

De acuerdo con lo establecido en los artículos 595 y 5° primera parte, del Código Civil y del Código de Aguas, respectivamente, las aguas son bienes nacionales de uso público, es decir, pueden ser utilizadas por cualquier persona que se encuentre en el país, ya sea nacional o extranjero. Que el uso de unos no excluya a los otros es de la esencia de un bien nacional de uso público o bien público.

Mientras las aguas están en su fuente natural, es decir, formando parte de un río, lago, estero, etc., cualquiera puede beber o bañarse en ellas.

Una situación distinta es usar las aguas en forma exclusiva y excluyente, llevándola fuera de la fuente natural para que dejen de formar parte de ella, excluyendo a los otros de su uso en forma permanente.

En estos casos las aguas no se emplean en su carácter de bien nacional de uso público, sino como un bien natural necesario para la producción de bienes y servicios, por ejemplo, para agricultura, minería, agua potable, industria, generación de energía eléctrica, etc.

Para utilizar las aguas terrestres que pueden ser superficiales o subterráneas, como un insumo para actividades económicas de producción de bienes y servicios se requiere de un derecho específico que nuestra legislación denomina "derecho de aprovechamiento de aguas".

Más allá de su definición legal, que establece el artículo 6° inciso 1° del Código de Aguas, la doctrina conceptualiza el derecho de aprovechamiento como la facultad de acceder a una fuente natural (superficial o subterránea) para extraer de ella una cantidad de agua en un punto determinado, para usar dichas aguas en forma exclusiva.

Es de la esencia de este derecho real que el que lo detenta puede hacer un uso exclusivo de la dotación de aguas correspondiente y, por ende, excluye a otros de ella.

Enseguida, fluye de la conceptualización indicada los elementos que componen el derecho de aprovechamiento de aguas, a saber:

- Una fuente natural (superficial o subterránea) determinada
- Una dotación de aguas también determinada, y
- Un punto de captación preciso

Las aguas que deben acopiarse en los microembalses, de acuerdo con las bases de la licitación, deben ser superficiales.

El artículo 2° inciso 2° del Código de Aguas las define de la siguiente forma: "(…) Son aguas superficiales aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas (…)".

Añade el inciso 3° del artículo citado que son aguas corrientes las que escurren por cauces naturales o artificiales.

Por parte, el artículo 30 inciso 1° del Código de Aguas, define el cauce natural o álveo de una corriente de uso público como el suelo que el agua ocupa y desocupa alternativamente en sus creces y baja periódicas.

Precisado lo anterior, para adquirir el derecho de aprovechamiento por acto de autoridad, esto es, resolución de la Dirección General de Aguas, el interesado debe formular una solicitud escrita a dicha repartición, la que debe contener todos los datos o menciones que exige el artículo 140 del Código de Aguas.

En lo que nos interesa, el N° 3, del citado artículo 141, dispone que la petición debe indicar "(…) La cantidad de aguas que se necesita extraer, expresada en medidas métricas y de tiempo (…)". Así, peticionario podrá en su solicitud expresar la dotación de aguas que requiere en litros por segundo, m^3/año, etc.

Por su parte, por mandato del artículo 149 N°3, al otorgar el derecho la autoridad en el acto constitutivo, debe indicar "(…) La cantidad de aguas que se autoriza a extraer, expresada en la forma prevista en el artículo 7° de este Código (…)".

A su vez, el artículo 7° de dicha codificación precisa que "(…) El derecho de aprovechamiento se expresará en volumen por unidad de tiempo (…)".

Dicha solicitud se tramita con sujeción al procedimiento administrativo especial que contempla el párrafo 2° del Título I, del Libro Segundo de dicha codificación. Además, la petición debe publicarse y radiodifundirse a costa del interesado, en la forma y plazos que establece el artículo 131.

La constitución del derecho de aprovechamiento se materializa mediante la correspondiente resolución de la Dirección General de Aguas, la que debe contener las menciones que indica el artículo 149 del Código de Aguas.

Una vez que dicho acto administrativo es tomado razón por la Contraloría General de la República, copia autorizada de él debe reducirse escritura pública e inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente, acorde los artículos 114 N° 4 y 150 del Código de Aguas.

En este orden de materias, de acuerdo con las bases de licitación, los derechos de aprovechamiento sobre aguas superficiales que deben solicitarse a la Dirección General de Aguas, para acopiarlas en los microembalses deben ser de naturaleza eventual.

Acorde con lo estatuido por el artículo 18 inciso 1° del Código de Aguas, "(…) Los derechos de ejercicio eventual sólo facultan para usar el agua en las épocas que el caudal matriz tenga un sobrante después de abastecidos los derechos permanentes (…)".

Para determinar el correcto sentido y alcance de la norma transcrita, debemos tener presente que durante un mismo año un río, estero o lago tiene variaciones en su caudal y estos caudales son distintos de un año a otro.

Ahora bien, todos los derechos de ejercicio permanente participan en el reparto del caudal del río, por exiguo que éste sea; los derechos de ejercicio eventual solamente pueden tomar agua, siempre que sobre, después que todos los permanentes tomen la totalidad de los caudales de aguas a que tienen derecho.

Cabe agregar que, cualquiera que sea la fecha de la constitución de un derecho permanente, concurre al igual que todos los otros de su misma categoría en el reparto proporcional[6], si el caudal del río no es suficiente para abastecer por completo a todos. El reparto proporcional puede llegar incluso al turno.

Cuando la escasez no es tanta como para privar a todos los derechos de ejercicio eventual, entre ellos prefieren los constituidos con anterioridad, conforme lo establece el artículo 18 inciso 3° del Código de Aguas[7].

Puntualizado lo anterior, es útil destacar que el derecho de aprovechamiento que se requiere para acumular en los microembalses debe ser de ejercicio consuntivo, por la razón que se explicita en seguida.

Se debe tener presente que, por regla general, las aguas son abandonadas después de usadas y el titular del derecho no tiene más limitaciones que las relativas a la contaminación o deterioro perjudicial de la calidad de las aguas y a evitar daños a terceros. Sin embargo, hay casos en que usuario debe restituir las aguas al cauce natural en un punto determinado una vez que las usó.

Así pues, consuntivo es el derecho de aprovechamiento que no obliga a restituir las aguas después de usadas y no consuntivo es el que sí obliga a restituirlas respetando ciertas exigencias legales.

[6] El artículo 17 del Código de Aguas dispone que "(…) Los derechos de aprovechamiento de ejercicio permanente facultan para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad de agua suficiente para satisfacerlos en su integridad, en cuyo caso el caudal se distribuirá en partes alícuotas (…)".

[7] Prescribe el artículo 18 inciso 3° del Código de Aguas "(…) El ejercicio de los derechos eventuales queda subordinado al ejercicio preferente de los derechos de la misma naturaleza otorgados con anterioridad (…)".

El artículo 13 del Código de Aguas define el derecho de aprovechamiento consuntivo cómo "(…) aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad (…)".

A su turno, el artículo 14 de la citada codificación define el derecho de aprovechamiento no consuntivo cómo "aquel que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho (…)".

El ejemplo por antonomasia del derecho consuntivo es el riego y de no consuntivo la generación de energía eléctrica.

Por último, el derecho de aprovechamiento que se solicite a la Dirección General de Aguas, para los efectos del acopio, podrá ser continuo, discontinuo o alternado, ello dependerá de los resultados del balance hídrico que se efectúe.

Con todo, de manera sucinta se puede señalar que el derecho de aprovechamiento continuo[8] se puede utilizar todos los días del año, en tanto el discontinuo[9] sólo se puede ejercer en las épocas o momentos que se indique en su título, por ejemplo, ciertos meses, ciertas horas al día, etc.

Si se debe ejercer sólo a ciertas horas del día, o a ciertos días del mes o de la semana, para que otro u otros tomen las aguas en otros días, semanas u horas , se trata de un derecho alternado[10], más conocido como derecho sujeto a turno.

En el derecho alternado unas aguas se comparten entre dos o más usuarios, unos toman antes y otros después y cuando el ciclo termina se inicia nuevamente en el mismo orden de precedencia y así sucesivamente.

En este análisis de factibilidad debemos tener presente el concepto del agotamiento de las fuentes naturales, que en principio no admite constituir más derechos de aprovechamiento de aguas que puedan ser ejercidos o, dicho en otros términos, que tengan derecho a participar en el reparto proporcional cuando no existe aguas para todos.

El agotamiento de los cauces naturales de uso público se encuentra regulado en el artículo 282 inciso 1° del Código de Aguas, que estatuye que "(…) El Director General de Aguas podrá declarar en caso justificado, a petición fundada de la junta de vigilancia respectiva o de cualquier interesado y para los efectos de la concesión de nuevos derechos consuntivos permanentes, el agotamiento de fuentes naturales de aguas, sean éstas cauces naturales, lagos, laguna u otros (…)".

Como puede advertirse, el agotamiento sólo se aplica a las aguas superficiales, esto es, aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre, ya sean, aguas corrientes, como es el caso de los cauces naturales de uso público (ríos, esteros, arroyos etc.), o aguas detenidas, como es el caso de los lagos, lagunas etc.

[8] El artículo 19 inciso 1° del Código de Aguas estatuye que "(…) Son derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día (…)".
[9] Agrega el inciso 2°del citado artículo 19 que "(…) Los derechos de ejercicio discontinuo sólo permiten usar el agua durante determinados períodos (…)".
[10] Finalmente, el inciso 3°del referido artículo 19 expresa que "(…) Los derechos de ejercicio alternado son aquellos en que el uso del agua se distribuye entre dos o más personas que se turnan sucesivamente (…)".

Es competencia de la Dirección General de Aguas declarar, mediante la dictación de una resolución exenta[11], el agotamiento de las fuentes naturales por causa justificada, ya sea a petición fundada de la Junta de Vigilancia respectiva o de cualquier interesado.

Del tenor literal del artículo 282 inciso 1° del Código de Aguas, se tiene que en esta materia dicho servicio no puede obrar de oficio, o sea, *motu proprio*, sino que debe hacerlo a solicitud de un tercero.

Para obtener la declaración de agotamiento, los interesados deben formular una solicitud escrita la que debe sujetarse en su tramitación al procedimiento administrativo del párrafo 1° del Título I del Libro Segundo del Código de Aguas, según lo establece el inciso 4° del citado artículo 282.

La resolución que declara el agotamiento de fuentes naturales debe ser publicada en el Diario Oficial de la República, habida cuenta que contiene normas de aplicación general e interesa a un indeterminado número de personas, acorde con lo prevenido en el artículo 48 letras a) y b) de la Ley N° 19.880.

El efecto jurídico que produce la declaración de agotamiento, es que, desde la data de la publicación de la resolución respectiva en el Diario Oficial de la República, la Dirección General de Aguas no podrá constituir en el cauce natural de que se trata, derechos de aprovechamiento consuntivos permanentes.

En otros términos, en los cauces naturales de uso público, tales como ríos, esteros, arroyos, etc., declarados agotados dicho servicio únicamente puede constituir derechos de aprovechamiento no consuntivos eventuales.

11.4.4 Determinación de la forma como se abastecerán las obras de acumulación en los sitios elegidos

Como cuestión previa es menester señalar que según lo dispone el artículo 299 inciso 1° del Código de Aguas, compete a la Dirección General de Aguas, la función de "(…) Investigar, medir el recurso y monitorear tanto su calidad como su calidad, en atención a la conservación y protección de las aguas (…)".

Para lo anterior, debe mantener y operar el servicio hidrométrico nacional, el que incluye tanto mediciones de cantidad como de calidad de aguas, y proporcionar y publicar la información correspondiente. Esta red de mediciones, comprende, entre otras cosas, estaciones fluviométricas y estaciones pluviométricas.

En este punto se debe tener presente que, según lo estatuye el artículo 129 bis 3 del Código de Aguas, la Dirección General de Aguas debe establecer una red de estaciones de control de calidad, calidad y niveles tanto de aguas superficiales como subterráneas, en cada cuenca u hoya hidrográfica. Añadiendo que, la información que se obtenga será pública y deberá proporcionarse a quien la solicite.

Precisado lo anterior, se ha estimado que cada uno de los 30 microembalses requerirá un caudal aproximado de 2 litros por segundo para poder operar. De lo anterior se sigue que el caudal total que se necesitaría para abastecer las obras de acumulación ascendería aproximadamente a 60 litros por segundo.

Ahora bien, de acuerdo con la información oficial proporcionada por la Agente de Expedientes de la Dirección regional de Aguas de la Región de Aysén, doña Alejandra Espina Lizana, en las cinco cuencas que comprende el presente estudio básico, a saber, hoyas hidrográficas de los ríos Palena, Cisnes, Aysén, Pascua y Baker, existiría disponibilidad hídrica para constituir derechos de aprovechamiento de ejercicio eventual, habida

[11] El acto administrativo que declara el agotamiento de fuentes naturales, no se encuentra sujeto al control preventivo de Contraloría General de la República, que se materializa en el trámite de toma de razón.

cuenta que cada uno de los treinta microembalses necesitará de un caudal aproximado de 2 l/s para su operación.

En consecuencia, basándose en la información oficial proporcionada por dicho servicio público en cuanto organismo técnico en materia de aguas, se ha resuelto que el abastecimiento de los microembalses correspondientes de los sitios elegidos, se efectuará con aguas superficiales provenientes diversos cauces naturales sin nombre, del Río Avilés, de los Esteros Lechoso, El Baño, Santa Clara y Dañino.

En suma, habrá que solicitar a la Dirección General de Aguas la constitución originaria de los respectivos derechos de aprovechamiento consuntivos de ejercicio eventual, para el abastecimiento de las obras de acumulación en cada uno de los sitios elegidos.

Naturalmente que la constitución de tales derechos reales está subordinada a que exista la disponibilidad legal para satisfacer las peticiones, y que se cumplan otros requisitos formales que exige el Código de Aguas.

11.4.5 Viabilidad de obtener los derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales de ejercicio eventual para abastecer las obras de acumulación en los sitios elegidos

Se recordará que uno de los objetivos específicos del estudio básico consiste en seleccionar 30 sitios en los que se puedan establecer microembalses de acumulación estacional.

Por otra parte, en esta tercera etapa del estudio debe evaluarse la forma se obtendrán las aguas superficiales para abastecer los microembalses.

Sobre el particular, se concluyó que las aguas superficiales requeridas para acopiarlas en las obras de acumulación se obtendrían mediante la solicitud de los respectivos derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales de ejerció eventual ante la Dirección General de Aguas.

Pues bien, ahora se debe evaluar para cada sitio seleccionado la factibilidad o viabilidad de adquirir originariamente por acto de autoridad los respectivos derechos reales.

En la Tabla 12.1 se individualizan cada uno de los 30 sitios seleccionados.

Como puede advertirse esa tabla, en los treinta (30) sitios elegidos el abastecimiento de los microembalses se efectuará con aguas superficiales provenientes de cauces naturales que se singularizan en cada caso o si el dueño del inmueble en donde nace, corre y muere, goza de dicho derecho real por el sólo ministerio de la ley.

A continuación, se discute de la viabilidad para adquirir los derechos de aprovechamiento por acto de autoridad, distinguiendo para los efectos del análisis respectivo, si la solicitud recae sobre aguas superficiales o sobre aguas de vertientes.

11.4.6 Solicitud de derechos de aprovechamiento sobre aguas superficiales

Como es sabido, la Dirección General de Aguas, servicio dependiente del Ministerio de Obras Públicas, en cuanto organismo técnico en materia de aguas, se encuentra dotado de la facultad de constituir derechos de aprovechamiento sobre dicho recurso natural existente en fuentes naturales (ríos, lagos, esteros, acuíferos, etc.) debiendo velar que en el ejercicio de esa potestad que no se perjudiquen ni se menoscaben derechos de terceros y considerando la relación existente entre aguas superficiales y subterráneas en la respectiva cuenca u hoya hidrográfica(artículos 3º y 22 del Código de Aguas)

La constitución originaria de tales derechos reales se materializa mediante la dictación de la correspondiente resolución en la medida que exista disponibilidad del recurso hídrico y fuere legalmente procedente la petición (artículos 141 inciso final y 147 bis inciso 1º del Código de Aguas).

Según se colige de la hermenéutica de las disposiciones citadas dicha Repartición Pública, se encuentra en la obligación de constituir originariamente por resolución afecta el derecho real de aprovechamiento que se le requiera, cuando existiendo disponibilidad del recurso hídrico en la fuente natural, sea legalmente procedente la petición y no se lesionen ni menoscaben derechos de terceros.

En estas condiciones, se está en presencia de una potestad reglada que la ley confirió a la Dirección General de Aguas, por cuanto si concurren las tres exigencias copulativas reseñadas dicho Servicio está obligado a expedir el acto de constitución originaria, quedando vedado considerar para decidir el requerimiento formulado razones de conveniencia, mérito u oportunidad.

Pues bien, los tres requisitos copulativos que exige la ley para que se constituya el derecho de aprovechamiento por acto originario, son:

1) Procedencia legal de la solicitud
2) Disponibilidad del recurso hídrico
3) No perjuicio de derechos de terceros

La primera exigencia, reviste tanto aspectos legales como técnicos. En efecto, es una cuestión legal que la solicitud indique en términos formales y explícitos la naturaleza del derecho que se pide, o sea, si es consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, discontinuo o alternado con otras personas.

Asimismo, es una materia legal señalar en la petición un lugar de captación de las aguas. Pero su definición correcta es una cuestión de carácter técnico. Habida cuenta que conforme al "Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de recursos Hídricos", aprobado por Resolución DGA N° 1.503, de 31 de marzo de 2002, si existe un error de 100 metros su definición, la solicitud debe ser denegada por ser legalmente improcedente.

A su vez, el segundo requisito es técnico. En efecto, se ha visto que tanto la Corte Suprema como Contraloría General de la República han resuelto de manera constante y uniforme que la determinación de la disponibilidad es una materia técnica, que le compete en forma exclusiva y excluyente a la Dirección General de Aguas.

Precisando al respecto, que los criterios técnicos que se utilizan para determinar si existe disponibilidad del recurso hídrico en un punto dado, los ha fijado la Dirección General de Aguas, los que en síntesis consisten en considerar el máximo de información existente y la aplicación de técnicas de hidrología, estadísticas, aforos, probabilidad de excedencia etc.

Dichos criterios se encuentran en el citado "Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos-2002", aprobado por Resolución DGA N° 1503, de 31 de marzo de 2002. Este documento tiene un carácter público, y puede consultarse e incluso imprimirse de la página web del servicio, a saber, www.dga.cl.

Ahora bien, según se precisa en dicho documento el procedimiento de evaluación del recurso hídrico en aguas superficiales, considera realizar un análisis de disponibilidad a nivel local, es decir, en el punto de captación solicitado, y por otro lado un análisis de disponibilidad a nivel de la cuenca, de forma tal, que la decisión de constituir un nuevo derecho de aprovechamiento de aguas no perjudique derechos de terceros.

Para evaluar el recurso disponible en el punto de captación de una solicitud de derecho de aprovechamiento de aguas superficiales, debe considerarse el máximo de información y la aplicación de técnicas de hidrología y estadísticas.

Entre esos antecedentes, deben considerarse, están:

- Estudios de evaluación del recurso hídrico superficial, balances hidrológicos realizados por la DGA y/o también otras instituciones públicas o privadas.
- Estadísticas de caudales medios mensuales generados en estaciones fluviométricas de la DGA y/o de otras instituciones públicas o privadas.
- Estadísticas de precipitaciones mensuales de estaciones pluviométricas de la DGA y/o de otras instituciones públicas o privadas.
- Aforos en el período de estiaje realizados por la DGA en el punto de captación o cercano a él. Debe considerarse también los aforos realizados anteriormente.
- Balance Hídrico Nacional

Para determinar los caudales disponibles en el punto es necesario:

a) Estimar el caudal existente del cauce natural en el lugar solicitado (Oferta Hídrica)
b) Determinar los derechos de aprovechamiento de aguas y los usos a respetar en el punto solicitado y a nivel de la cuenca
c) Efectuar el Balance Hídrico correspondiente

En seguida, para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento se trabajará con caudales mensuales, anuales y con aforos aislados que servirán para validar el valor obtenido a partir de los caudales mensuales, además, se deben considerar los derechos otorgados y usos a respetar en el cauce en estudio.

Para la estimación de caudales en unidad de volumen/segundo, se trabajará a nivel de caudales medios mensuales. Cuando se estimaren caudales en unidad volumen/año. Se trabajará con caudales medios anuales.

La norma establecida por la Dirección General de Aguas es conceder como derecho de aprovechamiento de ejercicio permanente el caudal asociado a la probabilidad de excedencia 85%, menos el caudal ecológico.

Para los derechos de aprovechamiento de ejercicio eventual el criterio de la Dirección General de Aguas es que si se cuenta con control fluviométrico – cuya estadística sea superior a 25 años – en el cauce analizado se puede considerar como derecho eventual el caudal asociado al 5% de probabilidad de excedencia menos el caudal permanente y menos el posible déficit de recursos de ejercicio permanente que se genere en el análisis de disponibilidad.

Por el contrario, si no existe control fluviométrico en el cauce o cuya estación fluviométrica tenga menos de 25 años de estadística, se utilizará para el cálculo del caudal de ejercicio eventual, el caudal asociado al 10% de probabilidad de excedencia restando el caudal permanente y el caudal ecológico mínimo asignado, menos el posible déficit de recursos de ejercicio permanente que se genere en el análisis de disponibilidad.

Finalmente, el tercer requisito también es de naturaleza técnica. En efecto, como sabemos la jurisprudencia administrativa[12] ha expresado que la determinación del recurso hídrico es una materia eminentemente técnica de competencia exclusiva y excluyente de la Dirección General de Aguas, quien debe considerar este requisito al tiempo de constituir nuevos derechos, debiendo tener presente al adoptar una decisión sobre el

[12] Dictámenes N°s 1.408, 23.228 y 12.093, de 1992,1995 y 1996, respectivamente, de Contraloría General de la República.

particular los derechos legalmente constituidos o reconocidos, e incluso los susceptibles de ser regularizados por los procedimientos transitorios que contempla el Código de Aguas.

En consecuencia, en esta tarea, o sea, la determinación de la disponibilidad dicho servicio debe preservar el uso y goce de las aguas que deriven de otros derechos de aprovechamiento existentes, y en el caso de que estos últimos resulten perjudicados, debe denegar la constitución del nuevo derecho pedido, ya sea de oficio o a raíz de las oposiciones que le formulen terceros titulares de derechos.

Para lo anterior, el servicio debe analizar si los derechos de aprovechamiento constituidos con antelación en la fuente natural o susceptibles de ser regularizados, se verán menoscabados o lesionados en su ejercicio legítimo, si ello ocurre debe denegar la nueva petición.

De lo expuesto se tiene que el estudio legal de la viabilidad para adquirir los derechos de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales de ejercicio eventual, se encuentra limitado al requisito de procedencia legal de la solicitud.

Precisado lo anterior, es dable recordar que cuando se analizó la utilización de las aguas superficiales (ríos, esteros, quebradas, etc.) para abastecer las obras de acumulación, se estableció que de acuerdo con las bases de licitación los derechos de aprovechamiento sobre aguas superficiales que deberían solicitarse a la Dirección General de Aguas, para tal efecto deben ser de ejercicio eventual.

El artículo 18 inciso 1° del Código de Aguas, define esta categoría de derechos en la forma siguiente: "(…) Los derechos de ejercicio eventual sólo facultan para usar el agua en las épocas que el caudal matriz tenga un sobrante después de abastecidos los derechos permanentes (…)".

En otras palabras, los titulares de derechos eventuales solamente pueden tomar las aguas superficiales de la fuente natural, siempre que sobre una vez que los dueños de derechos permanentes constituidos o reconocidos en dicho cauce hayan tomado la totalidad de los caudales a que tienen derecho según sus títulos.

Si el agua que sobra en la fuente natural después de abastecidos los derechos permanentes, no alcanza a satisfacer a todos los derechos eventuales existentes, ellos concurrirán atendiendo a la fecha de su otorgamiento.

Ahora, si no queda agua sobrante en la fuente natural después de que hayan captado los titulares de derechos permanentes, los dueños de derechos eventuales nada podrán tomar, pues será físicamente imposible.

Con todo, si los análisis de disponibilidad que se efectúen para cada punto de captación determinan que en todos casos o sólo en alguno de ellos, la existencia de una probabilidad de excedencia asociada al 85%, no obstante, los establecido en las bases de la licitación, en el sentido de que los derechos que deben solicitarse deben ser de ejercicio eventual, en definitiva, se pedirán derechos de ejercicio permanente.

El artículo 17 del Código de Aguas, define los derechos de ejercicio permanente como aquéllos que "(…) facultan para usar el agua en la dotación que corresponda, salvo que la fuente de abastecimiento no contenga la cantidad suficiente para satisfacerlos en su integridad, en cuyo caso el caudal se distribuirá en partes alícuotas (…)".

Para comprender el concepto de derecho permanente, debemos tener presente que durante un mismo año un río o estero tienen variaciones en su caudal, y además, éstas dotaciones son diferentes año a año.

Enseguida, de la interpretación armónica de los artículos 17 y 18 inciso 1° del Código de Aguas, se tiene que todos los derechos de ejercicio permanente participan en el reparto del caudal del río, por exiguo que éste sea.

En tanto, los derechos de ejercicio eventual solamente pueden tomar agua, siempre que sobre, después que todos los permanentes tomen la totalidad de los caudales de aguas a que tienen derecho.

Cabe agregar que cualquiera que sea la fecha de la constitución de un derecho permanente, concurre al igual que todos los otros de su misma categoría en el reparto proporcional, si el caudal del río no es suficiente para abastecer por completo a todos. El reparto proporcional puede llegar incluso al turno.

Cuando la escasez no es tanta como para privar a todos los derechos de ejercicio eventual, entre ellos prefieren los constituidos con anterioridad, conforme lo establece el artículo 18 inciso 3° del Código de Aguas.

Como puede advertirse, los derechos permanentes tienen una jerarquía superior a los derechos eventuales, por cuanto, en períodos de escasez o sequía, en que las aguas no alcanzan a surtir todos los derechos constituidos en el río, la ley protege a los primeros, confiriéndoles preferencia para extraer de la fuente las aguas superficiales que les correspondan.

Lo anterior aparece corroborado, por la conceptualización legal de los derechos eventuales, los que tienen un carácter condicional en el sentido de que sólo pueden extraer aguas de cauce natural de uso público, cuando éstas sean suficientes para satisfacer a los derechos permanentes.

Es importante destacar, que entre los derechos permanente no existe una jerarquía, que implique una preferencia de unos sobre otros, cuando el agua no es suficiente para abastecerlos a todos totalmente, según la cantidad que corresponda a cada uno. En este caso, de dividirá proporcionalmente el agua entre todos ellos, tomando en cuenta para determinar la proporción, la cantidad de ella que corresponda a cada uno según sus títulos.

En los derechos eventuales, existe una preferencia para tomar los sobrantes y para ello hay que atender a la fecha de su constitución o reconocimiento.

Pues bien, de los citados artículos 17 y 18 inciso 1° del Código de Aguas, se tiene que el derecho de ejercicio eventual, es un verdadero derecho condicional. La condición, que es un hecho futuro e incierto, consiste en que para que pueda ejercerse debe existir agua suficiente en el curso para satisfacer los derechos permanentes.

En la especie se presenta la cuestión de determinar desde qué momento se encuentran satisfechos en su integridad los derechos permanentes, es decir, cuándo se produce el sobrante que aprovecha a los derechos de ejercicio eventual.

Evidentemente sólo se pueden considerar satisfechos en su integridad estos derechos cuando cada uno de ellos, pueda extraer el caudal o datación de agua que le corresponda según sus títulos. Desde el momento, en que el cauce natural no dé lugar a ello, va a tener que distribuirse proporcionalmente el agua entre dichos derechos de ejercicio permanente y mal puede hablarse de sobrante, ya que ello sólo puede producirse cuando bastecidos reste aún agua, sólo entonces habrá sobrante y se podrán ejercer legalmente los derechos eventuales.

En estas condiciones, se concluye que si los análisis de disponibilidad que se realicen determinan que en algunos casos existe una probabilidad de excedencia asociada al 85%, no obstante lo establecido en las bases técnicas del estudio básico, resulta conveniente solicitar los derechos para abastecer los micro-embalses, como de ejercicio permanente y no eventual.

Lo anterior, por las consideraciones jurídicas expuestas que se coligen de la hermenéutica armónica de los artículos 17 y 18 inciso 1°, del Código de Aguas, las que dicen relación con la seguridad de contar en todo caso con el recurso hídrico para el abastecimiento de las obras, aún en períodos de escasez o sequía.

En efecto, acorde con dicha preceptiva legal los derechos permanentes siempre pueden extraer aguas desde el cauce natural por exigua que sea la dotación que portee, en tanto que los derechos eventuales sólo permiten aprovechar las aguas en épocas en que el curso no estuviere sometido a turno o a rateo.

En suma, la protección preferente que el Código de Aguas otorga a los derechos permanentes, en cuanto a su ejercicio, por sobre los derechos eventuales, es la razón de oportunidad, mérito o conveniencia, para pedir que los derechos que se destinen al abastecimiento de las obras de acumulación, se otorguen con la característica esencial de permanentes, naturalmente, en los casos que exista la disponibilidad asociada al 85% de probabilidad de excedencia.

Sin perjuicio de lo anterior, en el evento de que el informe técnico[13] que debe evacuar la Dirección General de Aguas, antes de resolver la solicitud de constitución de un nuevo derecho de aprovechamiento, concluya que no es posible por una cuestión de disponibilidad otorgar el derecho pedido en carácter de permanente, podrá ofrecer al interesado concedérselo con carácter de eventual. Lo que acontecerá una vez que aquél manifieste su consentimiento en ese sentido en términos formales y explícitos.

Por otra parte, aunque las bases de la licitación nada expresaron al respecto, al efectuar el análisis de la utilización de las aguas superficiales (ríos, esteros, quebradas etc.) para abastecer las obras de acumulación, se concluyó que los respectivos derechos de aprovechamiento sobre dichas aguas que deberían solicitarse a la Dirección General de Aguas, para tal efecto deben ser naturaleza consuntiva.

Se llegó a la anterior conclusión habida cuenta del uso que se desea dar a las aguas superficiales, a saber, acopiarlas en los micro - embalses.

Debemos tener presente que, por regla general, las aguas son abandonadas después de usadas y el titular del derecho no tiene más limitaciones que las relativas a la contaminación o deterioro perjudicial de la calidad de las aguas y a evitar daños a terceros. Sin embargo, hay casos en que usuario debe restituir las aguas al cauce natural en un punto determinado una vez que las usó.

Pues bien, esta situación la regulan los artículos 13 y 14 del Código de Aguas.

El artículo 13 del Código de Aguas define el derecho de aprovechamiento consuntivo cómo "(…) aquel que faculta a su titular para consumir totalmente las aguas en cualquier actividad (…)".

A su turno, el artículo 14 de la citada codificación define el derecho de aprovechamiento no consuntivo cómo "aquel que permite emplear el agua sin consumirla y obliga a restituirla en la forma que lo determine el acto de adquisición o de constitución del derecho (…)".

Así pues, consuntivo es el derecho de aprovechamiento que no obliga a restituir las aguas después de usadas y no consuntivo es el que sí obliga a restituirlas respetando ciertas exigencias legales.

El ejemplo por antonomasia del derecho consuntivo es el riego y de no consuntivo la generación de energía.

Precisado lo anterior, es útil destacar como lo hicimos al efectuar el análisis de la utilización de las aguas superficiales (ríos, esteros, quebradas etc.) para abastecer las obras de acumulación, que para adquirir por acto de autoridad, léase, resolución de la Dirección General de Aguas, un derecho de aprovechamiento

[13] El artículo 134 inciso final del Código de Aguas, dispone que "(…) Reunidos los antecedentes solicitados, deberá emitir un informe técnico y dictar resolución fundada que dirima la cuestión sometida a su consideración (…)".

consuntivo es menester que la fuente natural, ya sea ésta un cauce natural, un lago, etc., no se encuentre declarada agotada.

Acorde con el artículo 282 inciso 1° del Código de Aguas, es competencia de la Dirección General de Aguas declarar mediante la dictación de una resolución exenta, el agotamiento de las fuentes naturales superficiales, por causa justificada, ya sea a petición fundada de la Junta de Vigilancia respectiva o de cualquier interesado.

Dicha declaración ni la puede efectuar de oficio, o sea, motu proprio, la Dirección General de Aguas, sino que debe hacerlo a solicitud formal de un tercero.

Para obtener la declaración de agotamiento, los interesados deben formular una solicitud escrita la que debe sujetarse en su tramitación al procedimiento administrativo del párrafo 1° del Título I del Libro Segundo del Código de Aguas, según lo establece el inciso 4° del citado artículo 282.

La resolución que declara el agotamiento de fuentes naturales debe ser publicada en el Diario Oficial de la República, habida cuenta que contiene normas de aplicación general e interesa a un indeterminado número de personas, acorde con lo prevenido en el artículo 48 letras a) y b) de la Ley N° 19.880.

El efecto jurídico que produce la declaración de agotamiento, es que desde la data de la publicación de la resolución respectiva en el Diario Oficial de la República, la Dirección General de Aguas, no podrá constituir en el cauce natural de que se trata derechos de aprovechamiento consuntivos permanentes.

En otros términos, en los cauces naturales de uso público, tales como ríos, esteros, arroyos etc., declarados agotados dicho servicio únicamente puede constituir derechos de aprovechamiento no consuntivos eventuales.

De la información oficial obtenida de la página web de la Dirección General de Aguas[14], se tiene que en ninguna de las cinco (5) cuencas que comprende el presente estudio básico, a saber, hoya hidrográfica del Río Palena, Río Cisnes, Río Aysén, Río Pascua y Río Baker, se ha declarado el agotamiento de fuentes naturales superficiales, ni corrientes ni detenidas.

Habida consideración a lo precedentemente expuesto no existe inconveniente legal alguno para adquirir originariamente derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales, de ejercicio eventual para abastecer con aguas superficiales las obras de acumulación de los treinta (30) sitios singularizados.

El derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales de ejercicio permanente y/o eventual que se solicite a la Dirección General de Aguas, para los efectos del acopio en cada uno de los treinta (30) sitios ya singularizados, podrá ser continuo, discontinuo o alternado, ello dependerá de los resultados del balance hídrico que se efectúe. Antecedente este último, que no ha tenido a la vista este informante.

Tratándose de una cuestión absolutamente técnica, y no legal no se realizará un análisis de factibilidad al respecto, pues por su naturaleza la materia excede el alcance del estudio legal.

[14] Declaración de Agotamiento de Aguas Superficiales: Cuenca del Río San Pedro y sus Afluentes, Región de Antofagasta ; Cuenca del Río Vilama y sus Afluentes, Región de Antofagasta; Cuenca del Río Huasco y sus Afluentes, Región de Atacama; Río Tinguiririca y sus Afluentes, Primera Sección, Sexta Región; Río Putaendo y sus afluentes, Región de Valparaíso; Río Mapocho y sus Afluentes, Primera Sección, Región Metropolitana; Río Loa y sus Afluentes, Región de Antofagasta; Río Grande y Limarí y sus Afluentes, Región de Coquimbo; Río Diguillín y sus Afluentes, Región de Ñuble; Estero Chimbarongo y sus Afluentes, Sexta Región; Río Aconcagua, Primera Sección, Región de Valparaíso; Río Choapa y sus Afluentes, Región de Coquimbo y Río Laja y sus Afluentes, Región del Bío Bío.

Con todo, desde una perspectiva legal podemos afirmar que, si los análisis y estudios hidrológicos que se efectúen para cada punto de captación determinan que en todos los casos o sólo en algunos de ellos, la existencia de caudales que habilitan para que el agua se puede utilizar todos los días del año, los derechos de aprovechamiento que correspondan se solicitarán para ejercerlos en forma continua.

Recordemos que el artículo 19 inciso 1° del Código de Aguas, dispone que "(…) Son derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día (…)".

Este tipo de derecho de aprovechamiento representa una ventaja, en relación con el derecho discontinuo, el que solamente se puede ejercer en las épocas o momentos que se indique en su título, por ejemplo, ciertos meses, ciertas horas al día etc.

Como también, con el derecho de aprovechamiento alternado, el cual se debe ejercer sólo a ciertas horas del día, o a ciertos días del mes o de la semana, para que otro u otros tomen las aguas en otros días, semanas u horas.

En el derecho alternado unas aguas se comparten entre dos o más usuarios, unos toman antes y otros después y cuando el ciclo termina se inicia nuevamente en el mismo orden de precedencia y así sucesivamente.

Con todo, en el caso que el informe técnico que debe evacuar la Dirección General de Aguas, antes de resolver la solicitud de constitución de un nuevo derecho de aprovechamiento, concluya que no es posible por una cuestión de disponibilidad otorgar el derecho pedido en carácter de continuo, podrá ofrecer al interesado concedérselo con carácter de discontinuo o alternado, según corresponda. Materializándose la constitución originaria por acto de autoridad, una vez aquél manifieste su consentimiento en ese sentido en términos formales y explícitos.

Para concluir en esta materia, resulta útil señalar que la determinación de la medida de agua que le corresponde a cada derecho de aprovechamiento, es esencial para la distribución de las dotaciones, ya sea para la toma en el cauce natural superficial, o para la repartición del canal matriz, a cada uno de los miembros de una organización de usuarios.

El Código de Aguas vigente estableció, como unidad de medida de los derechos de aprovechamiento de aguas un sistema fijo, a saber, el volumen por unidad de tiempo. En efecto, el artículo 7° dispone "(…) El derecho de aprovechamiento se expresará en volumen por unidad de tiempo (…)".

Así, el artículo 141 N°3, de la citada codificación, dispone que la solicitud para adquirir el derecho de aprovechamiento, debe indicar "(…) La cantidad de aguas que se necesita extraer, expresada en medidas métricas y de tiempo (…)". Verbigracia, el peticionario podrá en su solicitud expresar la dotación de aguas que requiere en litros por segundo, m^3/año, etc.

A su vez, el artículo 149 N°3, establece que el acto administrativo en cuya virtud se constituya el derecho de aprovechamiento deberá contener "(…) La cantidad de aguas que se autoriza a extraer, expresada en la forma prevista en el artículo 7° de este Código (…)".

Incluso, el actual Código de Aguas, contempla un precepto[15] que permite presumir una situación de caudal fijo, respecto de los derechos de aprovechamiento otorgados con anterioridad al 29 de octubre de 1981, data de la entrada en vigor del texto que hoy nos rige.

En consecuencia, en las solicitudes que se formularán a la Dirección General de Aguas, para obtener los recursos superficiales para abastecer los treinta (30) sitios elegidos, necesariamente la unidad de medida debe ser volumen por unidad de tiempo, so pena de denegarse los requerimientos por improcedencia legal de los mismos, si se hace de otra manera, por ejemplo acciones de río, porcentaje de ellas, etc.

Se estima que la unidad de volumen debe ser metros cúbicos, lo anterior en función de la capacidad de la obra de acumulación.

11.5 Conclusiones

Antes de exponer las conclusiones relativas a la factibilidad de obtener las aguas superficiales para abastecer las obras de acumulación en los treinta (30) sitios seleccionados, en menester, hacer la siguiente prevención

No se recibió la información técnica relativa a la disponibilidad hídrica respecto de las cuencas en donde se ubican los cauces sin nombre, esteros y río, que abastecerán de aguas superficiales las obras de acumulación destinadas a los treinta sitios elegidos.

Pues bien, con la prevención indicada, pasamos a exponer las conclusiones.

Para abastecer con aguas superficiales las obras de acumulación que corresponden a los treinta sitios elegidos denominados 2, 4, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 58 de la tabla supra, se solicitará a la Dirección General de Aguas, la constitución originaria de los respectivos derechos de aprovechamiento de aguas, y no se recurrirá al uso de las aguas pluviales, en la forma que establece el artículo 10 del Código de Aguas.

La decisión de solicitar los derechos de aprovechamiento de aguas, y no recurrir a las aguas lluvias se adoptó en virtud de la información oficial proporcionada por la Dirección General de Aguas, conforme a la cual existiría la disponibilidad hídrica para constituir sin ninguna dificultad nuevos derechos de aprovechamiento de aguas en las cinco (5) cuencas que comprende el estudio básico, a saber, hoya hidrográfica del Río Palena, Río Cisnes, Río Aysén, Río Pascua y Río Baker, en especial, si cada uno de los treinta (30) microembalses necesitará de un caudal aproximado de 2 litros por segundo para su operación.

La Dirección General de Aguas se encuentra obligada a constituir originariamente el derecho de aprovechamiento de aguas que se le solicite, si concurren tres (3) requisitos copulativos: a) Procedencia legal de la petición; b) Disponibilidad del recurso hídrico y c) Que no se perjudiquen o lesionen derechos de terceros.

Las exigencias contenidas en las letras b) y c) son carácter técnico, por ende, exceden el marco de un estudio legal. En tanto que la condición establecida en la letra a), tiene una naturaleza mixta, técnico- legal.

El derecho de aprovechamiento que se solicitará en cada caso, recaerá sobre aguas superficiales, esto es, según el artículo 2° inciso 2° del Código de Aguas, aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y que pueden ser corrientes o detenidas.

[15] El artículo 309 del Código de Aguas, estatuye que "(…) Los derechos de aprovechamiento otorgados con anterioridad a este Código, y que no estén expresados en volumen por unidad de tiempo, se entenderán equivalentes al caudal máximo legítimamente aprovechado en los cinco años anteriores a la fecha que se produzca controversia sobre su cuantía (…)".

Teniendo presente que acorde con el artículo 2° inciso 3° del Código de Aguas, las aguas corrientes son las que escurren por cauces naturales, como los ríos, esteros etc., las solicitudes en comento, recaerán sobre aguas superficiales y corrientes.

En cuanto a las características esenciales del derecho aprovechamiento que debe solicitarse, de acuerdo con las bases de la licitación debe ser de ejercicio eventual, o sea, aquel que habilita a su titular a tomar las aguas, siempre que sobre en la fuente natural superficial, después que todos los derechos permanentes capten la totalidad de las aguas a que tienen derecho.

Con todo, si de los análisis de disponibilidad que se efectúe se determina que en algunos casos existe una probabilidad de excedencia asociada al 85%, no obstante lo establecido en las bases técnicas del estudio básico, resulta conveniente solicitar los derechos para abastecer las obras de acumulación (microembalses), como de ejercicio permanente y no eventual.

Lo anterior, por cuanto según se colige de los artículos 17 y 18 inciso 1° del Código de Aguas, los derechos permanentes siempre pueden extraer aguas desde el cauce natural por exigua que sea la dotación que portee, en tanto que los derechos eventuales sólo permiten aprovechar las aguas en épocas en que el curso no estuviere sometido a turno o a rateo.

Sin perjuicio de lo indicado, en el evento de que el informe técnico que debe evacuar la Dirección General de Aguas, antes de resolver la solicitud de constitución del nuevo derecho de aprovechamiento, se concluya que no es posible por una cuestión de disponibilidad otorgar el derecho pedido en carácter de permanente, podrá ofrecer al interesado concedérselo con carácter de eventual. Lo que acontecerá una vez que aquél manifieste su consentimiento en ese sentido en términos formales y explícitos.

Aun cuando los documentos de la licitación nada expresan sobre el particular, el derecho de aprovechamiento de ejercicio eventual y/o permanente que se pida, debe ser de naturaleza consuntiva, esto es, aquel que no obliga a su titular a restituir las aguas después de usadas, habida cuenta de la finalidad perseguida, a saber, abastecer los micro- embalses.

El derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales de ejercicio eventual que se solicite a la Dirección General de Aguas, para los efectos del acopio en cada uno de los sitios ya singularizado, podrá ser continuo, discontinuo o alternado, ello dependerá de los resultados del balance hídrico que se efectúe. Tratándose de una cuestión absolutamente técnica, y no legal, agregándose, el hecho de que no se ha tenido a la vista el balance hídrico de disponibilidad correspondiente a los cursos superficiales que abastecerán los treinta (30) sitios elegidos, no se efectúo análisis de factibilidad al respecto.

Con todo, desde una perspectiva legal podemos afirmar que, si los análisis y estudios hidrológicos que se efectúen para cada punto de captación determinan que en todos los casos o sólo en algunos de ellos, la existencia de caudales que habilitan para que el agua se puede utilizar todos los días del año, los derechos de aprovechamiento que correspondan se solicitarán para ejercerlos en forma continua.

Lo anterior, por cuanto conforme al artículo 19 inciso 1° del Código de Aguas, los derechos de ejercicio continuo los que permiten usar el agua en forma ininterrumpida durante las veinticuatro horas del día.

Este tipo de derecho de aprovechamiento representa una ventaja, en relación con el derecho discontinuo, el que solamente se puede ejercer en las épocas o momentos que se indique en su título, por ejemplo, ciertos meses, ciertas horas al día etc. y también el derecho alternado, el cual se debe ejercer sólo a ciertas horas del día, o a ciertos días del mes o de la semana, para que otro u otros tomen las aguas en otros días, semanas u horas.

Con todo, en el caso que el informe técnico que debe evacuar la Dirección General de Aguas, antes de resolver la solicitud de constitución del nuevo derecho de aprovechamiento, concluya que no es posible por una cuestión de disponibilidad otorgar el derecho pedido en carácter de continuo, podrá ofrecer al interesado concedérselo con carácter de discontinuo o alternado, según corresponda. Materializándose la constitución originaria por acto de autoridad, una vez aquél manifieste su consentimiento en ese sentido en términos formales y explícitos.

En este análisis de viabilidad, debemos tener presente la institución de tutela las aguas superficiales, a saber, el agotamiento de los cauces naturales.

Acorde lo estatuye el artículo 282 del Código de Aguas, si la Dirección General de Aguas, declara el agotamiento de fuentes naturales de aguas, sean éstas, cauces naturales (ríos, esteros etc.), lagos, lagunas u otros, no podrá en el futuro constituir nuevos derechos consuntivos de ejercicio permanente.

La prohibición indicada rige desde la data de la publicación de la resolución respectiva en el Diario Oficial de la República, es la Dirección General de Aguas, no podrá constituir en la fuente superficial de que se trata derechos de aprovechamiento consuntivos permanentes.

En otras palabras, en los cauces naturales de uso público, tales como ríos, esteros, arroyos etc., declarados agotados dichos servicios únicamente puede constituir derechos de aprovechamiento no consuntivos de ejercicio eventual.

Conforme con la información oficial obtenida de la página web de la Dirección General de Aguas, se tiene que en ninguna de las cinco (5) cuencas que comprende el presente estudio básico, a saber, hoya hidrográfica del Río Palena, Río Cisnes, Río Aysén, Río Pascua y Río Baker, se ha declarado el agotamiento de fuentes naturales superficiales, ni corrientes ni detenidas.

Habida consideración a lo precedentemente expuesto no existe inconveniente legal alguno para adquirir originariamente derechos de aprovechamiento consuntivos de aguas superficiales, de ejercicio permanente y/o eventual para abastecer con aguas superficiales las obras de acumulación de los sitios denominados 2, 4, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 38, 39, 40, 42, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 58 de la tabla supra.

En otro orden de ideas, recordemos que el Código de Aguas vigente estableció, como unidad de medida de los derechos de aprovechamiento de aguas un sistema fijo, a saber, el volumen por unidad de tiempo. En efecto, su artículo 7° dispone, que el derecho de aprovechamiento se expresará en volumen por unidad de tiempo.

De guisa, corresponde soberanamente al peticionario determinar la unidad de volumen del sistema métrico decimal que estime pertinente, para los fines en que desea utilizar el derecho de aprovechamiento de aguas que requiere.

En consecuencia, se estima que la unidad de volumen debe ser metros cúbicos, lo anterior en función de la capacidad de la obra de acumulación.

12 SOLICITUD DE DERECHOS DE AGUAS

12.1 Modificación del listado de sitios seleccionados

Inicialmente se definió el listado de los 30 sitios seleccionados de entre los 58 preseleccionados en la Etapa 1, para lo cual se empleó una matriz de selección que consideraba 15 parámetros a evaluar cuantitativamente.

Dos de esos parámetros son el costo y la complejidad de la conducción de alimentación de la obra de acumulación. En general, el trazado de las conducciones se ubica en suelos no consolidados, como los que se muestran en la **Figura 12.1**, y son comparables entre sí.

Sin embargo, en el caso de la conducción que alimentaría la obra de acumulación del sitio 42, el trazado presenta una considerable longitud en muros de roca casi verticales (**Figura 12.2**) correspondientes a la quebrada El Diablo, lo que implica una obra de altísima complejidad de construcción y de improbable posibilidad de reparación durante la operación. En consecuencia, el sitio 42 fue reemplazado por el sitio 24, que es el primero del listado de sitios no seleccionados inicialmente.

Figura 12.1: Sector representativo del trazado del canal alimentador (sitio 55).

Figura 12.2: Sector representativo del trazado del canal alimentador (sitio 42).

12.2 Solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas

El N° 6.8.4.1. del citado documento de la licitación, precisa que en base a las actividades anteriores desarrolladas (estudio hidrológico y estudios Legales) se debe proceder a redactar las correspondientes solicitudes para adquirir el derecho de aprovechamiento de aguas por acto originario de autoridad. Dicha labor debe hacerse con sujeción al Código de Aguas, y a los instructivos dictados por la Dirección General de Aguas.

Asimismo, prescribe que los caudales que se soliciten deben ser los necesarios para cada proyecto de microembalse o tranque de acumulación, 30 en total que corresponde a los sitios que poseen muros de altura inferior a 5 m y a lo más 50.000 m^3 de acumulación.

Además, posteriormente se deberá iniciar la presentación de la correspondiente solicitud de derechos de aguas superficiales de cada potencial usuario, ante la autoridad pública competente (Dirección Regional de Aguas de la región de Aysén o la gobernación provincial respectiva, según proceda) y obtener el respectivo certificado que acredite su estado de tramitación administrativa.

Los treinta (30) sitios que se seleccionaron para los efectos indicados, son los que se muestran en la Tabla 12.1, en la que se señalan los datos principales de los sitios seleccionados:

- Propietario del predio en que se ubica el sitio.
- Ubicación de la obra de acumulación.
- Estimación del volumen físico de la obra de acumulación mediante uso de imágenes satelitales, como se indica en las bases técnicas del estudio, parámetro que fue calculado en la etapa 2.
- Volumen anual del derecho de aprovechamiento de aguas solicitado.
- Caracterización del punto de captación del derecho de aprovechamiento de aguas solicitado (fuente, comuna, coordenadas UTM).

Tabla 12.1 Sitios seleccionados.

SITIO	PROPIETARIO	UBICACIÓN OBRA ACUMULACIÓN			VOLUMEN FÍSICO (m^3)	VOLUMEN SOLICITADO (m^3)	FUENTE	COMUNA	UBICACIÓN FUENTE		
		UTM N (m)	UTM E (m)	HUSO					UTM N (m)	UTM E (m)	HUSO
2	Ceferino Figueroa	4.874.370	273.999	19	48.413	50.000	Estero Lechoso	Río Ibáñez	4.874.100	273.753	19
4	Oscar Lagos	4.870.430	273.691	19	33.388	50.000	Estero Lechoso	Río Ibáñez	4.870.980	273.293	19
9	Misael Henríquez	4.801.432	673.820	18	39.779	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.801.513	673.849	18
11	Jorge Leichte	4.812.951	694.750	18	22.855	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.813.089	694.864	18
12	Jorge Leichte	4.813.659	694.223	18	34.073	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.813.398	694.238	18
13	Evaristo Ulloa	4.818.140	693.453	18	44.088	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.820.322	692.685	18
14	Álvaro Saldivia	4.825.316	695.147	18	44.324	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.825.643	695.050	18
17	Juan Avilés	4.841.133	712.335	18	44.119	50.000	Río Avilés	Chile Chico	4.841.207	712.411	18
18	Humberto Jara	4.846.644	281.558	19	42.372	50.000	Estero El Baño	Chile Chico	4.846.503	281.785	19
19	Eugenia Ortiz	4.840.772	293.130	19	42.382	50.000	Cauce sin nombre	Chile Chico	4.840.948	293.139	19
22	Sonia Reyes	4.774.071	666.320	18	42.358	50.000	Cauce sin nombre	Cochrane	4.774.110	666.526	18
23	Rodrigo Reyes	4.994.639	268.416	19	42.562	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.994.811	268.605	19
24	Félix Martínez	4.973.169	274.241	19	16.916	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.973.186	274.075	19
25	Rosa Nonque	4.978.819	286.025	19	44.380	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.972.096	266.664	19
26	Alicia Lagos	5.000.181	725.331	18	44.354	50.000	Cauce sin nombre	Aysén	4.999.665	725.180	18
38	Víctor Mata	4.966.924	265.350	18	42.554	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.967.343	734.522	18
39	Forestal Ganadera Carelimu	4.946.111	723.758	18	46.156	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.946.116	723.939	18
40	Forestal Ganadera Carelimu	4.957.732	729.463	18	37.665	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.957.313	728.786	18
46	Erwin Doering	4.968.432	267.036	19	42.560	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.967.977	268.974	19
47	Renato Vásquez	4.934.671	276.647	19	44.355	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.934.682	276.677	19
48	Inversiones Marlín Limitada	4.921.114	272.889	19	44.364	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.920.821	272.311	19
49	Felipe Solís	4.975.247	733.732	18	44.355	50.000	Estero Dañino	Coyhaique	4.977.390	731.979	18

SITIO	PROPIETARIO	UBICACIÓN OBRA ACUMULACIÓN			VOLUMEN FÍSICO (m^3)	VOLUMEN SOLICITADO (m^3)	FUENTE	COMUNA	UBICACIÓN FUENTE		
		UTM N (m)	UTM E (m)	HUSO					UTM N (m)	UTM E (m)	HUSO
50	Felipe Solís	4.975.246	732.591	18	42.555	50.000	Estero Dañino	Coyhaique	4.975.902	731.816	18
51	Felipe Solís	4.975.877	734.187	18	41.545	50.000	Estero Dañino	Coyhaique	4.975.804	734.133	18
52	Victoriano Galilea e Hijos S.A.	4.928.575	726.530	18	28.291	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.928.573	726.608	18
53	Erik Maureira	4.881.105	729.009	18	46.158	50.000	Cauce sin nombre	Río Ibáñez	4.881.779	728.066	18
54	Ernesto Sandoval	4.889.756	727.085	18	46.157	50.000	Cauce sin nombre	Río Ibáñez	4.889.559	726.757	18
55	José Antonio Bernabé	4.928.693	731.524	18	44.355	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.928.602	731.775	18
56	José Antonio Bernabé	4.927.613	731.821	18	41.710	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.927.538	731.800	18
58	Mirta Carrillo	4.946.394	721.479	18	40.558	50.000	Cauce sin nombre	Coyhaique	4.946.732	721.574	18

Fuente: Elaboración propia.

Como puede advertirse de la lectura del cuadro supra, la distribución por comunas de las solicitudes es la siguiente:

- 16 solicitudes corresponden a la comuna de Coyhaique
- 8 solicitudes corresponden a la comuna de Chile Chico
- 4 solicitudes corresponden a la comuna de Río Ibáñez
- 1 solicitud corresponde a la comuna de Aysén, y
- 1 solicitud corresponde a la comuna de Cochrane

En seguida, de acuerdo con la división política administrativa de la región de Aysén, la distribución por provincias de las solicitudes, es la que a continuación se indica:

- 16 solicitudes corresponden a la provincia de Coyhaique
- 12 solicitudes corresponden a la provincia de General Carrera
- 1 solicitud corresponde a la provincia de Capitán Prat, y
- 1 solicitud corresponde a la provincia de Aysén

Se recordará que, acorde lo establece el artículo 130 inciso 1° del Código de Aguas, toda cuestión relacionada con la adquisición de los derechos de aprovechamiento, debe presentarse en la oficina de la Dirección General de Aguas del lugar, o ante el gobernador provincial respectivo.

Este precepto establece la regla de competencia para la presentación de solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas. Conforme a ella, toda petición debe formularse ante la oficina del lugar de la Dirección General de Aguas, y sólo ante la no existencia de dependencia de dicho servicio en el lugar, deberá ingresarse la solicitud ante la gobernación provincial respectiva.

En este orden de ideas, debemos tener presente que la Dirección General de Aguas, tiene una oficina regional en la ciudad de Coyhaique, que se ubica en calle Riquelme 465, Block B, Piso 3.

En estas condiciones y de conformidad con lo estatuido en el artículo 130 inciso 1° del Código de Aguas, deberán ingresarse a la oficina regional de la Dirección General de Aguas, un total de dieciséis (16) solicitudes, a nombre las siguientes personas naturales y jurídicas.

- Rodrigo Reyes
- Rosa Nonque
- Víctor Mata
- Forestal Ganadera Carilemu
- Forestal Ganadera Carilemu
- Erwin Doering
- Renato Vásquez
- Inversiones Marlín Limitada
- Felipe Solís
- Felipe Solís
- Felipe Solís
- Victoriano Galilea e Hijos S.A.
- José Miguel Bernabé
- José Miguel Bernabé
- Mirta Carrillo
- Félix Martínez

A su vez, con arreglo al citado artículo 130 inciso 1° de la mencionada codificación, deberán ingresarse a la gobernación provincial de General Carrera, un total de doce (12) solicitudes, a nombre las siguientes personas naturales y jurídicas.

- Ceferino Figueroa
- Misael Henríquez
- Oscar Lagos
- Jorge Leichte
- Jorge Leichte
- Evaristo Ulloa
- Álvaro Saldivia
- Juan Avilés
- Humberto Jara
- Eugenia Ortiz
- Erik Maureira
- Ernesto Sandoval

A su turno, en conformidad con el referido artículo 130 inciso 1° del Código de Aguas, deberá ingresarse a la gobernación provincial de Capitán Prat, una (1) solicitud a nombre la siguiente persona natural.

- Sonia Reyes

Finalmente, según el ya tantas veces mencionado artículo 130 inciso 1° del texto legal en comento, deberá ingresarse a la gobernación provincial de Aysén, una (1) solicitud a nombre la siguiente persona natural.

- Alicia Lagos

12.3 Solicitudes sin carta 1:50.000 del IGM

Tal como se señala precedentemente, se adquirieron en el Instituto Geográfico Militar (IGM) 13 cartas a escala 1:50.000, que es la cartografía aceptada oficialmente por la DGA para la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas.

En el caso de 5 de los 30 sitios seleccionados no está disponible la venta de la correspondiente carta 1:50.000 del IGM (sitios 2, 4, 47, 53 y 54).

12.4 Redacción e ingreso de solicitudes

Precisado lo anterior, se procedió a redactar las treinta (30) solicitudes con sujeción a lo dispuesto en el artículo 140 del Código de Aguas, y en el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de los Recursos Hídricos, aprobado por Resolución DGA Exenta N° 3.504, de 17 de diciembre de 2008. Los textos de las solicitudes se incluyen en el Anexo 12, mientras que los extractos se pueden observar en el Anexo 13.

Teniendo presente que las aguas que se destinarán al abastecimiento de las obras de acumulación, deben ser superficiales, nos limitaremos a citar únicamente los requisitos exigidos para adquirir originariamente el derecho de aprovechamiento sobre las aguas que se encuentran naturalmente a vista del hombre[16].

[16] El artículo 2°, inciso 2° del Código de Aguas, define las aguas superficiales cómo "(…) aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser corrientes o detenidas (…)".

Las menciones o datos que debe contener la solicitud, son los siguientes:

1. El nombre, cédula de identidad o rol único tributario. El nombre del álveo (cauce) de las aguas que se necesita aprovechar, su naturaleza, en la especie, superficiales, corrientes o detenidas, y la provincia en que estén ubicadas o que recorren. Debe tenerse presente, que el citado manual[17] puntualiza que al identificar el cauce natural se deberá señalar el nombre según se designa en la cartografía IGM Escala 1:50.000. Si el álveo o cauce no tiene nombre se deberá señalar como cauce, río, estero o vertiente sin nombre.
2. El uso que se le dará a las aguas solicitadas.
3. La cantidad de agua que se necesita extraer, expresada en medidas métricas y de tiempo (l/s, m^3/año, etc.)
4. El o los puntos donde se desea captar el agua. Sobre el particular, el manual[18] recomienda que los puntos de captación sean expresados en coordenadas UTM, con indicación del Datum correspondiente.
5. El modo de extraer las aguas. Al respecto, el manual[19] puntualiza que la captación de puede efectuarse de forma mecánica y/o gravitacional.
6. La naturaleza del derecho que se solicita, esto es, si es consuntivo o no consuntivo, de ejercicio permanente o eventual, continuo o discontinuo o alternado con otras personas.

Las cartas a escala 1:50.000 del IGM se incluyen en el Anexo 14. Se hace constar que se adquirieron 13 de las 17 cartas en las que se ubican las fuentes de captación de los tranques de acumulación lateral, pues el IGM no tiene disponibles a la venta las cartas I-121 Lago Pollux, J-010 Villa Cerro Castillo, J-011 Cerro Farellón y J-024 Puerto Ingeniero Ibáñez.

Las solicitudes fueron ingresadas en las oficinas respectivas en las fechas siguientes:

- 11 de noviembre de 2019, oficina de la Dirección General de Aguas, en Coyhaique: sitios 23, 24, 25, 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 55, 56 y 58.
- 12 de noviembre de 2019, oficina de la gobernación provincial de General Carrera, en Chile Chico: sitios 2, 4, 9, 11, 12, 13, 17, 18, 53 y 54.
- 12 de noviembre de 2019, oficina de la gobernación provincial de Capitán Prat, en Cochrane: sitio 22.
- 13 de noviembre de 2019, oficina de la gobernación provincial de General Carrera, en Chile Chico: sitios 14 y 19 (2).
- 14 de noviembre de 2019, oficina de la gobernación provincial de Aysén, en Puerto Aysén: sitio 26.

Hay un caso especial, que corresponde al sitio 19, en el que se presentaron 2 solicitudes, ya que una de ellas se refiere a un cauce sin nombre que no cuenta con seguridad hídrica, de acuerdo al análisis hidrológico realizado, que se puede consultar en el informe de la etapa 3.

En el Anexo 15 se consignan las copias de las solicitudes ingresadas en las respectivas oficinas, tanto de la DGA como en las gobernaciones provinciales, mientras que en los Anexos 16, 17 y 18 se incluyen los medios de verificación de las publicaciones diarios (Diario Oficial de la República de Chile, diario “El Mostrador” y diario “El Divisadero”, de Coyhaique) y en el Anexo 19 se puede consultar el certificado de la publicación radial (radio “Ventisqueros”, de Coyhaique).

[17] Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de los Recursos Hídricos, aprobado por Resolución DGA Exenta N° 3.504, de 17 de diciembre de 2008, página 39.
[18] Op.cit., p. 39 y 40.
[19] Ibíd., p. 40.

12.5 Seguimiento de las solicitudes de derechos de aguas

Las 31 solicitudes de derechos de agua fueron presentadas durante la segunda semana de noviembre de 2019 en las oficinas de la Dirección General de Aguas (DGA) en Coyhaique, además de las gobernaciones provinciales de Aysén (Puerto Aysén), General Carrera (Chile Chico) y Capitán Prat (Cochrane). Se adjunta en Anexo 15, los certificados de ingreso de los expedientes de las 31 solicitudes en la oficina de la DGA en Coyhaique y en las gobernaciones provinciales de Aysén, General Carrera y Capitán Prat.

Adicionalmente se incluyen en los anexos 16 a 19, los certificados de publicaciones en Diario Oficial, periódicos nacionales, periódico local y radioemisora local, según lo establece la normativa vigente.

A la fecha se está realizando el seguimiento a las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas, cuyos beneficiarios serán los propietarios de los 30 sitios seleccionados para el emplazamiento de las obras de acumulación lateral, y a las oposiciones que pudiesen presentarse hasta el final del estudio. En la **Tabla 12.2** y en la **Tabla 12.3** se presentan las diversas solicitudes y su estado, consultado en el sitio web de la DGA.

Como se puede observar, la casi totalidad de las solicitudes se encuentra a la fecha de elaboración del presente informe en estatus “pendiente”. La excepción la constituye la solicitud de derechos de agua asociada al sitio 38 (ND-1102-3155), que fue denegada por la DGA por errores de forma. Sin embargo, la solicitud fue reingresada, recibiendo un nuevo número de expediente (ND-1102-3259), la que también se encuentra pendiente.

Asimismo, se presenta a continuación una propuesta de agrupación de sitios, para solicitar a la DGA la reducción de fondos solicitados por esa institución para dar cumplimiento al artículo 135 del Código de Aguas. Los siguientes grupos de sitios podrían ser visitados, cada uno, en un solo día:

- Coyhaique: sitios 39, 58, 40.
- Coyhaique: sitios 38, 46, 24 y 25.
- Coyhaique-Aysén: sitios 49, 50, 51, 26 y 23.
- Coyhaique: sitios 55, 56, 52 y 47.
- Coyhaique-General Carrera: sitios 48, 54, 53, 2 y 4.
- General Carrera: sitios 19 (2 DAA), 18 y 17.
- General Carrera: sitios 14, 13, 12 y 11.
- General Carrera-Capitán Prat: sitios 9 y 22.

Esta proposición fue transmitida a la DGA de Aysén a través de la CNR la última semana de mayo de 2020. Además, el recorrido propuesto fue entregado en un archivo de formato kmz que se incluye en el Anexo 18.

Tabla 12.2 Estado de solicitudes de derechos de agua al 5 de noviembre de 2020.

Sitio	Nombre beneficiario	RUT	Fecha ingreso gobernación	Fecha ingreso DGA	Código expediente	Estado	Provincia
2	Ceferino Figueroa	8.607.234-3	13-11-2019	10-02-2020	ND-1103-927	Pendiente	General Carrera
4	Óscar Lagos	5.364.313-2	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-928	Pendiente	General Carrera
9	Misael Henríquez	9.627.473-4	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-929	Pendiente	General Carrera
11	Jorge Leichte	5.732.063-K	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-935	Pendiente	General Carrera
12	José Leichte	6.671.422-5	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-936	Pendiente	General Carrera
13	Evaristo Ulloa	4.372.849-0	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-934	Pendiente	General Carrera
14	Álvaro Saldivia	6.914.677-5	13-11-2019	10-02-2020	ND-1103-926	Pendiente	General Carrera
17	Juan Avilez	9.639.379-2	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-933	Pendiente	General Carrera
18	Humberto Jara	14.754.861-3	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-932	Pendiente	General Carrera
19	Eugenia Ortiz	9.246.413-K	13-11-2019	10-02-2020	ND-1103-924	Pendiente	General Carrera
19	Eugenia Ortiz	9.246.413-K	13-11-2019	10-02-2020	ND-1103-925	Pendiente	General Carrera
22	Sonia Reyes	8.327.495-6	12-11-2019	11-02-2020	ND-1104-504	Pendiente	Capitán Prat
23	Rodrigo Reyes	7.757.058-6		11-11-2019	ND-1102-3170	Pendiente	Coyhaique
24	Félix Martínez	7.269.538-0		11-11-2019	ND-1102-3169	Pendiente	Coyhaique
25	Rosa Nonque	7.523.648-4		11-11-2019	ND-1102-3168	Pendiente	Coyhaique
26	Alicia Lagos	6.901.151-9	s/i	14-02-2020	ND-1101-2140	Pendiente	Aysén
38	Víctor Mata	7.222.218-0		11-11-2019	ND-1102-3155	Denegada	Coyhaique
38	Víctor Mata	7.222.218-0		27-02-2020	ND-1102-3259	Pendiente	Coyhaique
39	Forestal Ganadera Carilemu Ltda.	79.723.020-0		11-11-2019	ND-1102-3156	Pendiente	Coyhaique
40	Forestal Ganadera Carilemu Ltda.	79.723.020-0		11-11-2019	ND-1102-3157	Pendiente	Coyhaique
46	Erwin Doering	6.395.567-1		11-11-2019	ND-1102-3158	Pendiente	Coyhaique

Sitio	Nombre beneficiario	RUT	Fecha ingreso gobernación	Fecha ingreso DGA	Código expediente	Estado	Provincia
47	Renato Vásquez	5.936.209-7		11-11-2019	ND-1102-3159	Pendiente	Coyhaique
48	Inversiones Marlin Ltda.	78.183.740-7		11-11-2019	ND-1102-3160	Pendiente	Coyhaique
49	Felipe Solís	5.699.617-6		11-11-2019	ND-1102-3167	Pendiente	Coyhaique
50	Felipe Solís	5.699.617-6		11-11-2019	ND-1102-3166	Pendiente	Coyhaique
51	Felipe Solís	5.699.617-6		11-11-2019	ND-1102-3161	Pendiente	Coyhaique
52	Victoriano Galilea e Hijos S. A.	96.611.460-6		11-11-2019	ND-1102-3165	Pendiente	Coyhaique
53	Erik Maureira	7.409.732-4	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-931	Pendiente	General Carrera
54	Ernesto Sandoval	7.963.838-2	12-11-2019	10-02-2020	ND-1103-930	Pendiente	General Carrera
55	José Antonio Bernabé	4.919.153-7		11-11-2019	ND-1102-3163	Pendiente	Coyhaique
56	José Antonio Bernabé	4.919.153-7		11-11-2019	ND-1102-3162	Pendiente	Coyhaique
58	Mirta Carrillo	5.725.714-8		11-11-2019	ND-1102-3164	Pendiente	Coyhaique

Fuente: www.dga.cl.

Tabla 12.3 Estado de solicitudes de derechos de agua al 5 de noviembre de 2020 (complemento).

Sitio	Observación	Solicitud de fondos	Monto visita técnica	Fecha Solicitud	Otras solicitudes
2	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 100.000	10-03-2020	
4	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 100.000	10-03-2020	
9	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
11	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
12	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
13	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	Firma escaneada
14	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
17	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
18	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 200.000	10-03-2020	
19	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 250.000	10-03-2020	
19	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 250.000	10-03-2020	
22	No se registra ningún movimiento	Primera			
23	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 60.000	06-02-2020	Pagado; Firma escaneada, visita terreno efectuada se determina 1,1 l/s
24	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 50.000	06-02-2020	Firma escaneada
25	No se registra ningún movimiento				
26	No se registra ningún movimiento				
38	No se registra ningún movimiento				
39	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 35.000	19-12-2019	Firma escaneada
40	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 60.000	06-01-2020	Firma escaneada; falta escritura de constitución de la sociedad; certificado de vigencia de la sociedad; personería del representante legal con vigencia
46	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 50.000	19-12-2019	

Sitio	Observación	Solicitud de fondos	Monto visita técnica	Fecha Solicitud	Otras solicitudes
47	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 60.000	06-01-2020	
48	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 35.000	19-12-2019	Pagado; firma escaneada
49	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 90.000	06-01-2020	Pagado; fueron presentadas con una firma que no corresponde al CI
50	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 90.000	06-01-2020	Pagado; fueron presentadas con una firma que no corresponde al CI
51	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 90.000	06-01-2020	Pagado
52	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 35.000	17-01-2020	Firma escaneada
53	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 100.000	10-03-2020	Firma escaneada
54	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 100.000	05-03-2020	
55	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 70.000	27-03-2020	
56	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Segunda	$ 70.000	27-03-2020	Firma escaneada; segundo llamado a pagar 15 días plazo sino se deniega
58	DGA solicita fondos y acciones para realizar visitas inspectivas	Primera	$ 30.000	06-01-2020	Pagado

Fuente: www.dga.cl.

12.6 Topografía

Todos los trabajos topográficos realizados se rigen por el Manual de Procedimientos Geodésicos y Topográficos de la CNR.

Antes de iniciar los trabajos topográficos, el 24 de abril de 2019, se realizó una reunión de coordinación técnica entre el geomensor de Con Potencial Consultores y la unidad de Geomensura de la CNR, con la finalidad de unificar criterios y programar actividades conjuntas. Se elaboró una minuta con los alcances tratados en la reunión, que se incluye como Anexo 20.

En previsión de posibles cambios en el listado de sitios seleccionados se determinó realizar los levantamientos topográficos de 35 sitios, comprendiendo entre ellos los 30 seleccionados, los que corresponden en su totalidad a tranques de acumulación lateral, en los que se realizaron levantamientos a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0,50 m, de una faja que comienza en el punto en la captación determinada y la zona donde se emplazará el tranque, considerando incluso la zona de acumulación. Esta faja de levantamiento tiene un ancho mínimo de 10 m. En el Anexo 21 se incluye el informe topográfico, que incluye una verificación de coordenadas de los PR', que se realizó entre el 23 de octubre y el 2 de noviembre de 2019. Los planos topográficos se incluyen en el Anexo 22.

En cada sitio, se monumentaron un par de PR's; el procedimiento que se utilizó para la georreferenciación se especifica en el Manual de la CNR, en el acápite 9.7 "Casos Especiales".

13 ESTUDIOS GEOTÉCNICOS BÁSICOS

13.1 Generalidades

Tomando los antecedentes de terreno recabados en la etapa 4 del estudio, además de la visita a terreno de los especialistas del área, se entrega la descripción de las condiciones geotécnicas existentes en el lugar donde se emplazará el muro y las zonas de empréstitos de cada uno de los sitios seleccionados.

13.2 Objetivo general

Identificar y seleccionar sitios de futuros microembalses para riego en la región de Aysén y desarrollar los proyectos respectivos a nivel de perfil.

13.3 Objetivos específicos

Como objetivos del presente informe técnico se consideran:

- Establecer las propiedades mecánicas de la fundación del muro y del material de construcción de la presa.
- Establecer los parámetros de diseño para la estabilidad de taludes.
- Verificar posibles problemas de filtración.
- Diseño a nivel perfil muros vertedero.

13.4 Caracterización geotécnica superficial

A fin de conocer las características del suelo donde serán emplazadas las estructuras resistentes de las obras de acumulación lateral, se excavaron 66 calicatas en total, en los 30 sitios seleccionados de profundidad máxima de 4 m, distribuidas según la siguiente tabla:

Tabla 13.1 Calicatas excavadas

LOCALIDAD	NÚMERO DE CALICATAS
Chile Chico	18
Cochrane	3
Coyhaique	37
Puerto Ibáñez	8

Fuente: Elaboración propia.

Dentro del área del proyecto se distingue, bajo la capa vegetal de espesor variable entre 0,2 m y 0,3 m, un estrato caracterizado principalmente por gravas arenosas con abundantes finos limosos, de estructura homogénea y partículas de tamaño máximo 2" de cantos subangulares, color café verdoso, plasticidad media, humedad baja a media, densidad alta (hasta 1,5 m y 2,0 m de profundidad) a muy alta (entre 1,5 y 4,0 m de profundidad). Se observaron escasos bolones de 6" en algunas de las calicatas.

13.5 Calicatas

Para caracterizar los suelos de cada uno de los sitios en los que se proyectarán tranques de acumulación lateral, se contempla la realización de al menos 2 calicatas por sitio.

Una de estas calicatas, de 3 metros de profundidad, se realizó en el eje del muro más alto del tranque de acumulación lateral (calicatas M, en las tablas siguientes), mientras que la otra calicata, de al menos 2 m de profundidad, se ubicó en la zona de empréstitos (calicatas E), que preferencialmente será en el centro del tranque.

13.6 Ensayos de laboratorio

Desde el estrato representativo de cada calicata se extrajeron muestras para ser analizadas en laboratorio, donde se ejecutaron los siguientes ensayos o procedimientos:

a. Clasificación completa
b. Límites de Atterberg
c. Densidad natural y húmeda.
d. Ensayo Proctor modificado (sólo para el empréstito)
e. Granulometría
f. Peso específico

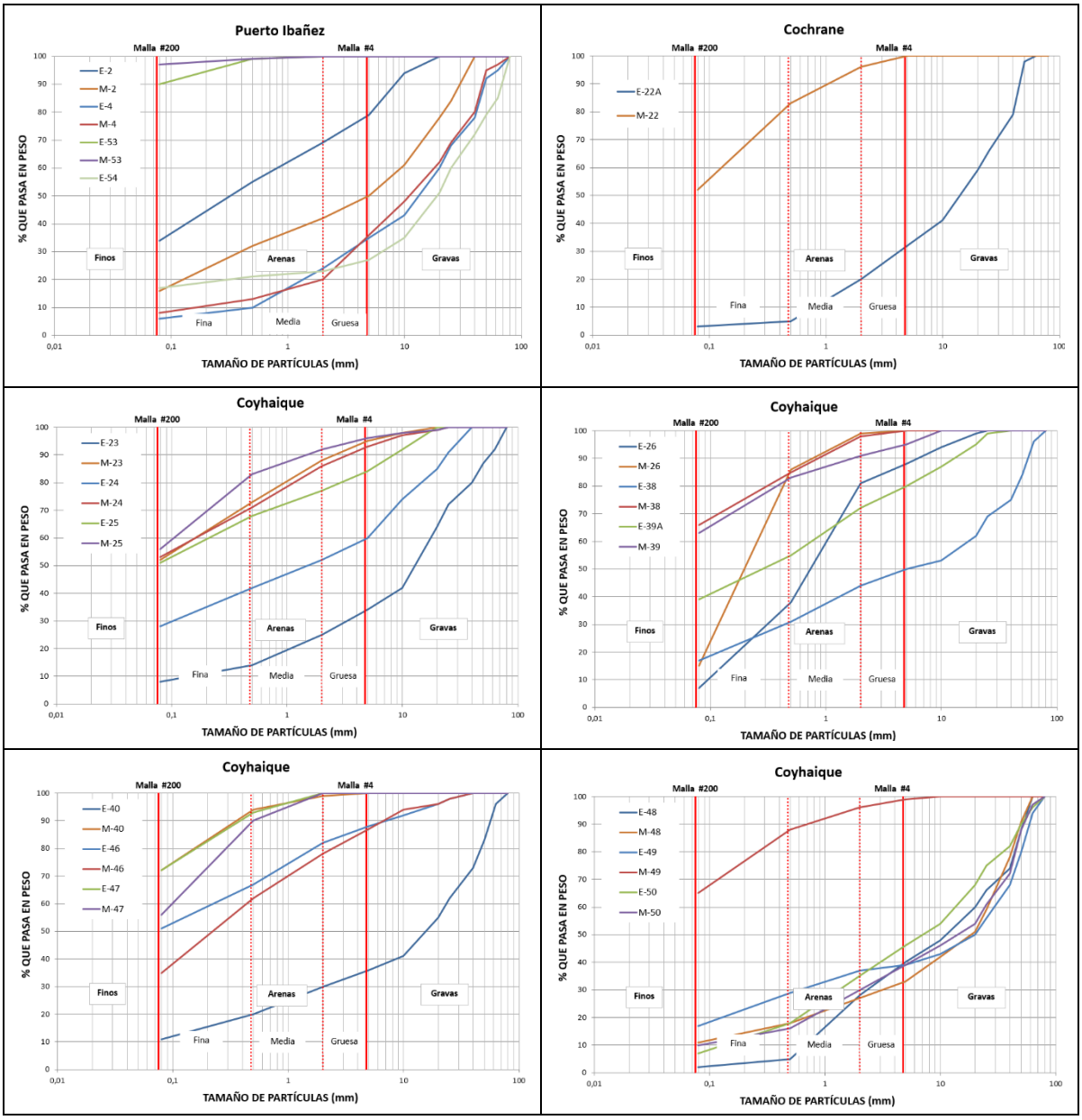
Los resultados de los ensayos de laboratorio se incluyen en el Anexo 23.

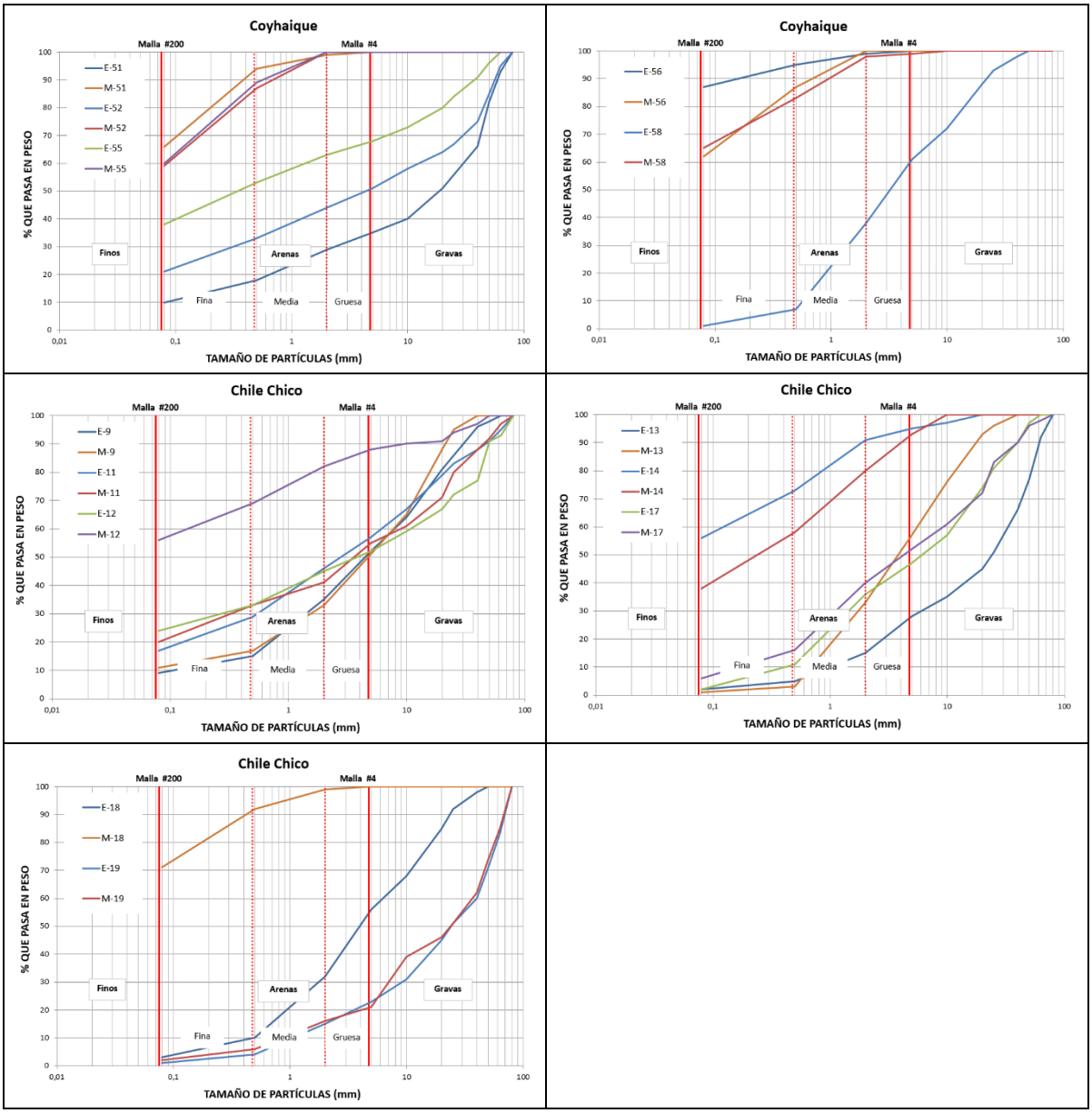
13.7 Granulometría

Con la finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas predominantes del terreno, además de obtener su clasificación mediante sistema USCS, se realizó un análisis granulométrico cuyos resultados se resumen en la **Figura 13.1**, en las que se observan mayoritariamente gravas y arenas, con distintos porcentajes de material fino. En términos generales, estos materiales se consideran aptos para la construcción de los muros de obras de acumulación lateral, a excepción del detectado en el sitio 53, correspondiente a Puerto Ibáñez, el que se describe como material orgánico y cuyas competencias no son adecuadas como

material de construcción. En este caso, se deberá contemplar una fuente de empréstito cercana que debe ser evaluada a fin de verificar su aptitud para ser usada en la construcción de los muros y sus obras anexas.

Figura 13.1: Curvas granulométricas sitios en estudio.

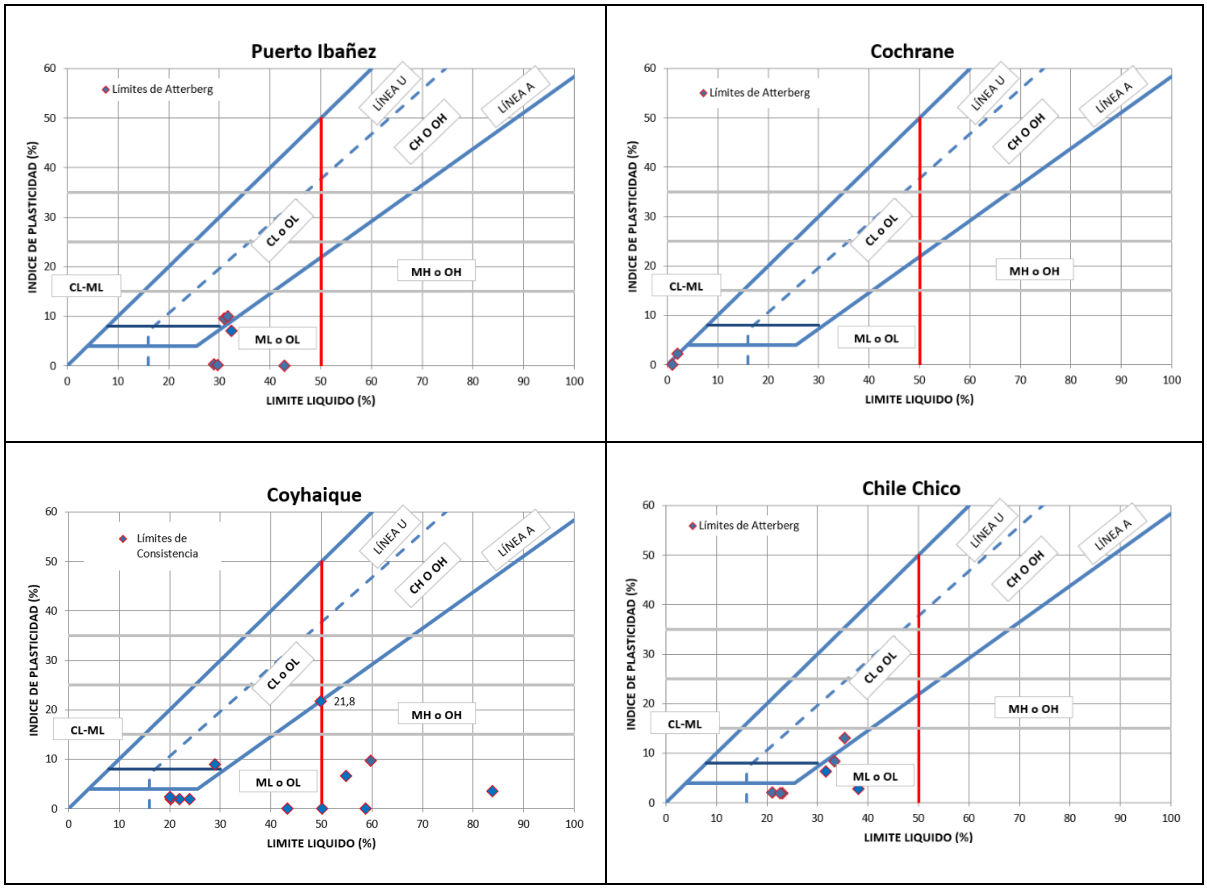




13.8 Límites de consistencia

Para caracterizar adecuadamente la porción fina de las muestras de suelo llevadas al laboratorio, se realizaron ensayos para determinar los límites de consistencia, o límites de Atterberg, del material. Estos resultan en general como limos de baja a nula plasticidad (ML, OL), a excepción de aquellos sitios ubicados en Coyhaique en que detectaron algunos limos y materiales orgánicos de alta plasticidad (MH; OH). Sobre estos últimos se deben considerar tratamientos si fuese necesario para la construcción de los muros cuyo índice de plasticidad debe ser menor a 10.

Figura 13.2: Límites de consistencia.



13.9 Ensayos Porchet

Se realizaron 49 ensayos de Infiltración Porchet de acuerdo con el detalle presentado en la siguiente lo descrito en la Tabla 13.2. Los ensayos se realizaron en las distintas tipologías de suelo detectadas en cada uno de los sitios de interés. A partir de los resultados obtenidos no se identifican sitios con problemas de alta infiltración al tratarse de terrenos de baja permeabilidad, con moderada a alta presencia de material fino.

Tabla 13.2: Resumen de resultados de ensayos Porchet.

Calicata	Cota	Tipo Suelo	k (cm/s)	Sitio	Observación
M-9	0,8 - 1,1	GP-GM	1,70E-04	Chile Chico	Semi-permeable
E-9	2,7 - 3,0	GW-GM	Sin Descenso	Chile Chico	Impermeable
M-12	0,9 - 0,9	ML	8,40E-05	Chile Chico	Impermeable
M-11	0,1 - 0,4	GM	1,70E-04	Chile Chico	Semi-permeable
E-12	2,7 - 3,0	GC	2,90E-04	Chile Chico	Semi-permeable
M-13	0,4 - 0,8	SP	2,40E-03	Chile Chico	Semi-permeable
M-14	0,9 - 1,2	SM	4,50E-04	Chile Chico	Semi-permeable
E-14	2,6 - 3,0	ML	2,24E-04	Chile Chico	Semi-permeable
M-17	0,4 - 0,75	GP-GM	3,00E-04	Chile Chico	Semi-permeable
E-17	2,6 - 3,0	GP	1,30E-03	Chile Chico	Semi-permeable
M-18	0,2 - 0,5	ML	5,10E-05	Chile Chico	Semi-permeable

Calicata	Cota	Tipo Suelo	k (cm/s)	Sitio	Observación
M-19	0,5 - 0,8	GW	2,90E-03	Chile Chico	Semi-permeable
E-19	2,7 - 3,0	GW	1,60E-03	Chile Chico	Semi-permeable
M-47	0,15 - 0,45	ML	1,30E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-48	1,0 - 1,3	GP-GM	1,30E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-48	2,6 - 3,0	GP	3,50E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-52	0,5 - 0,8	MH	3,50E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-52	2,7 - 3,0	GM	Sin Descenso	Coyhaique	Impermeable
M-55	0,4 - 0,7	MH	6,00E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-55	2,7 - 3,0	GC	Sin Descenso	Coyhaique	Impermeable
M-56	0,2 - 0,5	MH	4,90E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-56	2,7 - 3,0	CL	1,00E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-25	0,8 - 1,0	ML	1,60E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-24	0,5 - 0,8	MH	2,40E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-24	2,7 - 3,0	GM	3,50E-05	Coyhaique	Impermeable
M-46	0,5 - 0,8	SM	2,20E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-38	0,5 - 0,8	MH	2,30E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-38	2,7 - 3,0	GM	8,90E-05	Coyhaique	Impermeable
M-40	1,0 - 1,3	MH	1,90E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-40	2,2 - 2,5	GW-GM	1,10E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-58	0,4 - 0,7	MH	2,80E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-58	2,7 - 3,0		3,70E-03	Coyhaique	Semi-permeable
M-39	0,9 - 1,2	MH	4,40E-05	Coyhaique	Impermeable
E-39A	1,7 - 2,0	SM	Sin Descenso	Coyhaique	Impermeable
M-51	0,5 - 0,8	MH	2,00E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-51	2,7 - 3,0	GW-GM	1,10E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-50	0,9 - 1,2	GW-GM	1,80E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-50	2,1 - 2,5	GP-GM	2,80E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-49	0,5 - 0,8	MH	1,90E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-49	1,2 - 1,5	GM	1,60E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-23	0,5 - 0,8	MH	2,30E-04	Coyhaique	Semi-permeable
M-26	1,0 - 1,3	MH	2,80E-04	Coyhaique	Semi-permeable
E-26	2,7 - 3,0	SW-SM	1,90E-03	Coyhaique	Semi-permeable
M-2	0,6 - 0,9	GM	1,30E-04	Puerto Ibáñez	Semi-permeable
M-4	0,8 - 1,1	GP-GC	3,20E-04	Puerto Ibáñez	Semi-permeable
E-4	2,7 - 3,0	GP-GC	1,40E-04	Puerto Ibáñez	Semi-permeable
M-53	0,8 - 1,1	MH	Sin Descenso	Puerto Ibáñez	Impermeable
M-54	0,3 - 0,5	SM	3,90E-04	Puerto Ibáñez	Semi-permeable
E-54	2,7 - 3,0	GM	1,00E-03	Puerto Ibáñez	Semi-permeable

Fuente: Elaboración propia.

13.10 Parámetros de diseño – Detalle por sitio

Los parámetros de resistencia al corte del material que será utilizado para conformar los cada uno de los microtranques han sido definidos con base en los ensayos de laboratorio realizados, a partir de los cuales se evaluó posteriormente su estabilidad. Los parámetros que determinados corresponden a los siguientes:

a. Ángulo de fricción interna
b. Cohesión
c. Peso unitario natural
d. Peso unitario saturado

En la Tabla 13.3 se presenta un resumen de los resultados de los parámetros definidos por sitio.

Tabla 13.3: Parámetros de diseño por sitio.

Sitio	Calicata	Tipo Suelo	Probeta	Compactación	□ (%)	□D (ton/m³)	c (kg/cm²)	□ (°)
Puerto Ibañez	E-2	SM	Remoldeada	90% DMCS	19	1,53	0,12	24
Puerto Ibañez	E-4	GP-GC	Remoldeada	90% DMCS	8,1	1,943	0,20	24
Chile Chico	E-9	GW-GM	Remoldeada	90% DMCS	6,1	2,043	0,10	32
Chile Chico	E-11	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,6	1,92	0,13	24
Chile Chico	E-12	GC	Remoldeada	90% DMCS	11,2	1,812	0,04	27
Chile Chico	E-13	GW	Remoldeada	70% DMCS	12	2,02	0,06	38
Chile Chico	E-14	ML	Remoldeada	90% DMCS	22	1,51	0,08	28
Chile Chico	E-17	GP	Remoldeada	70% DR	10,3	2,115	0	38
Chile Chico	E-18	SW	Remoldeada	70% DMCS	12	2,03	0,01	38
Chile Chico	E-19	GW	Remoldeada	70% DR	10,6	2,169	0	39
Cochrane	E-22A	GW	Remoldeada	70% DR	10,1	2,04	0,013	40
Coyhaique	E-23	GP-GM	Remoldeada	90% DMCS	7,1	2,027	0,1365	30
Coyhaique	E-24	SM	Remoldeada	90% DMCS	9,3	1,88	0,09	27
Coyhaique	E-25	MH	Remoldeada	90% DMCS	30,9	1,245	0,0925	30
Coyhaique	E-26	SW-SM	Remoldeada	75% DMCS	13	1,76	0,09	24
Coyhaique	E-38	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,6	1,92	0,14	23
Coyhaique	E-39A	SM	Remoldeada	90% DMCS	20	1,53	0,1609	30
Coyhaique	E-40	GW-GM	Remoldeada	90% DMCS	9,3	1,87	0,13	29
Coyhaique	E-46	MH	Remoldeada	90% DMCS	33,9	1,211	0,099	29
Coyhaique	E-47	MH	Remoldeada	90% DMCS	77,6	0,729	0,007	32
Coyhaique	E-48	GP	Remoldeada	70% DR	9,8	2,11	0,005	39
Coyhaique	E-49	GM	Remoldeada	90% DMCS	13,1	1,726	0,013	27
Coyhaique	E-50	GP-GM	Remoldeada	90% DMCS	7,1	1,95	0,1485	29
Coyhaique	E-51	GW-GM	Remoldeada	90% DMCS	7,3	1,939	0,1605	29
Coyhaique	E-52	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,1	1,93	0,992	32
Puerto Ibañez	E-54	GM	Remoldeada	90% DMCS	10,3	1,826	0,1605	22
Coyahique	E-55	GC	Remoldeada	90% DMCS	11,9	1,804	0	24
Coyhaique	E-56	CL	Remoldeada	90% DMCS	24,2	1,396	0,1735	25
Coyhaique	E-58	SP	Remoldeada	70% DR	9,7	1,936	0,013	38

Fuente: Elaboración propia.

13.11 Agrupación Sitios - Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño a consideran se agrupan de la siguiente manera:

- Parámetros para el diseño del muro según la **Tabla 13.4**Tabla **13.4**Parámetros para el diseño de la fundación según se muestra en la **Tabla 13.5.**
- Parámetros para el diseño sísmico considerando que los sitios se encuentran en la zona símica 1, que se asocia a una aceleración efectiva de 0,2 g.

Tabla 13.4 Propiedades de resistencia al corte muro de microtranque.

Ubicación	Calicata	Cota	Horizonte	Tipo Suelo	Probeta	Compactación	ω (%)	γ_D (ton/m³)	γ_{sat} (ton/m³)	c (kg/cm²)	ϕ (°)
Puerto Ibáñez	E-2	0,95 - 3	4	SM	Remoldeada	90% DMCS	19	1,53	1.82	0,12	30
Chile Chico	E-13	0,85 - 1,5	3	GW	Remoldeada	70% DMCS	12	2,02	2.26	0,06	38
Chile Chico	E-18	0,8 - 1,2	4	SW	Remoldeada	70% DMCS	12	2,03	2.27	0,01	38
Coyhaique	E-39	1,3 - 2,0	4	SM	Remoldeada	90% DMCS	20	1,53	1.84	0,11	30

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13.5 Propiedades de resistencia al corte fundación muro de microtranque.

Ubicación	Calicata	Cota	Horizonte	Tipo Suelo	Probeta	Compactación	ω (%)	γ_D (ton/m³)	c (kg/cm²)	ϕ (°)
Puerto Ibáñez	E-2	0,95 - 3	4	SM	Remoldeada	90% DMCS	19	1,53	0,12	30
Chile Chico	E-11	1,2 - 3	3	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,6	1,92	0,13	30
Chile Chico	E-14	1,1 - 3,0	4	ML	Remoldeada	90% DMCS	22	1,51	0,08	28
Coyhaique	E-24	2,1 - 3,0	4	GM	Remoldeada	90% DMCS	9,3	1,88	0,09	27
Coyhaique	E-26	1,85 - 3,0	4	SW-SM	Remoldeada	75% DMCS	13	1,76	0,09	24
Coyhaique	E-38	1,5 - 3,0	3	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,6	1,92	0,14	23
Coyhaique	E-40	1,5 - 2,5	4	GW-GM	Remoldeada	90% DMCS	9,3	1,87	0,13	29
Coyhaique	E-52	1,7 - 3,0	3	GM	Remoldeada	90% DMCS	8,1	1,93	0,04	32

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar las propiedades de resistencia al corte se utilizaron los resultados de los ensayos de corte directo realizados sobre muestras de suelo presentados en anexos.

13.12 Geometría adoptada

Se propone para una altura máxima de muro de 5 m una geometría para los taludes de aguas arriba y aguas abajo será variable, a confirmar mediante análisis de estabilidad que actualmente se encuentra en desarrollo,

En anexo 24 se detallan los certificados de análisis de laboratorio efectuados a las muestras de suelo extraídas de las 66 calicatas ejecutadas en terreno en el mes de septiembre.

13.13 Análisis de estabilidad

13.13.1 General

Se realizó un análisis de estabilidad mediante el software Slope/W de Geostudio. Para cada uno de los sitios evaluados se verificó la configuración geométrica que representa un diseño conforme con los requerimientos de los factores de seguridad mínimos establecidos para condición de carga estática y sísmica, esta última mediante análisis pseudo-estático.

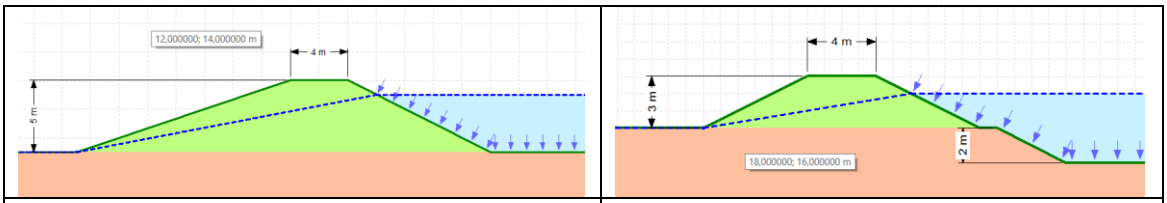
Tabla 13.6: Factores de seguridad mínimos.

Condición	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo
Estática		1,1
Pseudo-estática (k_h=0,1)[20]		1,0
Desembalse rápido	1,0	1,0

Ref.: US Corps of Engineers.

El presente estudio considera dos configuraciones posibles para la materialización de las obras de acumulación lateral. El caso 1 hace referencia al diseño de un muro de altura máxima de 5 m medidos desde el nivel de terreno actual. El caso 2 corresponde a aquella sección de muro de altura máxima 3 m, la que incluye una sobre excavación aguas arriba del muro de profundidad máxima de 2 m, de manera de conformar una solución mixta de corte y relleno.

Figura 13.3: Secciones de análisis tipo.



Caso 1 | Caso 2

Fuente: Elaboración propia.

13.13.2 Resultados

Los resultados de los factores de seguridad obtenidos para cada sitio evaluado, para ambos casos de análisis, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 13.7: Configuración de taludes por sitio.

Localidad	Sitio	Taludes - Caso 1		Taludes - Caso 2	
		Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Arriba	Aguas Abajo
Puerto Ibáñez	E-2	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Puerto Ibáñez	E-4	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Chile Chico	E-9	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Chile Chico	E-11	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V

[20] El valor de kh utilizado corresponde al 50% del valor de la aceleración efectiva (A0=0,2) definido en la NCh2369:2003 para el área geográfica en estudio.

Localidad	Sitio	Taludes - Caso 1		Taludes - Caso 2	
		Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Arriba	Aguas Abajo
Chile Chico	E-12	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Chile Chico	E-13	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Chile Chico	E-14	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Chile Chico	E-17	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Chile Chico	E-18	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Chile Chico	E-19	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Cochrane	E-22A	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Coyhaique	E-23	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-24	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-25	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-26	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-38	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-39A	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-40	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-46	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-47	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-48	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V
Coyhaique	E-49	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-50	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-51	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-52	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Puerto Ibáñez	E-54	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-55	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-56	3H:1V	3H:1V	2.5H:1V	2.5H:1V
Coyhaique	E-58	2H:1V	2H:1V	2H:1V	2H:1V

En el Anexo 25 se incluyen las salidas del programa Slope/W. y el detalle por sitio.

13.14 Conclusiones y recomendaciones estudios geotécnicos

a. A fin de caracterizar geotécnicamente los distintos sitios destinados a emplazamientos de obras de acumulación lateral en la región de Aysén, se realizó una campaña de investigación del terreno consistente en la ejecución de 60 calicatas y ensayos de laboratorio, los cuales sirvieron como base para determinar el comportamiento esperado del suelo y de los muros que conformarán el embalse.
b. En términos generales y de acuerdo con los antecedentes analizados, los resultados de la exploración son consistentes con geolocalización del área en estudio, caracterizada principalmente por materiales granulares, gravas y arenas, y en menor proporción por materiales finos, limos y arcillas.
c. En general, los materiales detectados se consideran aptos para la construcción del muro del microtranque, los que deberán materializarse de acuerdo con el grado de compactación requerido, debiendo alcanzar como mínimo el 95% del Proctor modificado o el 80% de la densidad relativa.
d. Sin perjuicio de lo anterior, se debe considerar la condición particular del sitio 53, el que se describe como un limo orgánico no apto para como material de construcción. En este caso, de deberá evaluar la ejecución del proyecto con material de fuentes de empréstitos cercanas, cuyas competencias y parámetros de resistencia al corte deberán estar en el rango de los definidos para el resto de los microtranques.

e. De acuerdo con las distintas tipologías de suelo esperadas, se evaluaron en total 5 casos de configuración posible de las obras de acumulación lateral, separadas en condiciones de muro en superficie tradicional (caso 1), y una configuración semiexcavada (caso 2). A su vez, se verificó la estabilidad estática y pseudo-estática para distintas inclinaciones de talud en ambos casos.

14 ENCUESTAS AGROPECUARIAS

14.1 Generalidades

Para cada sitio escogido de acumulación, se realizarán las siguientes actividades:

a) Identificar y recomendar el sector del predio a regar, de acuerdo con la ubicación del proyecto de acumulación respecto de la zona que será regada.
b) Identificar de forma general las características del suelo a través de barreno edafológico donde se medirán profundidad de suelo, textura, presencia de pedregosidad, pendiente y alguna limitante del suelo como presencia de nivel freático superficial y presencia de estratos impermeables.
c) Para cada proyecto de acumulación el consultor se recomendarán las labores agronómicas para puesta en riego, entre ellas: método de riego posible de aplicar de acuerdo con las características del suelo, labores de acamellonamiento, despedradura, nivelación o micronivelación.
d) Se identificarán los distritos agroclimáticos donde se emplazan los proyectos de acumulación, determinado al menos la evaporatraspiracion potencial, horas de frío anual, acumulación térmica base 10 °C, y fecha de la primera helada.

En anexo 26 se presentan en extenso las encuestas agronómicas desarrolladas para cada uno de los predios evaluados.

14.2 Clasificación edafológica de los suelos

Se realizó una clasificación del suelo de los sitos en estudio según su capacidad de uso de suelo, lo que representa la aptitud natural del suelo para producir bajo tratamiento continuo y usos específicos.

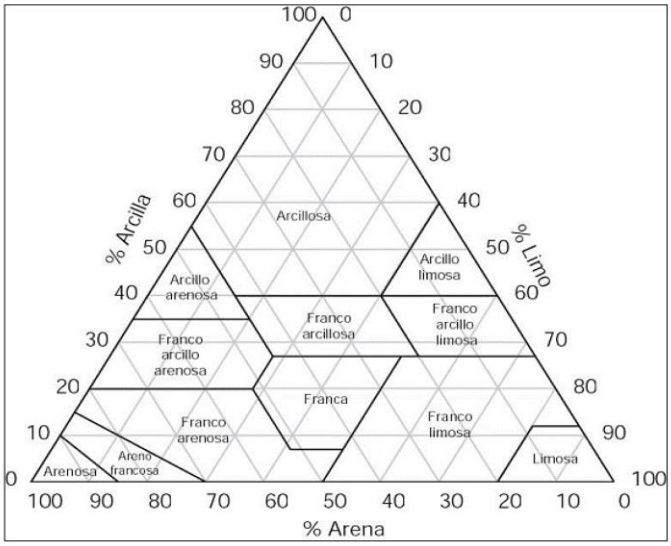
La clasificación del suelo de los sitios se realizó siguiendo la metodología de la publicación “Pauta para Estudio de Suelos” elaborada por el Servicio Agrícola y Ganadero en 2011. Para definir la clase de capacidad del suelo, primero hay que caracterizarlo utilizando las siguientes variables:

- Profundidad del suelo
- Pendiente
- Pedregosidad superficial y subsuperficial
- Clase de drenaje
- Textura
- Erosión
- Periodo libre de heladas

La caracterización de los suelos se realizó utilizando información recolectada en visitas a terreno e información generada a partir de dos calicatas que se efectuaron en cada sitio, esto incluye análisis de granulometría de las muestras de suelo, estratigrafías y mediciones de capacidad de infiltración.

La textura del suelo de cada sitio fue clasificada dentro de una de las 12 clases texturales que se muestran en la Figura 14.1.

Figura 14.1: Clases texturales del suelo.



En la Tabla 14.1, Tabla 14.2 y Anexo 27 se muestra en detalle los resultados de la caracterización y clasificación edafológica de los suelos presentes en los 30 sitios considerados en el proyecto.

Se puede observar que la mayoría de los sitios tiene una profundidad de suelo muy delgada o delgada, a excepción de los sitios 22 y 53 que tienen una profundidad ligeramente profunda y muy profunda, respectivamente.

Un 70% de los sitios presenta una inclinación moderada o menor (pendiente <8%) y el 30% restante presenta una inclinación fuerte (8%< pendiente <15%).

La mayoría de los sitios no presenta pedregosidad superficial ni subsuperficial, de los 30 sitios analizados solo dos tienen un pedregosidad superficial ligera.

En general, los sitios tienen un drenaje imperfecto o pobre, solo algunos sitios presentan un drenaje moderado o bueno. La textura de los suelos en su mayoría es media, siendo las texturas limosa y franco limosa las más comunes, estando presentes en cerca de un 80% de los sitios. El resto corresponde a texturas gruesas, principalmente arenosas. En solo una calicata, la del sitio 19, se encontró una textura fina, la cual corresponde a arcillo limosa.

En 25 de los 30 sitios no se observó problemas de erosión, en los cinco restantes se observó una erosión moderada o ligera.

De acuerdo con el estudio "Atlas Agroclimático de Chile" (Ministerio de Agricultura, 2017) los distritos de Coyhaique y Chile Chico tienen en promedio 96 y 94 días consecutivos libres de heladas, respectivamente. Por lo que todos los sitios están en la clase 3 de periodo libre de heladas.

En base a lo anterior, se determinó que 28 de los 30 sitios tienen una capacidad de uso de suelo Tipo IV, debido principalmente al bajo espesor de la cobertura de suelo vegetal. Los dos sitios restantes son clasificados como Tipo III.

El atributo crítico es la característica del suelo que determina por sí sola la clase de capacidad de uso analizada. Vale decir, existiendo un atributo crítico, el resto de los atributos pueden presentar características de las Clases de Capacidad de Uso menos limitantes.

Una Clase de uso de suelo Tipo IV se asocia a Terrenos que pueden presentar riesgo de erosión por pendientes, por lo que requiere prácticas de conservación en el laboreo del suelo. Estos suelos corresponden a la última categoría de suelos arables sin grandes riesgos de erosión con un manejo adecuado. Aun cuando pueden presentar otras limitaciones, poseen pendientes de hasta un 15% o bien una profundidad no superior a 40 cm.

Una Clase de uso de suelo Tipo III se asocia a Terrenos que presentan limitaciones al laboreo en el caso de suelos con pendientes cercanas a 8% o en por presentar hasta un 15% de pedregosidad en superficie. También puede presentar limitaciones de arraigamiento para especies con raíces profundas. Los suelos de esta clase requieren prácticas de conservación de suelo.

14.3 Sitios en Coyhaique

- Dentro de la comuna de Coyhaique se ubican 17 sitios, todos de Clase IV.
- Todos los sitios presentan una profundidad delgada o muy delgada (< 40 cm).
- Un 65% de los sitios tiene una inclinación moderada o menor (pendiente<8%) y el resto tiene una inclinación fuerte (8%<pendiente<15%).
- No se encontraron sitios con pedregosidad superficial, solo se encontró un sitio con pedregosidad subsuperficial moderada.
- La mayoría de los sitios tiene una textura media, ya sea limosa o franca limosa, solo el sitio 46 presenta una textura gruesa (Areno francosa).
- Un 88% de los sitios presenta un drenaje imperfecto o pobre. Solo los sitios 55 y 56 tienen un drenaje moderado.
- En 14 de los 17 sitios no se observó indicios de erosión, en los sitios 38 y 46 se observó erosión ligera y en el sitio 50, moderada.

14.4 Sitios en Chile Chico

- En la comuna de Chile Chico hay 8 sitios, todos con una clasificación de capacidad de suelo Clase IV.
- Al igual que la comuna de Coyhaique, todos los sitios en Chile Chico presentan una profundidad de suelo delgada o muy delgada.
- En general, los sitios tienen una inclinación moderada o menor, solo el sitio 9 presenta una inclinación fuerte. En el sitio 9 se observó una pedregosidad superficial ligera, en el resto no se observó pedregosidad superficial.
- En general, los sitios tienen un drenaje pobre o imperfecto, a excepción del sitio 13 que es bien drenado y el sitio 14 que tiene drenaje moderado.
- Cinco de los ochos sitios tienen una textura media, ya sea limosa o franca limosa, y los tres restantes tienen una textura gruesa (arenosa).
- Solo en el sitio 17 se observó una erosión moderada, en los siete restantes no hay erosión aparente.

14.5 Sitios en Río Ibáñez

- En la comuna de Río Ibáñez se ubican cuatro sitios, donde tres son Clase IV y uno Clase III.
- En los tres sitios Clase IV la profundidad del suelo es muy delgada y en el sitio 53, que es sitio Clase III, la profundidad del suelo es muy profunda.
- Dos sitios presentan una inclinación fuerte y los dos restantes tienen una inclinación suave o ligera.
- Solo el sitio 15 presenta pedregosidad superficial, el resto no.
- Los cuatro sitios presentan un drenaje imperfecto o pobre.
- Tres de los cuatro sitios presentan una textura media y el restante (sitio 54) tiene una textura gruesa.
- Solo el sitio 2 presenta signos de erosión ligera, en el resto no hay erosión aparente.

14.6 Sitios en Cochrane

- La comuna de Cochrane solo tiene un sito, el que corresponde al sitio 22 y se puede revisar en detalle en la en la Tabla 1, Tabla 2 y Anexo 27.

Tabla 14.1 Clasificación agronómica del suelo de los sitios (Calicata 1).

Sitios	M										
	Calicata 1										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 2	10	25	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	Ligera	Clase 3	Clase IV
Sitio 4	15	10	muy delgado	5% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Ligera	Ligera	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 9	15	10	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Ligera	Ligera	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 11	20	20	delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 12	20	10	delgado	4% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 13	35	90	delgado	6% Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Bien Drenado	Arenosa gruesa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 14	25	10	delgado	2,5% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Moderado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	M										
	Calicata 1										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 17	10	60	muy delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Areno Francosa	Moderada	Clase 3	Clase IV
Sitio 18	30	90	delgado	0% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Arenosa Media	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 19	25	20	delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Moderada	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 22	50	2	Ligeramente profundo	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase III
Sitio 23	10	3	muy delgado	5% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 24	25	20	delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 25	15	20	muy delgado	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	M										
	Calicata 1										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 26	20	2	delgado	1% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 38	15	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	Ligera	Clase 3	Clase IV
Sitio 39	25	3	delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 40	15	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 46	15	80	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Areno Francosa	Ligera	Clase 3	Clase IV
Sitio 47	15	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 48	15	3	muy delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Moderada	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	M										
	Calicata 1										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 49	25	2	delgado	8% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 50	20	3	delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Moderada	Drenaje Imperfecto	Limosa	Moderada	Clase 3	Clase IV
Sitio 51	15	2	muy delgado	14% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 52	15	20	muy delgado	13% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 53	200	0	muy profundo	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase III
Sitio 54	10	60	muy delgado	8% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Ligera	Drenaje Imperfecto	Franca Arenosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 55	15	20	muy delgado	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Moderado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	M										
	Calicata 1										
	Espesor (cm)	**% arena**	**Profundidad**	**Pendiente**	**Pedregosidad superficial**	**Pedregosidad sub superficial**	**Clase Drenaje**	**Textura**	**Clase de erosión**	**Período Libre de Heladas**	**Clase capacidad Uso Suelo**
Sitio 56	15	20	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Moderado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 58	15	2	muy delgado	4% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Tabla 14.2 Clasificación agronómica del suelo de los sitios (Calicata 2).

Sitios	E										
	C2										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 2	15	25	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	Ligera	clase 3	Clase IV
Sitio 4	10	20	muy delgado	5% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Ligera	Ligera	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 9	20	10	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Ligera	Ligera	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 11	15	20	muy delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 12	20	10	delgado	4% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 13	35	90	delgado	6% Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Bien Drenado	Arenosa gruesa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	E										
	C2										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 14	20	70	delgado	2,5% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Arenosa Francosa Gruesa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 17	10	60	muy delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Moderada	Moderada	Drenaje Moderado	Areno Francosa	Moderada	Clase 3	Clase IV
Sitio 18	5	5	muy delgado	0% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 19	10	10	muy delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Moderada	Bien Drenado	Arcillo Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 22	35	2	delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 23	15	3	muy delgado	5% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 24	15	20	muy delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy probremente drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

Sitios	E										
	C2										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 25	15	20	muy delgado	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 26	20	2	delgado	1% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Bien Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 38	15	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Franca Limosa	Ligera	Clase 3	Clase IV
Sitio 39	25	3	delgado	3% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy probremente drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 40	10	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 46	15	80	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Areno Francosa	Ligera	Clase 3	Clase IV

Sitios	E										
	C2										
	Espesor (cm)	% arena	Profundidad	Pendiente	Pedregosidad superficial	Pedregosidad sub superficial	Clase Drenaje	Textura	Clase de erosión	Período Libre de Heladas	Clase capacidad Uso Suelo
Sitio 47	15	20	muy delgado	6 % Moderadamente Inclinado - Suavemente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 48	20	3	delgado	0,5% Plano - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Moderada	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 49	20	2	delgado	8% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Imperfecto	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 50	15	2	muy delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Moderada	Drenaje Imperfecto	Limosa	Moderada	Clase 3	Clase IV
Sitio 51	15	2	muy delgado	14% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 52	20	20	delgado	13% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 53	200	3	muy profundo	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy Pobremente Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase III

Sitios	E										
	C2										
	Espesor (cm)	**% arena**	**Profundidad**	**Pendiente**	**Pedregosidad superficial**	**Pedregosidad sub superficial**	**Clase Drenaje**	**Textura**	**Clase de erosión**	**Período Libre de Heladas**	**Clase capacidad Uso Suelo**
Sitio 54	20	2	delgado	8% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Drenaje Moderado	Franca Arenosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 55	15	20	muy delgado	2% Ligeramente Inclinado - Casi Plano	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Muy Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 56	20	20	delgado	10% Fuertemente Inclinado - Moderadamente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Pobremente Drenado	Franca Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV
Sitio 58	20	2	delgado	4% Suavemente Inclinado - Ligeramente Ondulado	Sin Pedregosidad	Sin Pedregosidad	Bien Drenado	Limosa	No Aparente	Clase 3	Clase IV

15 ANÁLISIS DE CRECIDAS

15.1 Generalidades

En el caso de microembalses, es decir, obras de acumulación que intervienen cauces mediante la construcción de un muro, las bases del estudio consideran estimar la crecida de diseño apta para el predimensionamiento del respectivo vertedero de acuerdo con los manuales e instructivos vigentes de la ley de fomento al riego.

Sin embargo, en el presente estudio se consideran sólo tranques de acumulación lateral, con captaciones tipo "fusible", sin embargo, a continuación, se describe de todas maneras el cálculo de los caudales de crecidas para cada sitio.

15.2 Caudales de crecida

Para calcular los caudales de crecida de los treinta sitios, se procederá a hacer un análisis de valores extremos en la estación fluviométrica DGA Río Aysén en Puerto Aysén ubicada en la región de estudio para luego usar trasposición de cuencas. Cabe destacar que las crecidas se deben más bien a eventos de precipitación extrema. La cuenca aportante a esta estación es amplia y abarca un gran rango de cotas topográficas, por lo que la precipitación representativa corresponde a la precipitación asociada a altas cotas. Dicho esto, al hacer trasposición de caudales se está siendo conservador ya que las cotas y precipitaciones asociadas a los sitios son más bajas que la cuenca de la estación mencionada. Se debe mencionar que el método directo de análisis de valores extremos de los datos representa de mejor manera la realidad que los métodos de precipitación escorrentía, los cuales, además, no han sido calibrados para esta región. La descripción de la estación fluviométrica es la siguiente:

Tabla 15-1: Estación meteorológica para el cálculo de crecidas. UTM WGS84 HUSO 18S.

CÓDIGO BNA	NOMBRE	ALTITUD	INICIO	SUSPENSION	UTM E [m]	UTM N [m]
11342001-4	RIO AYSEN EN PUERTO AYSEN	32	01-12-1995	Vigente	685996	4969032

El área aportante de la estación fluviométrica corresponde a aproximadamente 11.456 km^2.

Los datos utilizados corresponden a los caudales instantáneos máximos anuales. La Tabla 15-2 presenta estos caudales.

Tabla 15-2: Caudales máximos instantáneos. Estación Río Aysén en Puerto Aysén.

Fecha	Caudal [m^3/s]
16-08-1996	5238,59
09-08-1997	4307,82
26-12-1998	3080,95
20-09-1999	4414,39
16-12-2000	2232,40
09-03-2001	4008,46
11-10-2002	2812,13

Fecha	Caudal [m^3/s]
27-06-2008	4210,02
18-02-2009	3875,83
29-06-2010	4562,63
23-07-2011	2182,67
06-11-2012	3864,65
10-09-2013	3538,46
01-06-2014	4495,59

Fecha	Caudal [m³/s]
19-06-2003	3444,23
06-07-2004	2784,94
01-05-2005	2876,22
10-04-2006	2229,25
13-04-2007	2276,53

Fecha	Caudal [m³/s]
16-05-2015	4885,44
05-11-2016	3340,22
04-05-2017	2908,62
19-04-2018	2698,30
06-03-2019	1857,92

Para obtener los caudales de crecidas asociadas a esta estación, se ajustan distribuciones probabilísticas a los datos de la Tabla 15-2. En este estudio, las distribuciones consideradas corresponden a la distribución Normal, log-Normal, Pearson, log-Pearson y Gumbel. Los criterios utilizados corresponden a:

- La distribución seleccionada debe ser aceptada según la prueba del estadígrafo chi cuadrado.
- Entre las distribuciones aceptadas, se seleccionará la con menor cociente chi cuadrado calculado - chi cuadrado límite.

La distribución que más se ajustó a los datos correspondió a la distribución Gumbel con los siguientes caudales de crecidas resultantes:

Tabla 15-3: Caudales de crecida. Estación Río Aysén en Puerto Aysén.

Periodo de Retorno	Caudal [m³/s]
2	3.421,93
5	4.229,10
10	4.651,43
20	5.000,10
50	5.392,41
100	5.653,90

Los resultados de la trasposición de caudales se encuentran en la Tabla 15.4

.Tabla 15-4: Resultados caudales de crecida en los 30 sitios.

Sitio	Área [km²]	Caudales de Crecida [m3/s]					
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años
2	44,0	13,14	16,24	17,86	19,20	20,71	21,71
4	60,7	18,14	22,42	24,65	26,50	28,58	29,97
9	1,4	0,43	0,53	0,59	0,63	0,68	0,71
11	0,4	0,12	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
12	0,2	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12
13	5,9	1,76	2,17	2,39	2,57	2,77	2,90
14	18,3	5,46	6,75	7,42	7,98	8,61	9,02
17	257,3	76,85	94,97	104,46	112,29	121,10	126,97
18	110,4	32,97	40,75	44,82	48,18	51,96	54,48
19	1,3	0,38	0,47	0,52	0,56	0,60	0,63
22	0,3	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13
23	0,3	0,10	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
25	6,2	1,84	2,28	2,51	2,69	2,91	3,05
26	2,5	0,76	0,94	1,03	1,11	1,19	1,25
38	0,3	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
39	1,4	0,43	0,53	0,59	0,63	0,68	0,71
40	1,3	0,37	0,46	0,51	0,55	0,59	0,62
42	51,1	15,26	18,86	20,74	22,30	24,04	25,21
46	0,3	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
47	0,1	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
48	0,5	0,14	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22
49	15,5	4,63	5,72	6,29	6,76	7,29	7,64
50	20,2	6,03	7,45	8,19	8,80	9,49	9,96
51	6,8	2,04	2,52	2,77	2,97	3,21	3,36
52	0,3	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13
53	0,3	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
54	2,1	0,63	0,78	0,86	0,92	1,00	1,05
55	1,5	0,44	0,54	0,60	0,64	0,69	0,72
56	0,3	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14
58	0,7	0,20	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33

16 DEFINICIÓN EJE DE PRESA Y CÁLCULO DE ESTABILIDAD

Tal como se mencionó anteriormente, las obras de acumulación corresponden a tranques a acumulación lateral, y no microembalses, con altura del muro mayor que no supere 5,0 m y capacidad de almacenamiento inferior a 50.000 m³.

Se efectuó el análisis de estabilidad de los muros, para condiciones estáticas y dinámicas. Como escenarios de cálculo, se analizarán las obras de acumulaciones llenas y vacías.

En forma complementaria, se entregarán las recomendaciones para evitar problemas de infiltración a través del cuerpo de presa, erosión de la cara expuesta al agua, líneas de flujo, etc.

En el Anexo 28 se incluyen los resultados de los análisis de estabilidad.

17 CÁLCULOS HIDRÁULICOS

17.1 Generalidades

Se entrega el cálculo completo de prediseño de las obras del vertedero de las obras de acumulación, sistemas de captación, válvulas de entrega, disipadores de energía (si corresponden), sistemas de aforo, etc.

Como criterio de diseño, se considera que, en el caso más desfavorable, los 50.000 m^3 de capacidad de los microembalses se acumularán en 4 meses de invierno, lo que equivale aproximadamente a un caudal medio de 9 l/s.

17.2 Verificación obras de entrega

Las obras de entrega consisten en una combinación de canales trapeciales y tuberías, los cuales conducen el agua desde la fuente del recurso hacia la obra de acumulación lateral. El objetivo del cálculo desarrollado en este apartado es demostrar que, en todos los sitios, el caudal que pueden portear ambas secciones es mayor que el que se proyecta utilizar (0,009 m^3/s). Para la verificación de estos dos elementos se utilizaron las ecuaciones de fluidos de contornos abiertos, la geometría del canal trapecial y tubería, además de la pendiente de los tramos en donde se desarrollan los canales y las tuberías.

A continuación, se presenta la ecuación de Manning la cual estima el caudal que pasa por una canal:

$$\frac{Qn}{\sqrt{J}} = \Omega R_h^{2/3}$$

Donde:

Q : Caudal [m^3/s].

n : Número de Manning [s/m$^{1/3}$].

$\sqrt{J}$: Pendiente de pérdida de energía [m/m].

Ω: Área de escurrimiento [m^2].

R_h: Radio hidráulico de escurrimiento (cociente entre área de escurrimiento y perímetro mojado) [m].

Para evaluar el porteo de caudal, se considera que el eje hidráulico en el canal se desarrolla completamente alcanzando la altura normal, en donde la pendiente de pérdida de energía es igual a la pendiente del lecho del canal, por lo tanto, los caudales portantes se obtienen con la expresión anterior, reemplazando la pendiente de pérdida friccional (J) por la pendiente del terreno (i).

$$Q_{h_n} = \frac{\sqrt{i} \cdot \Omega_{h_n} R_{h_n}^{2/3}}{n}$$

La geometría y las pendientes de los canales trapeciales y tuberías se obtienen de los planos de las obras de acumulación lateral. Se considera que la altura de agua normal corresponde a un 75% de la altura del canal o tubería. A continuación, la Figura 17.1y la Figura 17.2 presentan las propiedades geométricas de ambas secciones.

Figura 17.1: Geometría sección trapecial.

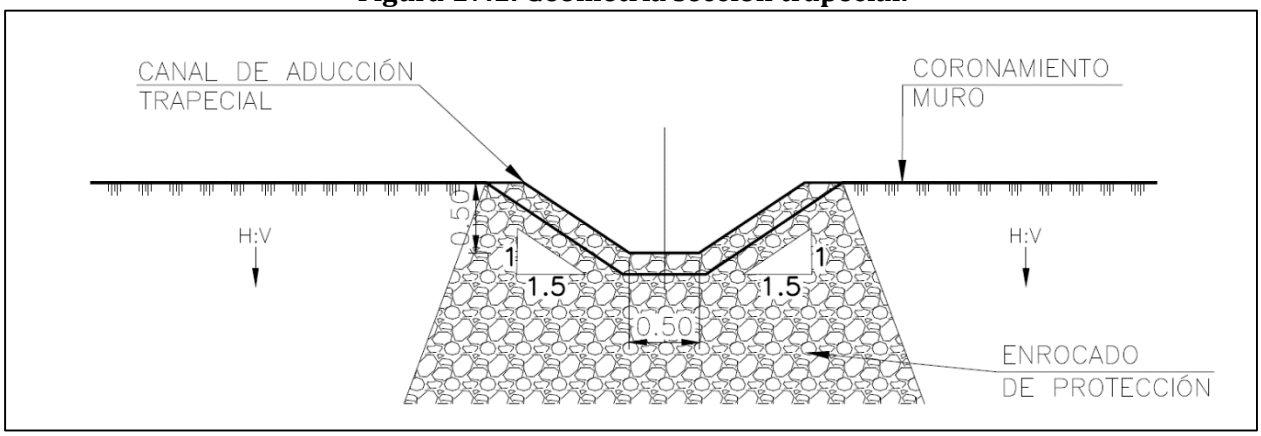
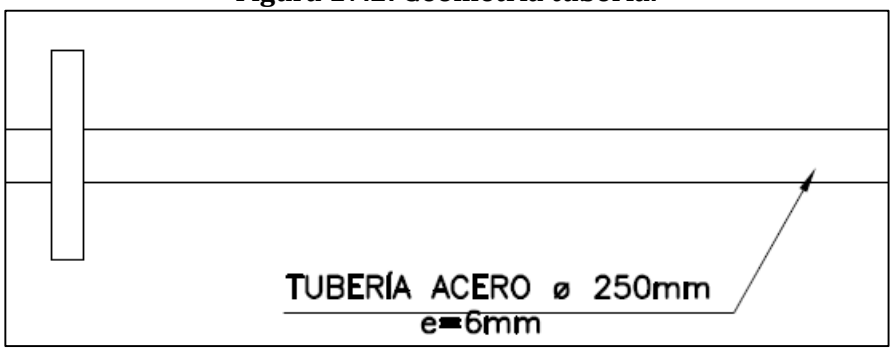


Figura 17.2: Geometría tubería.



A continuación, la Tabla 17.1 presenta las pendientes de los canales y tuberías para cada sitio y los resultados del caudal portante.

Tabla 17.1 Pendiente y caudales portantes por sitio.

Sitio	Pendiente [m/m]		Caudal [m³/s]	
	Tubería	Canal trapecial	Tubería	Canal trapecial
2	0,010	0,125	0,056	0,632
4	0,010	0,071	0,056	0,475
9	0,010	0,125	0,056	0,632
11	0,010	0,088	0,056	0,529
12	0,010	0,177	0,056	0,751
13	0,010	0,045	0,056	0,379
14	0,010	0,023	0,056	0,268
17	0,010	0,007	0,056	0,151
18	0,007	0,005	0,048	0,129
22	0,010	0,097	0,056	0,557

Sitio	Pendiente [m/m]		Caudal [m³/s]	
	Tubería	Canal trapecial	Tubería	Canal trapecial
23	0,046	0,050	0,120	0,402
24	0,032	0,036	0,101	0,337
25	0,005	0,032	0,040	0,319
26	0,010	0,020	0,056	0,253
38	0,046	0,072	0,121	0,478
39	0,010	0,002	0,056	0,088
40	0,010	0,105	0,056	0,578
46	0,010	0,088	0,056	0,532
47	0,010	0,173	0,056	0,744
48	0,005	0,010	0,040	0,182
49	0,010	0,029	0,056	0,303
50	0,010	0,038	0,056	0,347
51	0,010	0,044	0,056	0,376
52	0,010	0,068	0,056	0,468
54	0,010	0,029	0,056	0,303
55	0,096	0,001	0,174	0,068
56	0,010	0,105	0,056	0,579
58	0,028	0,019	0,094	0,244

Se observa que en todos los sitios la verificación es exitosa, es decir, el caudal portante en ambas secciones es mayor que 0,009 m³/s.

17.3 Cálculos estructurales

Se entrega el cálculo completo de las obras civiles, a nivel de perfil, contempladas para cada proyecto de tranque de acumulación lateral, muros de contención, pasarelas, sistemas de compuertas, etc.

17.4 Sistema de impermeabilización

Se entrega el prediseño de los sistemas de impermeabilización necesarios para asegurar la estanqueidad (membranas, tratamiento del terreno, sistemas asfálticos, etc.).

17.5 Cálculos topográficos

En función de la ubicación del tranque lateral y los levantamientos topográficos ejecutados, se entregan las curvas del sector de acumulación necesarias para el control y operación del mismo, se propone el tipo y ubicación de las obras de medición, tomando la mecánica de suelos efectuada, se calcularon los volúmenes de excavación requeridos para materializar el sello de fundación y se entregan los volúmenes de rellenos. (Ver planos y Anexos)

17.6 Materiales para la construcción de la presa

Tomando como base la mecánica de suelos efectuada en la zona de empréstitos, en términos generales, en material excavado para dar volumen a las obras de acumulación lateral son competentes para su empleo en la construcción de los muros, como se deduce de la información de los Anexos 24 y 28.

17.7 Obras de distribución

Las obras hidráulicas necesarias para la ejecución del proyecto de diseño de microtranques que permitan suplir las demandas de riego de la zona deberán ser tales que cumplan los siguientes requerimientos:

- Sean sencillas y económicas, tanto desde el punto de vista constructivo como de operación. Para este caso, se tiene que:

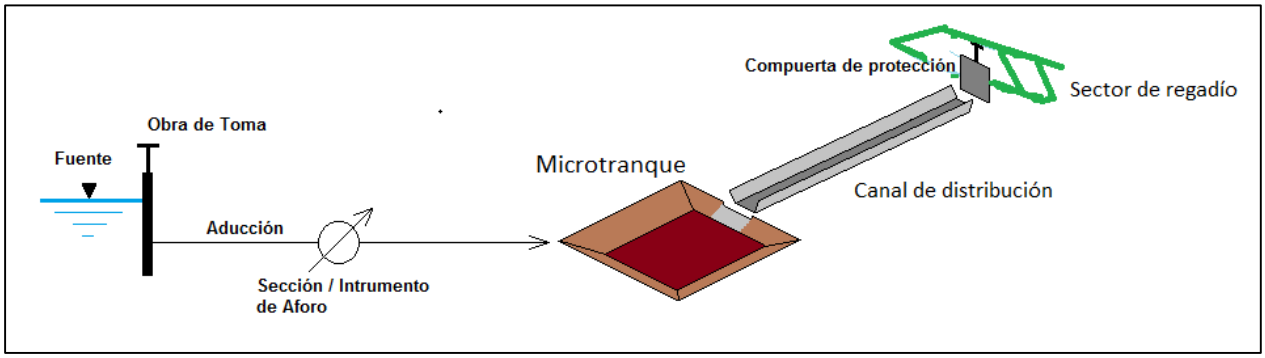
$$Q_{Operación} = Q_{Diseño} = 0.015 m^3/s$$

- Sean capaces de captar, conducir y contener el caudal de operación que, para efectos de este estudio, es equivalente al caudal de diseño.
- Sean capaces de controlar y/o evacuar las demasías captadas por la obra de toma.
- Permitan cuantificar de manera continua los parámetros hidráulicos de mayor relevancia, como, por ejemplo, niveles.

El caudal de diseño propuesto fue seleccionado de manera conservadora para conducir las aguas desde el microtranque hasta el sector de riego.

En términos conceptuales, la siguiente figura esquematiza el layout del sistema:

Figura 17.3: Esquema layout sistema propuesto.



Importante resulta notar que, dado el diseño conceptual, no se considerarán los efectos de las precipitaciones ni de la evaporación dentro del sistema.

Con todo lo anterior y en concordancia con lo esbozado en los numerales anteriores, a continuación, se entrega una descripción de las obras hidráulicas de distribución necesarias.

17.7.1 Diseño sistema de impulsión

Se contempla un desarrollo de un canal de distribución que permita conducir las aguas desde el microtranque hasta el punto donde comienza la zona de riego.

La conducción de las aguas por medio de este canal de distribución, se realizará considerando que las aguas descargan de forma gravitacional. Sin embargo, este no es el caso de todos los sitios, pues existen sectores de baja pendiente los cuales deberán impulsar las aguas almacenadas dentro del microtranque. Para el caso de

estos sitios, se presenta a continuación la estimación de las obras necesaria para generar la energía de impulsión necesaria.

La generación de energía eléctrica se diseñó a partir de energía fotovoltaica dado que es una fuente de energía renovable no convencional que permite transformar la radiación solar en energía eléctrica de impulsión para este caso.

Realizando una revisión detallada de cada uno de los sitios estudiados, se concluyó que los sitios 4, 13, 17, 18, 19, 47, 49 y 55 podrían requerir un sistema de impulsión. El diseño del sistema de impulsión fue desarrollado considerando el caso más desfavorable, el que corresponde a elevar la gota de agua del fondo del microtranque hasta el muro, esto es, 5 metros de elevación.

Para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios se utilizó el explorador solar del ministerio de energía (http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/), el cual a través de la irradiación solar incidente en una zona en particular permite estimar, la generación de energía eléctrica en kWh por cada panel solar.

Los 8 sitios, para los cuales fue considerado necesario un sistema de impulsión elevadora de aguas, fueron agrupados de tal manera que pudieran ser identificados con alguna localidad próxima a ellos. Así, los sitios 47, 49 y 55 se asociaron a la ciudad de Coyhaique, mientras que el resto se asociaron a la zona de Chile Chico o más particularmente a la zona del lago General Carrera. De esta manera, se analizó la radiación solar solo de estas localidades.

Respecto a la información agronómica correspondiente, se consideró que el máximo nivel de demanda de agua mensual posible para los cultivos es de 2500 m^3/Ha. Este valor, comparado con el de otros cultivos como los paltos que consumen una gran cantidad de aguas es considerado como conservador.

Tabla 17.2 Requerimientos hídricos de un huerto de palta Hass.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Eto/mes	185,38	162,4	179,8	135	108,5	60	62	77,5	90	126,48	149,1	190,96	
Kc	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	
ETc mm/mes	139,04	121,8	134,85	101,25	81,37	45	46,5	58,125	67,5	94,86	111,825	143,22	
Efa	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
Eff Rain (MM)						17,6	36,2	15,2					
NB mm/mes	163,57	143,29	158,65	119,12	75,03	10,35	36,82	68,38	79,41	111,60	131,56	168,49	
NB l/s/ha	0,61	0,59	0,59	0,46	0,28	0,04	0,14	0,26	0,31	0,42	0,51	0,63	
NB m^3/ha	1635,7	1432,9	1586,5	1191,2	750,3	103,5	368,2	683,8	794,1	1116,0	1315,6	1684,9	12662,8

Donde: ETo = Evapotranspiración potencial. Kc = Coeficiente de cultivo. ETc = Evapotranspiración del cultivo. Efa = Eficiencia de aplicación método de riego. Eff rain = Precipitación efectiva. NB = Necesidades brutas o totales.

Fuente: https://www.redagricola.com/cl/estudio-caso-palto-riego-condiciones-recursos-hidricos-restringidos/.

Se concluye que este valor de demanda máxima (el cual se produce generalmente entre los meses de diciembre y enero) es adecuado pues permitirá suplir cualquier demanda de riego generada.

De esta forma, se estima para estas condiciones es necesaria la instalación de 10 paneles fotovoltaicos por cada sector.

Se adjuntan en el anexo correspondiente las planillas utilizadas para el dimensionamiento y estimación del sistema de impulsión fotovoltaico.

17.7.2 Dimensionamiento hidráulico canal de distribución

Los canales de distribución desarrollados para los microtranques corresponden a las obras que evacuan las aguas desde la obra de acumulación hasta la zona de regadío. Para el diseño se consideró que el canal principal evacuará como caudal máximo 15 l/s, tal como fue mencionado anteriormente.

Téngase la serie de parámetros indicados a continuación:

Z_o : Cota de fondo al pie del muro de la obra de acumulación

Z_1 : Cota de fondo al término del canal de distribución.

L_D : Longitud del canal.

Las cotas de fondo Z_0 corresponderán a la cota al pie del muro de la obra de acumulación en la sección aguas abajo a partir de donde se iniciará la distribución de las aguas. Esta cota varía de un sitio a otro.

La cota de fondo Z_1 corresponderá a la cota donde se ubicará el fin del canal de distribución. Esta cota corresponde a aquella ubicada aproximadamente 50 metros aguas abajo del muro de la obra de acumulación considerando una pendiente ideal del 1%.

Respecto a la longitud del canal se estima el siguiente valor:

$$L_D = 50m$$

La pendiente ideal para el diseño de canales tal que transporte las aguas en régimen subcrítico es de i = 1%. Tomando en cuenta lo anterior, el material del suelo de algunos sitios en particular y la permeabilidad de ellos, se propone implementar un canal excavado de sección trapecial a definir mediante análisis hidráulico seccional.

Las restricciones de diseño son las que siguen:

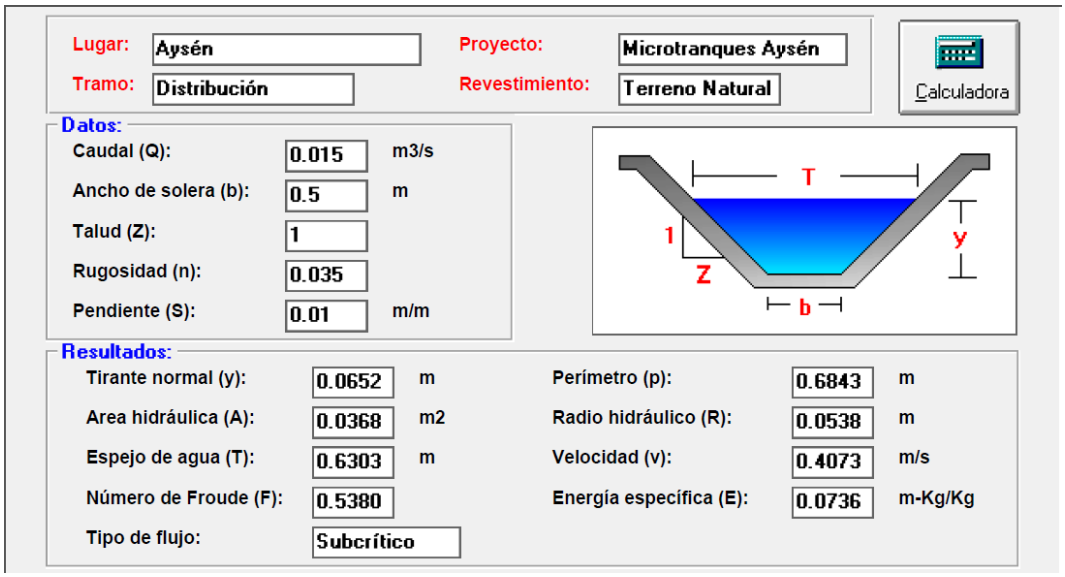
- $Q_{Diseño} = 0{,}015\ m^3/s$
- Talud de excavación en suelo natural → H : V = 1 : 1
- Régimen de escurrimiento: subcrítico alejado de la crisis.
- Rugosidad de Manning canal excavado → n = 0,035
- Ancho basal medio → b = 1,2 m

Se consideró que el régimen debía ser subcrítico para evitar altas velocidades que pudiesen erosionar parte del material natural del terreno. Así mismo, el coeficiente de rugosidad asignado fue seleccionado según la experiencia de este consultor de forma tal, que guarde relación con el material del terreno y presenta la rugosidad necesaria para que genere un peralte en la altura de agua o tirante. Con esto, se espera llevar las dimensiones del canal al límite y verificar que logre transportar estas aguas de manera correcta sin desbordarse.

Adicionalmente, se considera que el canal opera en régimen de escurrimiento uniforme, donde la pendiente de fondo "i" puede considerarse equivalente a la pendiente del plano de cargo "J", por lo tanto, se evaluará la altura normal producida en el canal de distribución.

Los datos presentados fueron ingresados al programa HCanales V3.0, los resultados obtenidos se muestran a continuación en la siguiente figura (output del programa).

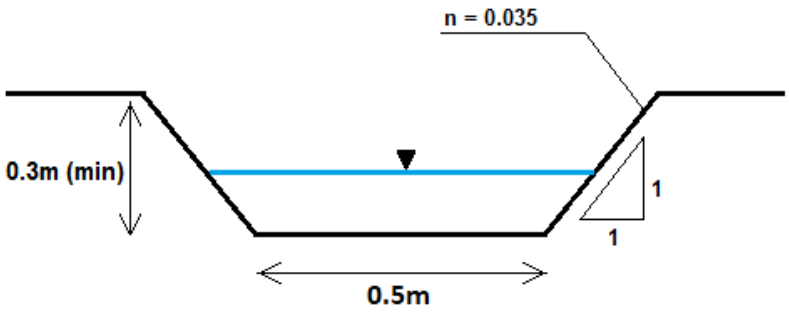
Figura 17.4: Resultados análisis seccional canal de distribución para altura normal.



Tal como se aprecia en los resultados hidráulicos, el diseño cumple con las condicionantes impuestas. Por tanto, usando una revancha de 20 cm, el peralte total de la sección se deja en un valor redondeado mínimo de hn + revancha ≈ 0,30 m.

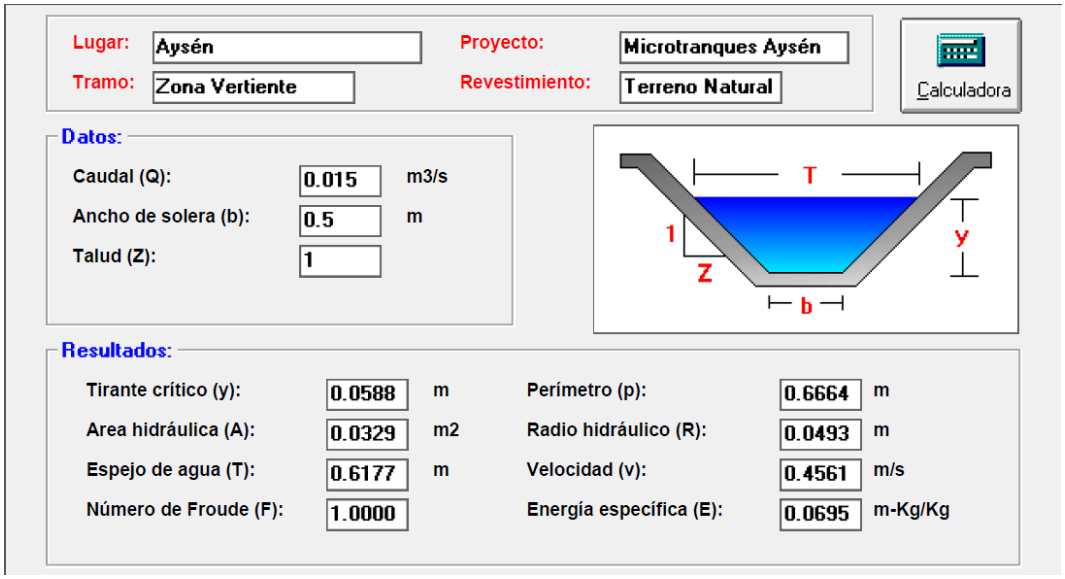
El siguiente esquema muestra la sección trapecial adoptada:

Figura 17.5: Sección trapecial de diseño para canal de distribución.



A fin de determinar la altura crítica de vertido del canal a la zona de riego u otros canales, se evalúa la crisis utilizando nuevamente el programa HCanales 3.0:

Figura 17.6: Resultados análisis seccional canal de distribución para altura crítica.



17.8 Planos y especificaciones técnicas de construcción

En conjunto con los análisis de ingeniería, estudios básicos y memorias de cálculo, se entregan los planos de las obras y las especificaciones técnicas (Anexo 31), en condición de perfil avanzado.

17.9 Cubicación y estimación de costos

Se calculó el costo aproximado de las obras de acumulación y obras anexas (redes de distribución), aplicando precios unitarios a las partidas de cada obra, con cubicaciones determinadas a partir de los diseños antes descritos. Los resultados se detallan en el Anexo 35.

17.10 Cronograma del proyecto

Se presenta un cronograma de actividades simple en que se incluyan las actividades más importantes involucradas en la construcción de las obras señaladas en el presupuesto.

18 IDENTIFICACIÓN DE SITIOS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES

Además de la definición de los microembalses preseleccionados, se ha procedido a determinar la ubicación de 7 embalses con muro de no más de 15 m de altura y una capacidad de acumulación aproximada de 1,0 Hm^3.

Estas obras sólo se plantean de modo conceptual, en previsión de un aumento de la demanda de volúmenes embalsados para riego en el futuro inmediato, que considere una solución colectiva de varios potenciales usuarios. En la Tabla 18.1 se muestran algunas características de esas obras de acumulación.

Se realizó un análisis de sitios para embalses de más de 5 m de altura y más de 50.000 m^3 de capacidad. En términos generales, se buscaron sitios en sectores de relativamente bajas precipitaciones y que se ubicaran en zonas real o potencialmente aptas para la agricultura, que en una gran proporción corresponden a forraje

en la región de Aysén. De los 10 sitios preseleccionados, se seleccionaron 5. Para la elección de los sitios se usaron los siguientes criterios:

- Zonas con angostamiento para la construcción del muro.
- Cercanía con zonas de riego.
- Buena ubicación con respecto al curso de agua a intervenir
- Disponibilidad de recursos hídricos
- Disponibilidad del recurso hídrico
- Superficie de riego bajo la cota de coronamiento del muro

Tabla 18.1 Preselección de sitios de embalses.

Sitio	P_{media} (mm)	$A_{inundación}$ (Ha)	Capacidad (Hm^3)
Chile Chico	350	18,46	1,40
Río Claro	1.900	30,55	1,57
Lago Pollux	750	27,46	1,56
Laguna La Manga	900	59,79	1,76
Puerto Aysén	2.800	17,38	0,92
Puerto Ibáñez	600	53,02	1,20
Villa Mañiguales	2.000	12,65	0,97

Fuente: Elaboración propia.

Los sitios se muestran individualmente en el Anexo 30. Considerando que estas obras son más necesarias en los sectores con menor cantidad de precipitaciones, se han seleccionado los sitios que muestra la Tabla 18.2.

Tabla 18.2 Selección de sitios de embalses.

Sitio	P_{media} (mm)	$A_{inundación}$ (Ha)	Capacidad (Hm^3)
Chile Chico	350	18,46	1,40
Río Claro	1.900	30,55	1,57
Lago Pollux	750	27,46	1,56
Laguna La Manga	900	59,79	1,76
Puerto Ibáñez	600	53,02	1,20

Fuente: Elaboración propia.

19 CONSTRUCCIÓN Y PRODUCTOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG)

19.1 Objetivo del SIG

Este Sistema de Información Geográfica (SIG) tiene como objetivo central sistematizar, almacenar, gestionar y representar toda la información geoespacial relativa al presente estudio, bajo el principio de interoperabilidad de los datos, mediante homologación de formatos, DATUM y sistemas de proyección. La relevancia de este compendio de datos geoespaciales es ofrecer de forma coherente, lógica y en completitud la información espacial base en qué se originan los productos cartográficos que sirven que están contenidos en el "Diagnóstico de Obras de Acumulación en la Región de Aysén" solicitado por la Comisión Nacional De Riego.

19.2 Naturaleza y origen de los datos

Este SIG contiene dos grandes categorías de información en base a su origen; fuentes primarias, referidas a todo el universo de datos geoespaciales elaborados por este consultor y, por otra parte, fuentes secundarias, concernientes a toda aquella información recopilada atingente al estudio y que permitiese dar un contexto general a escala regional. Sobre la segunda categoría, dicha información ha sido elaborada por distintos servicios públicos y, en su mayoría, mas no en totalidad, se encuentran disponibles en el portal de Infraestructura de Datos Espaciales, más conocida como IDE-Chile.

El software empleado para la creación, gestión, consulta y visualización de la información es el programa de código libre "QGIS", compatible con el ESIIR de la CNR.

Respecto a la estructura de datos, este SIG agrupa información espacial de dos naturalezas: Vectorial y Raster. Para la información de naturaleza Vectorial, vale decir; puntos líneas y polígonos, el formato de entrega es del tipo "*shapefile*", archivo nativo de Esri, considerado un formato estándar para la interoperabilidad entre distintos Sistemas de Información Geográfica. Cabe destacar que este tipo de datos espaciales está compuesto por un "fichero *shape*", que debe contener —como mínimo— tres tipos de archivos que constituyen una cobertura o *layer*:

- .shp: que almacena la geometría del objeto.
- .shx: que almacena el índice de las entidades.
- .dbf: que almacena los atributos de los objetos, es decir, constituye la Base de Datos.

Además de estos tres archivos base, un fichero debe contener también, en virtud de la rigurosidad de los datos, un archivo .prj, el cual almacena información concerniente al sistema de coordenadas con el que se dotó a la entidad u objeto.

19.3 Base cartográfica

Para iniciar el estudio se requirió de información espacial básica y fundamental que, mediante análisis y procesos geomáticos, derivaron en cartografías temáticas específicas para la investigación. Se obtuvo la Cartografía Regular a escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Militar (IGM), teniendo como referencia el Datum WGS 84 Huso 19. La información utilizada fue la siguiente:

- Limites político-administrativos
- Centros poblados
- Curvas de nivel
- Red hidrográfica
- Cuerpos de agua (lagos y lagunas)
- Vialidad

También se emplearon capas de datos relativos a Estaciones, estas fueron obtenidas de la base de datos DGA:

- Estaciones fluviométricas
- Estaciones pluviométricas
- Estaciones evaporimétricas
- Estaciones calidad de agua
- Estaciones sedimentométricas

Respecto al formato de la cartografía temática base, el SIG "Diagnostico Obras de acumulación en la Región de Aysén" presenta la cartografía en un formato de impresión, donde las láminas pueden ser adaptadas como figuras dentro del cuerpo del informe o bien como formato doble carta con dimensiones (432 x 279 mm). Éstas se titulan:

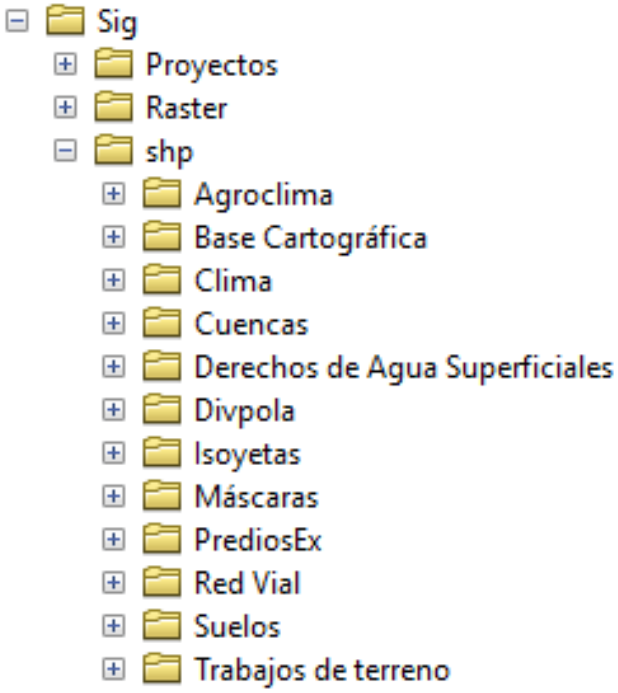
- División Político-Administrativa: representado por los límites regionales-municipales y su ubicación relativa local y nacional.
- Distritos agroclimáticos: síntesis de la integración analítica de las variables, climáticas, hidrológicas y agrícolas, implementado métodos estadísticos y probabilísticos.
- Hidrología y cuencas: distribución de la red de ríos y cursos de agua y la delimitación de cuencas hidrográficas que resultaron en áreas con un solo sistema de drenaje principal.
- Derecho de aguas concedidos: expresión del aprovechamiento legal en unidades de volumen y tiempo.
- Usos de Suelo: distinción de zonas de acuerdo a su potencial aprovechamiento agrícola.
- Tipos de cultivos: distribución grafica de los diferentes cultivos (rubros agrícolas) presentes en el área de estudio.

19.4 Estructura del directorio, DATUM y proyección cartográfica.

El primer directorio contiene el proyecto SIG, alojado en software QGIS. Este proyecto tiene por objeto desplegar, visualizar, gestionar y contextualizar espacialmente la información recabada en el presente estudio hasta la etapa actual. Tanto el proyecto QGIS como las capas de información en él contenidas, están referenciados en DATUM WGS84, HUSO 19 SUR, Proyección UTM. En concordancia con su posición geodésica, algunos de los sitios seleccionados en el estudio se encuentran referenciados en HUSO 18S.

El segundo directorio está destinado a almacenar información de naturaleza raster, es decir, formatos de imagen cuya unidad mínima está expresada en píxeles. Básicamente aquí se contienen los modelos digitales de elevación o DEM empleados en este Diagnóstico.

El tercer directorio corresponde a la información presentada en capas de datos geoespaciales. Sobre la estructura de datos, las mentadas capas se han almacenado en formato Shape File (.shp) las que han sido organizadas en subdirectorios como se aprecia en la siguiente imagen:



La siguiente tabla explicita la información correspondiente a archivos .shp, contenidos en cada uno de los directorios antes expuestos:

Tabla 19.1 Archivos .shp de los directorios del SIG.

Directorio	Capa Temática	SHP
Agroclima	Distritos Agroclimáticos	Distritos_Agroclimáticos
Base Cartográfica	Base Cartográfica	Cuerpos_de_Agua
		Estaciones_Meteorológicas
		Red Hídrica Ccas Aportantes
		Red_Hídrica
Clima	Isoyetas generales	Isoyetas
Cuencas	Cuencas	Cuenca_Aysen
		Cuenca_Baker
		Cuenca_Cisnes
		Cuenca_Palena
		Cuenca_Pascua
		Cuencas_Estudio
Derechos de agua superficiales	Derechos de agua superficiales	Derechos de agua superficiales
Divpola	División Político Administrativa	Capitales
		Comunas
		Limites
		Limites_DPA
		Poblados
		Provincias
		Región
Isoyetas	Isoyetas	Isoyetas_100
		Isoyetas_50
		Isoyetas_20
Máscaras	Máscaras Cartografía Base	Argentina
		Cuerpos_Agua_Chile
		Mar
		Regiones
PrediosEx	Predios sitios de Estudio	Predios
Red Vial	Red Vial	Red_Vial
Suelos	Suelos	Clases_uso_suelo
Trabajos de Terreno	Sitios Levantamiento Terreno	Sitios
	Tranques Grandes	Chile Chico Cuenca
		Coyhaique Cuenca
		Lago Pollux
		Laguna La Manga
		Puerto Aysén Cuenca
		Puerto Ibáñez Cuenca
		Villa Mañiguales Cuenca
	Trabajos de terreno	Areas_de_Riego
		Fuentes
		Obras

Santiago, noviembre de 2020.