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

VOLUMEN 2

ESTUDIOS DE INGENIERÍA (1ª PARTE)

ÍNDICE GENERAL

VOLUMEN 1	***RESUMEN EJECUTIVO***
VOLUMEN 2	***ESTUDIOS DE INGENIERÍA (1ª PARTE)***
VOLUMEN 3	***ESTUDIOS DE INGENIERÍA (2ª PARTE), AGRONOMÍA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA***

SANTIAGO DICIEMBRE DE 2019

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

Secretario Ejecutivo

Federico Errázuriz Tagle

Coordinador Unidad de Estudios

Gastón Valenzuela Lillo

Coordinador de Estudio

Leonardo Machuca Silva

UTP AQUATERRA INGENIEROS LTDA. Y GCF INGENIEROS LIMITADA

Jefe del estudio

Ingeniero Civil Jaime Vargas P.

Profesionales

Iván Rivera R.
Guillermo Cabrera F.
Sergio Matus G.
Juan Carlos Parra E.
Fernando Valdés H.
Eugenio Tobar E.
Sergio Arriaza S.
Sebastián Ocqueteau C.
Sergio Rozas V.
Paula Mardones M.
Patricio Murúa S.
Eliana de Amesti D.
Bárbara Cuadra Q.
Claudia Berríos U.
Andrea Mora H.

ÍNDICE VOLUMEN 2

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO 17
1.1. Introducción 17
1.2. Objetivos del Estudio 21
1.2.1. Objetivo General 21
1.2.2. Objetivos Específicos 21
1.3. Área de Estudio 23
2. REVISIÓN DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS 25
2.1. Generalidades 25
2.2. Fichas de bibliografía y análisis crítico 26
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES 55
3.1. Recopilación de Antecedentes 55
3.2. Suelo 81
3.2.1. Provincia de Osorno 82
3.2.2. Provincia de Llanquihue 104
3.2.3. Provincia de Chiloé 126
3.2.4. Provincia de Palena 143
3.3. Caracterización Hidrológica 151
3.4. Caracterización Hidrogeológica 153
3.4.1. Geología Regional 153
3.4.1.1. Rocas Fundamentales 153
3.4.1.2. Depósitos Sedimentarios No Consolidados 155
3.4.2. Geomorfología 157
3.4.3. Hidrogeología 160
3.4.3.1. Catastro de Captaciones Subterráneas 160
3.4.3.2. Definición de Acuíferos, Características Principales y Parámetros Hidrogeológicos 162
3.4.3.3. Profundidad de Niveles Estáticos y Direcciones de Escurrimiento 166
3.4.4. Conclusiones de Caracterización Hidrogeológica 169
4. RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES 170
4.1. Información Hidrológica 170
4.1.1. Información fluviométrica 170
4.1.2. Información pluviométrica 177
4.2. Información Hidrogeológica 181
4.3. Fuentes de Agua Potable Rural (APR) 184
4.3.1. Generalidades 184
4.3.2. Caracterización regional de sistemas APR y distribución geográfica 185
4.3.3. Información y Estimación de Número de APR en la Región de Los Lagos 187
4.4. Fuentes de Energía Renovable No Convencional (ERNC) 191
4.4.1. Evaluación de los Recursos Renovables de la Región 191
4.4.1.1. Recurso Solar para Generación Fotovoltaica 192
4.4.1.2. Recurso Eólico para Aerogeneración 194

4.4.1.3. Recurso Hídrico para Generación Hidroeléctrica ... 200
4.4.2. ERNC en la Región de Los Lagos ... 205
4.4.2.1. ERNC a Gran Escala ... 205
4.4.3. ERNC a Pequeña Escala ... 208
4.4.3.1. Asociadas a la Ley 18.450 ... 208
4.4.3.2. Proyectos Particulares ... 208
4.4.4. Normativa ... 208
4.4.5. Productos Entregables para Proyectos con ERNC ... 212
5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS Y SU PRODUCCIÓN ... 215
5.1. Evolución Patrón de Cultivos ... 215
5.2. Superficie Regada ... 218
5.3. Rubros Productivos y Potencialidad ... 220
5.4. Descripción General de la Agricultura de la Región ... 229
6. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS ... 241
6.1. Generalidades ... 241
6.2. Identificación de Áreas Protegidas ... 242
7. TRABAJOS DE TERRENO ... 247
7.1. Primera Selección de Sectores a Estudiar ... 247
7.2. Estudio Geofísico ... 250
7.2.1. Gravimetría ... 251
7.2.1.1. Trabajos de Terreno ... 253
7.2.1.2. Proceso de Datos ... 260
7.2.1.3. Inversión 3D cuenca ... 266
7.2.1.4. Resultados y Conclusiones ... 270
7.2.2. Transiente Electromagnético ... 273
7.2.2.1. Introducción ... 273
7.2.2.2. Trabajo de Terreno ... 273
7.2.2.3. Mediciones ... 274
7.2.2.4. PROCESO DE DATOS ... 288
7.2.2.5. Resultados del Estudio de Transiente Electromagnético (TEM) ... 293
7.3. Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas para Análisis de Calidad Físico Química y Bacteriológica ... 308
8. ESTUDIO HIDROLÓGICO ... 310
8.1. Hidrología superficial ... 310
8.1.1. Análisis de precipitaciones mensuales y anuales ... 310
8.1.1.1. Antecedentes recopilados ... 310
8.1.1.2. Caracterización general de la calidad de las series estadísticas consideradas ... 313
8.1.1.3. Relleno y extensión de estadísticas ... 313
8.1.1.4. Determinación de las Curvas de Variación Estacional de Precipitaciones ... 330
8.1.1.5. Análisis de Precipitaciones Máximas ... 336
8.1.2. Análisis Fluviométrico ... 338
8.1.2.1. Generalidades ... 338

8.1.2.2. Antecedentes recopilados 339
8.1.2.3. Caracterización general de la calidad de las series estadísticas consideradas 340
8.1.2.4. Relleno y extensión de estadísticas 341
8.1.2.5. Determinación de las Curvas de Variación Estacional de Caudales 355
8.1.3. Generación de Caudales en Cuencas sin Control Fluviométrico 361
8.1.3.1. Metodología para Generación de Caudales Medios Mensuales 361
8.1.3.2. Análisis de Caudales Máximos 376
8.2. Análisis de Calidad de Aguas Superficiales 387
8.2.1. Análisis de calidad de aguas superficiales según registros DGA 389
8.2.1.1. Comentarios Sobre Resultados Obtenidos 399
8.2.2. Análisis de calidad de aguas superficiales según datos del protocolo PR18 403
8.2.2.1. Comentarios Sobre Resultados Obtenidos 408
8.3. Derechos de Aguas Superficiales 409
8.3.1. Generalidades 409
8.3.2. Derechos de Aguas Superficiales con Falta de Información o Información Errónea 409
8.3.3. Derechos de Agua en la X Región de Los Lagos 411
8.3.3.1. Derechos de agua Superficiales en la Provincia de Chiloé 414
8.3.3.2. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Llanquihue 417
8.3.3.3. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Osorno 420
8.3.3.4. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Palena 422
8.3.4. Conclusiones Análisis de los Derechos de Aguas Superficiales en la X Región de Los Lagos 425
8.3.5. Zonas de Restricción para la Constitución de Nuevos Derechos de Agua 426
9. ESTUDIO HIDROGEOLÕGICO 430
9.1. Catastro de Captaciones Subterráneas 430
9.2. Derechos de Aguas Subterráneas 432
9.2.1. Derechos Constituidos 432
9.2.2. Solicitudes de Derechos en Trámite 433
9.3. Recopilación de Antecedentes de Pozos Profundos 434
9.4. Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos 434
9.5. Curvas Equipotenciales 435
9.6. Caracterización de los Acuíferos 435
9.7. Calidad de Aguas Subterráneas 437
9.8. Conclusiones del Estudio Hidrogeológico 439
10. ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS HOMOGÉNEAS 441
10.1. Aguas Subterráneas 441
10.1.1. Parámetros Elásticos 442
10.1.2. Calidad de aguas subterráneas 444
10.1.3. Niveles freáticos 445
10.1.4. Caudales de extracción de aguas subterráneas 447
10.1.5. Establecimiento de Áreas Homogéneas Subterráneas 449
10.2. Aguas Superficiales 452
10.2.1. Calidad de las Aguas Superficiales 452
10.2.2. Derechos de Aguas Superficiales Constituidos y en Trámite, Consuntivos y No Consuntivos456

10.2.3. Áreas Declaradas como de Reserva de Agua 458

TABLAS

Tabla 1.1-1: Total de derechos de agua según su naturaleza y tipo de derecho Región de Los Lagos (DGA-MOP) 18
Tabla 1.1-2: Caudales anuales promedio de agua subterránea según tipo de uso (DGA-MOP) 19
Tabla 3.1-1: Resultados VI y VII Censo Nacional Agropecuario 68
Tabla 3.1-2: Demandas de Agua de Riego Cuenca Río Rahue 70
Tabla 3.1-3: Precio Real de la Papa 76
Tabla 3.1-4: Coeficientes de Cultivo 78
Tabla 3.2-1: Capacidad de Uso 83
Tabla 3.2-2: Categoría de Riego 84
Tabla 3.2-3: Clase de Drenaje 84
Tabla 3.2-4: Aptitud Frutal 85
Tabla 3.2-5: Aptitud Agrícola 85
Tabla 3.2-6: Clase de Erosión 86
Tabla 3.2-7: Variaciones de la Serie Bahía Mansa 87
Tabla 3.2-8: Variaciones de la Serie Collihuinco 87
Tabla 3.2-9: Variaciones de la Serie Corte Alto 88
Tabla 3.2-10: Variaciones de la Serie Cudico 89
Tabla 3.2-11: Variaciones de la Serie Frutillar 89
Tabla 3.2-12: Variaciones de la Serie Hueicoya 90
Tabla 3.2-13: Variaciones de la Serie Hueñi 91
Tabla 3.2-14: Variaciones de la Serie Huilma 91
Tabla 3.2-15: Variaciones de la Serie Huiño Huiño 92
Tabla 3.2-16: Variaciones de la Serie La Pelada 93
Tabla 3.2-17: Variaciones de la Serie La Unión 94
Tabla 3.2-18: Variaciones de la Serie Los Riscos 94
Tabla 3.2-19: Variaciones de la Serie Mayamó 95
Tabla 3.2-20: Variaciones de la Serie Osorno 96
Tabla 3.2-21: Variaciones de la Serie Piedra de Oro 97
Tabla 3.2-22: Variaciones de la Serie Piedras Negras 97
Tabla 3.2-23: Variaciones de la Serie Puerto Fonk 98
Tabla 3.2-24: Variaciones de la Serie Puerto Octay 99
Tabla 3.2-25: Variaciones de la Serie Punotro 99
Tabla 3.2-26: Variaciones de la Serie Repil 100
Tabla 3.2-27: Variaciones de la Serie Rucatayo 101
Tabla 3.2-28: Variaciones de la Serie Rupanquito 101
Tabla 3.2-29: Variaciones de la Serie Trinidad 102
Tabla 3.2-30: Variaciones de Terrazas Aluviales 102
Tabla 3.2-31: Variaciones de Terrazas Aluviales de Cenizas Volcánicas 103
Tabla 3.2-32: Variaciones de Terrazas Aluviales Recientes de ríos de Precordillera 103

Tabla 3.2-33: Variaciones de Terrazas Aluviales del Río Rahue 103
Tabla 3.2-34: Suelos Misceláneos 104
Tabla 3.2-35: Capacidad de Uso 105
Tabla 3.2-36: Categoría de Riego 105
Tabla 3.2-37: Clase de Drenaje 106
Tabla 3.2-38: Aptitud Frutal 106
Tabla 3.2-39: Aptitud Agrícola 107
Tabla 3.2-40: Clase de Erosión 107
Tabla 3.2-41: Variaciones de la Serie Alerce 108
Tabla 3.2-42: Variaciones de la Serie Collihuinco 109
Tabla 3.2-43: Variaciones de la Serie Corte Alto 110
Tabla 3.2-44: Variaciones de la Serie Cudico 110
Tabla 3.2-45: Variaciones de la Serie Chapo 111
Tabla 3.2-46: Variaciones de la Serie Dalcahue 112
Tabla 3.2-47: Variaciones de la Serie Frutillar 113
Tabla 3.2-48: Variaciones de la Serie Hueñi 113
Tabla 3.2-49: Variaciones de la Serie Huilma 114
Tabla 3.2-50: Variaciones de la Serie Huiño Huiño 115
Tabla 3.2-51: Variaciones de la Serie Llanquihue 115
Tabla 3.2-52: Variaciones de la Serie La Pelada 116
Tabla 3.2-53: Variaciones de la Serie La Unión 117
Tabla 3.2-54: Variaciones de la Serie Los Riscos 117
Tabla 3.2-55: Variaciones de la Serie Maullín 118
Tabla 3.2-56: Variaciones de la Serie Mayamó 119
Tabla 3.2-57: Variaciones de la Serie Nueva Braunau 120
Tabla 3.2-58: Variaciones de la Serie Osorno 121
Tabla 3.2-59: Variaciones de la Serie Puerto Montt 121
Tabla 3.2-60: Variaciones de la Serie Puerto Octay 122
Tabla 3.2-61: Variaciones de la Serie Punotro 123
Tabla 3.2-62: Variaciones de la Serie Ralún 124
Tabla 3.2-63: Variaciones de la Serie Rupanquito 124
Tabla 3.2-64: Variaciones de Terrazas Aluviales 125
Tabla 3.2-65: Variaciones de Terrazas Aluviales de Cenizas Volcánicas 125
Tabla 3.2-66: Variaciones de Terrazas Aluviales Recientes de ríos de Precordillera 125
Tabla 3.2-67: Variaciones de Terrazas Lacustres 126
Tabla 3.2-68: Suelos Misceláneos 126
Tabla 3.2-69: Otros Suelos 126
Tabla 3.2-70: Capacidad de Uso 127
Tabla 3.2-71: Categoría de Riego 128
Tabla 3.2-72: Clase de Drenaje 128
Tabla 3.2-73: Aptitud Frutal 129
Tabla 3.2-74: Aptitud Agrícola 129
Tabla 3.2-75: Clase de Erosión 130
Tabla 3.2-76: Variaciones de la Serie Aituí 131

Tabla 3.2-77: Variaciones de la Serie Calonje 132
Tabla 3.2-78: Variaciones de la Serie Coiguín 133
Tabla 3.2-79: Variaciones de la Serie Coquiao 133
Tabla 3.2-80: Variaciones de la Serie Chonchi 134
Tabla 3.2-81: Variaciones de la Serie Dalcahue 135
Tabla 3.2-82: Variaciones de la Serie Isla Grande 136
Tabla 3.2-83: Variaciones de la Serie Mayamó 137
Tabla 3.2-84: Variaciones de la Serie Mechaico 138
Tabla 3.2-85: Variaciones de la Serie Mocopulli 139
Tabla 3.2-86: Variaciones de la Serie Pachabrán 140
Tabla 3.2-87: Variaciones de la Serie Piruquina 140
Tabla 3.2-88: Variaciones de la Serie Tepuhueico 141
Tabla 3.2-89: Variaciones de Asociación Piuchén de Chiloé 142
Tabla 3.2-90: Terrazas Aluviales y Fluvioglaciales de Chiloé 142
Tabla 3.2-91: Variaciones de Terrazas de Ríos 142
Tabla 3.2-92: Suelos Misceláneos 142
Tabla 3.2-93: Capacidad de Uso 144
Tabla 3.2-94: Categoría de Riego 144
Tabla 3.2-95: Clase de Drenaje 145
Tabla 3.2-96: Aptitud Frutal 145
Tabla 3.2-97: Aptitud Agrícola 146
Tabla 3.2-98: Clase de Erosión 146
Tabla 3.2-99: Variaciones de la Provincia de Palena 147
Tabla 3.2-100: Variaciones de la Provincia de Palena 148
Tabla 3.2-101: Variaciones de la Provincia de Palena 149
Tabla 3.2-102: Variaciones de la Provincia de Palena 150
Tabla 3.4-1: Principales Cuencas y Subcuencas de la Región de Los Lagos 158
Tabla 4.1-1: Estaciones fluviométricas Red DGA, Región de Los Lagos (datum WGS84 18S) 171
Tabla 4.1-2: Disponibilidad de datos (Q_{MM}) en estaciones fluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año, entre 1920 y 1969 173
Tabla 4.1-3: Disponibilidad de datos (Q_{MM}) en estaciones fluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año, entre 1970 y 2017 175
Tabla 4.1-4: Estaciones pluviométricas Red DGA, X Región de Los Lagos (datum de coordenadas: WGS84 H18S) 177
Tabla 4.1-5: Disponibilidad de datos en estaciones pluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año 179
Tabla 4.3-1: Caracterización global sistemas APR, X Región de Los Lagos 185
Tabla 4.3-2: Sistemas APR concentrados y Semi Concentrados, X Región de Los Lagos 185
Tabla 4.3-3 Demanda de Agua Potable Rural (año base 2015) por Subcuencas Región de Los Lagos 189
Tabla 4.3-4 Demanda de Agua Potable Rural (año base 2015) por Cuencas Región de Los Lagos 189
Tabla 4.4-1: Resultados de Potencia y Energía de Generación Eólica, Según Altura del Rotor (localidad de Fresia / turbina Enair 70 / 1 generador) 199
Tabla 4.4-2: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de la Cuenca Río Bueno, Región de Los Lagos 203

Tabla 4.4-3: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo, Región de Los Lagos 204
Tabla 4.4-4: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de Cuenca Islas Chiloé y Circundantes, Región de Los Lagos 205
Tabla 4.4-5: Potencia Bruta (MW) Centrales Eólicas en Operación, Construcción, Calificación y Aprobadas, X Región de Los Lagos 206
Tabla 4.4-6: Potencia Bruta (MW) Centrales Minihidro de Pasada en Operación, Calificación y Aprobadas, X Región de Los Lagos 207
Tabla 4.4-7: Proyectos de riego con componente ERNC bonificados vía Ley 18.450 al año 2017 – X Región de Los Lagos 208
Tabla 5.1-1: Uso del Suelo provincia de Osorno 216
Tabla 5.1-2: Uso del Suelo provincia de Llanquihue 217
Tabla 5.1-3: Uso del Suelo provincia de Chiloé 217
Tabla 5.1-4: Uso del Suelo provincia de Palena 218
Tabla 5.2-1: Superficie de Riego, Provincia de Osorno 219
Tabla 5.2-2: Superficie de Riego, Provincia de Llanquihue 219
Tabla 5.2-3: Superficie de Riego, Provincia de Chiloé 220
Tabla 5.2-4: Superficie de Riego, Provincia de Palena 220
Tabla 5.3-1: Existencia de Ganado, provincia de Osorno 221
Tabla 5.3-2: Existencia de Ganado, provincia de Llanquihue 221
Tabla 5.3-3: Existencia de Ganado, provincia de Chiloé 221
Tabla 5.3-4: Existencia de Ganado, provincia de Palena 222
Tabla 5.3-5: Cultivos Anuales, provincia de Osorno 222
Tabla 5.3-6: Cultivos Anuales, provincia de Llanquihue 223
Tabla 5.3-7: Cultivos Anuales, provincia de Chiloé 223
Tabla 5.3-8: Cultivos Anuales, provincia de Palena 224
Tabla 5.3-9: Cultivos Industriales, provincia de Osorno 225
Tabla 5.3-10: Frutales, provincia de Osorno 225
Tabla 5.3-11: Frutales, provincia de Llanquihue 226
Tabla 5.3-12: Frutales, provincia de Chiloé 226
Tabla 5.3-13: Frutales, provincia de Palena 226
Tabla 5.3-14: Superficie de Hortalizas, provincia de Osorno 227
Tabla 5.3-15: Superficie de Hortalizas, provincia de Llanquihue 228
Tabla 5.3-16: Superficie de Hortalizas, provincia de Chiloé 228
Tabla 7.2-1 Estaciones Gravimétricas Medidas 256
Tabla 7.2-2 Bases Gravimétricas Locales y Absoluta (-10) 256
Tabla 7.2-3 Mediciones GPSD de Estaciones Gravimétricas 257
Tabla 7.2-4 Bases Topográficas Auxiliares y Absoluta (Cuvi) 258
Tabla 7.2-5 Parámetros de mediciones TEM 274
Tabla 7.2-6 Coordenadas y Cotas Estaciones TEM, Datum WGS 84.UTM 18S 275
Tabla 7.2-7 Interpretación Geoléctrica 291
Tabla 7.3-1 Norma Nch 1333 of 78, Uso Riego 308
Tabla 8.1-1: Estaciones pluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de precipitaciones mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S) 311

Tabla 8.1-2: Caudales Medios Anuales, se incluyen años rellenados. 315
Tabla 8.1-3: Precipitaciones Anuales - Relleno con Módulos Pluviométricos (mm) 315
Tabla 8.1-4: Correlaciones de precipitación anual entre estaciones (mejores resultados) 316
Tabla 8.1-5: Precipitaciones Anuales - Datos Extendidos (mm) 319
Tabla 8.1-6: Precipitaciones Mensuales - Estación Maullín (mm) 323
Tabla 8.1-7: Precipitaciones Anuales - Estación Puerto Montt (mm) 323
Tabla 8.1-8: Precipitaciones Mensuales - Estación Purranque (mm) 324
Tabla 8.1-9: Precipitaciones Mensuales - Estación Frutillar (mm) 324
Tabla 8.1-10: Precipitaciones Mensuales - Estación Fresia (mm) 325
Tabla 8.1-11: Precipitaciones Mensuales - Estación Rupanco (mm) 325
Tabla 8.1-12: Precipitaciones Mensuales - Estación Adolfo Matthei (mm) 326
Tabla 8.1-13: Precipitaciones Mensuales - Estación Trinidad (mm) 326
Tabla 8.1-14: Precipitaciones Mensuales - Estación Quemchi (mm) 327
Tabla 8.1-15: Precipitaciones Mensuales - Estación Castro (mm) 327
Tabla 8.1-16: Precipitaciones Mensuales - Estación Ancud (mm) 328
Tabla 8.1-17: Precipitaciones Mensuales - Estación Chepu (mm) 328
Tabla 8.1-18: Precipitaciones Mensuales - Estación Cucao (mm) 329
Tabla 8.1-19: Precipitaciones Mensuales - Estación Lago Espolón (mm) 329
Tabla 8.1-20: Precipitaciones Mensuales - Estación Palena (mm) 330
Tabla 8.1-21: Análisis de distribución de frecuencia - precipitaciones anuales (mm) en estaciones seleccionadas 331
Tabla 8.1-22: Precipitaciones máximas (mm) en 24 horas para T = 10 años - estaciones pluviométricas seleccionadas 337
Tabla 8.1-23: Estaciones fluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de caudales medios mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S) 340
Tabla 8.1-24: Pares de estaciones para relleno por módulos fluviométricos. 343
Tabla 8.1-25: Caudales Medios Anuales, se incluyen años rellenados. 343
Tabla 8.1-26: Correlaciones de caudal medio anual entre estaciones (mejores resultados) 344
Tabla 8.1-27: Caudales Medios Anuales - Datos Extendidos (m3/s) 347
Tabla 8.1-28: QMM Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco (m3/s) 349
Tabla 8.1-29: QMM Río Coihueco antes junta Pichicope (m3/s) 349
Tabla 8.1-30: QMM Río Negro en Chahuilco (m^3/s) 350
Tabla 8.1-31: QMM Río Damas en Tacamo (m^3/s) 350
Tabla 8.1-32: QMM Río Forrahue en Aromos (m^3/s) 351
Tabla 8.1-33: QMM Río Rahue en Forrahue (m^3/s) 351
Tabla 8.1-34: QMM Río Negro en Las Lomas (m^3/s) 352
Tabla 8.1-35: QMM Río Vilcún en Bel-ben (m^3/s) 352
Tabla 8.1-36: QMM Río Grande en San Pedro (m^3/s) 353
Tabla 8.1-37: Caudal Medio Anual - Resultado Final (m^3/s) 353
Tabla 8.1-38: Análisis de distribución de frecuencia - Caudales Medios Anuales (m^3/s) 356
Tabla 8.1-39: Cuencas a utilizar en la validación de los métodos Escorrentía-Precipitación 366
Tabla 8.1-40: Parámetros utilizados en la aplicación de los métodos 366
Tabla 8.1-41: Resumen y Comparación Estadística - Caudales Medios Mensuales (m^3/s) 367
Tabla 8.1-42: Predios para ejemplo aplicación método de Turc 370

Tabla 8.1-43: Predios para ejemplo aplicación método de Turc 372
Tabla 8.1-44: Caudales Medios Mensuales Predio 165 373
Tabla 8.1-45: Caudales Medios Mensuales Predio 213 374
Tabla 8.1-46: Caudales Medios Mensuales Predio 302 375
Tabla 8.1-47: Factores de Frecuencia Coef. de Escorrentía - Los Lagos 379
Tabla 8.1-48: Factores de Frecuencia Coef. de Escorrentía - Los Lagos 381
Tabla 8.1-49: Curva de Frecuencia Caudales Medios Diarios Máximos Zona Homógenea Xp 382
Tabla 8.1-50: Coeficientes de Distribución para el Hidrograma Unitario Sintético 384
Tabla 8.1-51: Características cuencas 385
Tabla 8.1-52: Parámetros principales de cada cuenca 385
Tabla 8.1-53: Caudales máximos instantáneos por método 386
Tabla 8.1-54: Caudales máximos instantáneos - Fórmula Racional 387
Tabla 8.2-1: Norma Nch 1333 of 74 (Agua para Riego) 389
Tabla 8.2-2: Estaciones DGA de Calidad de Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 390
Tabla 8.2-3: Estaciones DGA calidad aguas superficiales con concentraciones de Hg de 0,01 y 0,05 mg/l y cuencas y subcuencas asociadas - X Región de Los Lagos 400
Tabla 8.2-4: Estaciones DGA calidad aguas superficiales que cumplen límite %Na NCh1333 y cuencas y subcuencas asociadas - X Región de Los Lagos 401
Tabla 8.2-5: Las dos estaciones DGA calidad aguas superficiales con rango intercualtil más elevado por sobre límite normado %Na - X Región de Los Lagos 402
Tabla 8.3-1 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas 410
Tabla 8.3-2 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas (l/s) 410
Tabla 8.3-3 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (a Dic. de 2017) Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas 411
Tabla 8.3-4 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (a Dic. de 2017) Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas (l/s) 411
Tabla 8.3-5 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en la X Región 412
Tabla 8.3-6 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos (l/s) 412
Tabla 8.3-7 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite 413
Tabla 8.3-8 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (l/s) 413
Tabla 8.3-9 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Chiloé 415
Tabla 8.3-10 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Chiloé (l/s) 415
Tabla 8.3-11 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Chiloé 416
Tabla 8.3-12 Caudal de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Chiloé 416
Tabla 8.3-13 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Llanquihue 417
Tabla 8.3-14 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Llanquihue (l/s) 418
Tabla 8.3-15 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Llanquihue 418
Tabla 8.3-16 Caudal de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Llanquihue (l/s) 419
Tabla 8.3-17 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Osorno 420
Tabla 8.3-18 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Osorno 420

Tabla 8.3-19 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Osorno 421
Tabla 8.3-20 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Osorno (l/s) 421
Tabla 8.3-21 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Palena 422
Tabla 8.3-22 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Palena (l/s) 423
Tabla 8.3-23 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Palena 423
Tabla 8.3-24 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Palena 424
Tabla 8.3-25 Características de Zonas de Reserva de Caudales para Circunstancias Excepcionales y de Interés Nacional 428
Tabla 8.3-26 Características de Zonas de Reserva de Caudales para Abastecimiento. 428
Tabla 9.2-1: Resumen de Derechos Constituidos 433
Tabla 9.7-1: Estaciones de Monitoreo de Calidad Química del Agua Subterránea 437
Tabla 10.1-1: Resumen Análisis de Transmisividad 442
Tabla 10.1-2: Resumen Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas 444
Tabla 10.1-3: Resumen Análisis de Freáticos 445
Tabla 10.1-4: Resumen Análisis de Derechos de Aguas 447

FIGURAS

Figura 1.1-1: Nivel de estrés hídrico por países a 2040, bajo escenario "Business-As-Usual" (WRI, 2015) 17
Figura 1.1-2: Situación actual zonas de restricción y prohibición para la constitución de nuevos derechos de aguas subterráneas 20
Figura 1.3-1: Área de estudio, X Región de Los Lagos - Límite regional y provincial 24
Figura 3.1-1: Distritos Agroclimáticos Región de Los Lagos 61
Figura 3.1-2: Atlas agroclimático Región de Los Ríos y Los Lagos 63
Figura 3.1-3: Suelos de la Región de Los Lagos 66
Figura 3.1-4: Suelos de Palena 67
Figura 3.1-5: Cartografía del SIIR CNR 71
Figura 3.1-6: Cartografía Original del SIG CNR 72
Figura 3.1-7: Catastro Frutícola Región de Los Lagos 73
Figura 3.1-8: Catastro Predial Región de Los Lagos 74
Figura 3.1-9: Importaciones de Papas 76
Figura 3.1-10: Zonas Homogéneas Agrícolas Región de Los Lagos 79
Figura 3.4-1: Formato Ficha de Catastro 161
Figura 3.4-2: Evolución Nivel Estático Puerto Montt v/s Precipitación Media 168
Figura 4.3-1: Distribución sistemas APR, Región de Los Lagos, entre límite regional norte y Pargua 186
Figura 4.3-2: Distribución sistemas APR, Región de Los Lagos, entre Ancud y límite regional sur 187
Figura 4.3-3: Demanda Agua Potable Rural en la Región de Los Lagos 190
Figura 4.4-1: Mapa de Radiación Global Horizontal (kWh/m^2/día), Región de Los Lagos 194
Figura 4.4-2: Relación entre Nivel Vertical y Dimensiones Típicas de Aerogeneradores 196
Figura 4.4-3: Mapa Velocidad del Viento para Simulación a 26 m de Elevación sobre la Línea de Terreno 197
Figura 4.4-4: Mapa Velocidad del Viento para Simulación a 16 m de Elevación sobre la Línea de Terreno 198

Figura 4.4-5 Sistema Capta Hydro 201
Figura 4.4-6 Sistema Turbulent Hydro 201
Figura 4.4-7 Sistema ER Híbridos 202
Figura 4.4-8 Figura Guía de Conexión de Proyectos ERNC 211
Figura 5.4-1: Distribución de predios menores de 12 HRB en Osorno y Llanquihue 232
Figura 5.4-2: Distribución de predios menores de 12 HRB en Chiloé 233
Figura 5.4-3: Distribución de predios menores de 12 HRB en Palena 234
Figura 7.1-1 Ubicación 127 Sectores de Riego Escogidos 249
Figura 7.2-1 Estaciones Gravimétricas en la Región de Los Lagos, Sectores Continental e Isla de Chiloé. Vista al Este 253
Figura 7.2-2 Mediciones GPSD 259
Figura 7.2-3 Mediciones GPSD 260
Figura 7.2-4 Relieve Topográfico SRTM-90 para la Corrección Topográfica 262
Figura 7.2-5 Mapa Puntos Control Profundidad Basamento, sobre Relieve SRTM90, Sectores Continente (izquierda) e Isla Chiloé (derecha) 266
Figura 7.2-6 Mapa de Bouguer Residual Observado (izquierda) y Calculado (derecha). Sector Continente, Región de Los Lagos. 268
Figura 7.2-7 Mapa de Bouguer Residual Observado (izquierda) y Calculado (derecha). Sector Isla de Chiloé, Región de Los Lagos. 269
Figura 7.2-8 Profundidad del Basamento Sector Continental 271
Figura 7.2-9 Profundidad del Basamento Sector Chiloé 272
Figura 7.2-10 Perfil Longitudinal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 299
Figura 7.2-11 Perfil Transversal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 300
Figura 7.2-12 Perfil Transversal 2, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 301
Figura 7.2-13 Perfil Transversal 3, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 302
Figura 7.2-14 Perfil Transversal 4, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 303
Figura 7.2-15 Perfil Transversal 5, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 304
Figura 7.2-16 Perfil Longitudinal 2, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 305
Figura 7.2-17 Perfil Transversal 6, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 306
Figura 7.2-18 Perfil Transversal 7, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas 307
Figura 8.1-1 Estaciones Pluviométricas 312
Figura 8.1-2: Correlaciones entre Estaciones 317
Figura 8.1-3: Correlaciones entre Estaciones (cont.) 318
Figura 8.1-4: Curvas Doble-Acumuladas 320
Figura 8.1-5 Curvas de Variación Estacional 333
Figura 8.1-6 Curvas de Variación Estacional (cont.) 334
Figura 8.1-7 Curvas de Variación Estacional (cont.) 335
Figura 8.1-8: Correlaciones para extensión de estadística anual 345
Figura 8.1-9: Correlaciones para extensión de estadística anual (cont.) 345
Figura 8.1-10: Curvas Doble Acumulada 354
Figura 8.1-11: Curvas Doble Acumulada (cont.) 355
Figura 8.1-12: CVE Río Coihueco antes junta Pichicope 358
Figura 8.1-13: CVE Río Damas en Tacamo 358
Figura 8.1-14: CVE Río Forrahue en Aromos 358

Figura 8.1-15: CVE Río Grande en San Pedro 359
Figura 8.1-16: CVE Río Negro en Chahuilco 359
Figura 8.1-17: CVE Río Negro en Las Lomas 359
Figura 8.1-18: CVE Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco 360
Figura 8.1-19: CVE Río Rahue en Forrahue 360
Figura 8.1-20: CVE Río Vilcún en Bel-ben 360
Figura 8.1-21: Cuencas utilizadas para validación métodos Turc y Peñuelas 365
Figura 8.1-22: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Damas en Tacamo 368
Figura 8.1-23: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Forrahue en Aromos 368
Figura 8.1-24: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Negro en Las Lomas 369
Figura 8.1-25: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Vilcún en Bel-ben 369
Figura 8.1-26: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 165 370
Figura 8.1-27: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 213 371
Figura 8.1-28: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 302 371
Figura 8.1-29: Curvas de Variación Estacional Predio 165 373
Figura 8.1-30: Curvas de Variación Estacional Predio 213 374
Figura 8.1-31: Curvas de Variación Estacional Predio 302 375
Figura 8.2-1: Gráficos *boxplot* concentración As, Pb y Cu - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 391
Figura 8.2-2: Gráficos *boxplot* concentración Mo, Cr y Hg - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 392
Figura 8.2-3: Gráficos *boxplot* concentración Zn, Cl y SO_4 - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 393
Figura 8.2-4: Gráficos *boxplot* concentración B, Cd y Fe - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 394
Figura 8.2-5: Gráficos *boxplot* concentración Mn, Ni y Al - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 395
Figura 8.2-6: Gráficos *boxplot* concentración Co, Ag y Se disuelto - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 396
Figura 8.2-7: Gráficos *boxplot* concentración %Na y pH - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 397
Figura 8.2-8: Gráficos *boxplot* de Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 398
Figura 8.2-9: Gráficos *boxplot* concentraciones de Fe y Mn - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 404
Figura 8.2-10: Gráficos *boxplot* concentraciones de Cl y Fl - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 405
Figura 8.2-11: Gráficos *boxplot* concentraciones de Zn y SO_4 - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 406
Figura 8.2-12: Gráficos *boxplot* de pH y concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT) - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 407
Figura 8.2-13: Gráfico *boxplot* de Conductividad Eléctrica (CE) - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos 408

Figura 8.3-1 Distribución Porcentual de Caudales Constituidos y en Trámite (Dic. 2017) para la X Región de Los Lagos 414
Figura 8.3-2 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Chiloé 417
Figura 8.3-3 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Llanquihue 419
Figura 8.3-4 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Osorno 422
Figura 8.3-5 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Palena 424
Figura 8.3-6 Distribución Porcentual de Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos por Provincias de la X Región 425
Figura 8.3-7 Distribución Porcentual de Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) por Provincias de la X Región 425
Figura 8.3-8 Delimitación de áreas con reserva de caudales para abastecimiento y para circunstancias excepcionales y de interés nacional 427
Figura 9.7-1 Estaciones de Calidad de Aguas Subterráneas 438
Figura 10.1-1 Transmisividad en pozos existentes 443
Figura 10.1-2 Profundidad de la napa 446
Figura 10.1-3 Caudales de explotación 448
Figura 10.1-4 Áreas Homogéneas Subterráneas 451
Figura 10.2-1 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector de Osorno 453
Figura 10.2-2 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector Puerto Montt 454
Figura 10.2-3 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector Isla de Chiloé 455
Figura 10.2-4 Derechos de aguas superficiales 456
Figura 10.2-5 Derechos de aguas superficiales en Isla de Chiloé 457
Figura 10.2-6 Delimitación de áreas con reserva de caudales para abastecimiento y para circunstancias excepcionales y de interés nacional 459

ANEXOS

Anexo 4-1 Estadísticas Fluviométricas Originales
Anexo 4-2 Estadísticas Pluviométricas Originales
Anexo 4-3 Derechos de Aguas Subterráneas (a Diciembre de 2017)
Anexo 7-1 Informe Gravimetría
Anexo 7-2 Informe Transiente Electromagnético
Anexo 7-3 Perfiles Geotécnicos
Anexo 8-1 Pluviometría
Anexo 8-2 Análisis de Frecuencia Precipitaciones Mensuales y Anuales
Anexo 8-3 Análisis de Frecuencia Precipitaciones Máximas en 24 Horas
Anexo 8-4 Fluviometría
Anexo 8-5 Análisis de Frecuencia Caudales Mensuales y Anuales
Anexo 8-6 Datos Calidad de Agua Superficial DGA

Anexo 8-7	Datos Calidad de Agua Superficial Sanitarias
Anexo 8-8	Derechos de Aguas Superficiales Con Errores en Coordenadas
Anexo 8-9	Derechos de Aguas Superficiales
Anexo 8-10	Validación de Métodos de Generación Caudales Medios
Anexo 8-11	Aplicación de Métodos de Generación Caudales Medios
Anexo 8-12	Aplicación de Métodos de Cálculo Caudales Máximos
Anexo 9-1	Catastro de Pozos
Anexo 9-2	Derechos de Aguas Subterráneos Constituidos
Anexo 9-3	Derechos de Aguas Subterráneos en Trámite
Anexo 9-4	Informes de Construcción de Pozos Perfomaq y Planos de Pozos
Anexo 9-5	Parámetros Hidrogeológicos
Anexo 9-6	Datos Calidad de Agua Subterránea
Anexo 13-1	Listado Sector y Predios Los Lagos
Anexo 13-2	Listado Predios PDTI Los Lagos
Anexo 13-2	Listado Predios Manejados por Mujeres Los Lagos
Anexo 14.1-1	Formato Encuesta Simple Los Lagos
Anexo 14.1-2	Listado Encuesta Los Lagos
Anexo 14.2-1	Estudio General de Mercado
Anexo 15.1-1	Listado de Encuestas y Aceptación de Proyectos
Anexo 16.1-1	Encuestas Procesadas
Anexo 16.3-1	Encuestas Idas a Terreno
Anexo 16.4-2	Matriz de Priorización de Proyectos
Anexo 16.5-1	Monografías de los PRs Construidos
Anexo 16.5-2	Certificados Calibración
Anexo 16.5-3	Coordenadas y Cotas de Pr´s y Puntos Topográficos
Anexo 16.6-1	Cálculos y Resultados de los 100 Proyectos
Anexo 16.6-2	Cotizaciones de Bombas, Tuberías y Pozos
Anexo 16.8-1	Carpetas de Derechos de Agua (46 proyectos superficiales)
Anexo 16.8-2	Ingresos de Solicitudes a la Gobernación
Anexo 16.9-1	Análisis de Calidad de Aguas Superficiales
Anexo 16.9-2	Calidad de Aguas Subterráneas
Anexo 17-1	Base de Datos Invitados Actividad de Lanzamiento
Anexo 17-2	Lista de Asistencia Lanzamiento 12.12.17
Anexo 17-3	Presentación Lanzamiento 12.12.17
Anexo 17-4	Audio Lanzamiento 12.12.17 (digital)
Anexo 17-5	Lista de Asistencia Lanzamiento 11.1.18
Anexo 17-6	Audio Lanzamiento 11.1.18 (digital)
Anexo 17-7	Sistematización Lanzamiento 12.12.17
Anexo 17-8	Sistematización Lanzamiento 11.1.18
Anexo 17-9	Pauta Entrevistas Actores Institucionales
Anexo 17-10	Pauta Entrevistas Actores Privados
Anexo 17-11	Fichas de Identificación de Entrevistados
Anexo 17-12	Matriz de Síntesis de Entrevistas
Anexo 17-13	Audios de Entrevistas

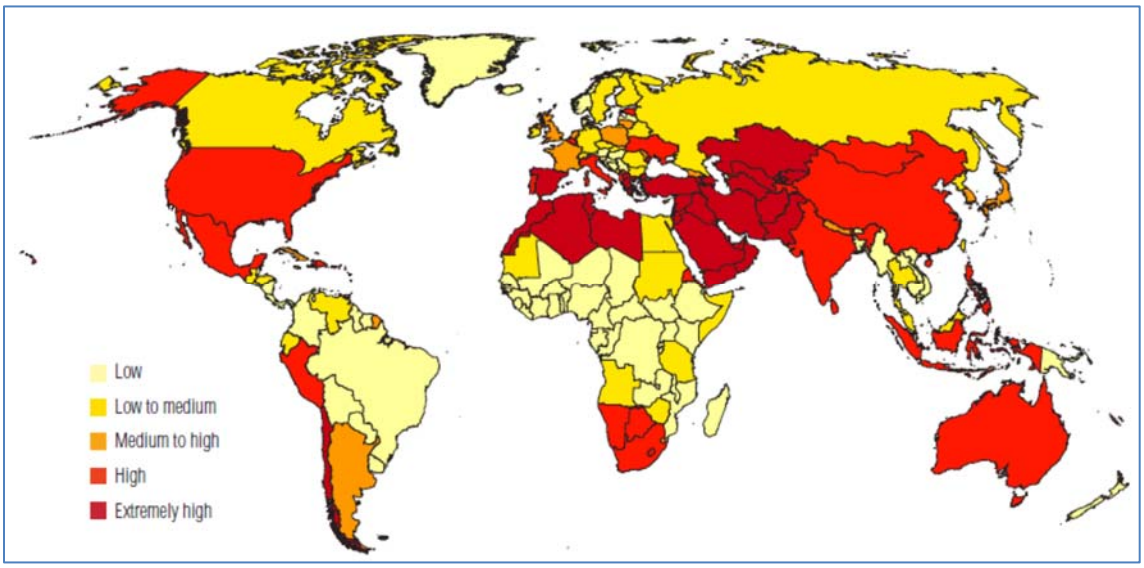
Anexo 17-14	Base de Datos Actualizada
Anexo 17-15	Presentación PAC 29 al 31 de Mayo de 2018
Anexo 17-16	Tarjetón de Invitación 29 de Mayo
Anexo 17-17	Tarjetón de Invitación 30 de Mayo
Anexo 17-18	Tarjetón de Invitación 31 de Mayo
Anexo 17-19	Lista Asistencia PAC Osorno
Anexo 17-20	Lista Asistencia PAC Castro
Anexo 17-21	Lista Asistencia PAC Puerto Montt
Anexo 17-22	Sistematización PAC Osorno
Anexo 17-23	Sistematización PAC Castro
Anexo 17-24	Sistematización PAC Puerto Montt
Anexo 17-25	Evaluación PAC Osorno
Anexo 17-26	Evaluación PAC Castro
Anexo 17-27	Evaluación PAC Puerto Montt
Anexo 17-28	Nómina Reunión CRR (11/12/19)
Anexo 17-29	Presentación Charla CRR

1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ÁREA DE ESTUDIO

1.1. Introducción

En el año 2015, el World Resources Institute (WRI), en la nota técnica "Aqueduct Projected Water Stress Country Rankings", estimó para Chile la posición que le correspondía a nivel mundial dentro del ranking de los países con mayor estrés hídrico al año 2040, obteniendo como resultado el lugar #24 -de 161 países rankeados-, y el #1 dentro de Sudamérica.

Figura 1.1-1: Nivel de estrés hídrico por países a 2040, bajo escenario "Business-As-Usual" (WRI, 2015)



Sin buscar un juicio crítico respecto de la metodología utilizada por dicho trabajo ni del nivel de veracidad de sus proyecciones, la señal que éste entrega -respecto del déficit hídrico en su relación oferta vs demanda- es coherente con los datos que se manejan a nivel nacional. Tal es el caso de la zona sur de Chile, la cual, como lo establecen las Bases Técnicas del presente estudio, se encuentra experimentando una tendencia significativa hacia la disminución de las precipitaciones, especialmente en los meses de primavera y verano, afectando los resultados de la actividad agrícola local (praderas y cultivos), tanto en su cantidad como calidad.

En el específico de la región de Los Lagos, dado el déficit de precipitación estival, la zona fue declarada en Emergencia Agrícola por el Ministerio de Agricultura en marzo de 2015, situación similar a febrero de 2008 y junio de 2014.

Como resulta lógico pensar, la situación que afecta a la actividad agrícola y pecuaria puede revertirse mediante proyectos que provean capacidad de riego cuando las precipitaciones no son suficientes para ello. Aprovechar de forma sustentable las fuentes de agua aún disponibles (en términos físicos y legales) para tales efectos, se considera como parte importante de la respuesta, la que no sólo debe incorporar la componente tecnológica, sino que también todos aquellos aspectos de gestión, planificación, administrativos y legales.

Ahora bien, en términos de la disponibilidad legal de derechos de agua superficiales y subterráneos, el panorama regional es como sigue (ver también Tabla 1.1-1 y Tabla 1.1-2):

- Sobre derechos de agua superficiales: su disponibilidad para uso consuntivo es baja a mínima, debido a que buena parte de los volúmenes disponibles se encuentran solicitados para los efectos de proyectos hidroeléctricos en cartera (uso no consuntivo). En efecto, la X Región de Los Lagos es la segunda a nivel nacional con más derechos de uso no consuntivo constituidos (solo debajo de la IX Región).

- Sobre derechos de aguas subterráneas: la región no cuenta con zonas de restricción ni prohibición para la constitución de nuevos derechos para estas aguas.

Tabla 1.1-1: Total de derechos de agua según su naturaleza y tipo de derecho Región de Los Lagos (DGA-MOP)

TIPO DE DERECHO	NATURALEZA DEL AGUA	CANTIDAD	% PARCIAL	% TOTAL
CONSUNTIVO	Subterránea	2.571	29,9%	23,4%
	Superficial	36	0,4%	0,3%
	Superficial corrientes/detenidas	9	0,1%	0,1%
	Superficial y corriente	5.898	68,6%	53,7%
	Superficial y detenida	85	1,0%	0,8%
	(en blanco)	1	0,0%	0,0%
TOTAL CONSUNTIVO		**8.600**	**100,0%**	**78,3%**
NO CONSUNTIVO	Subterránea	2	0,1%	0,0%
	Superficial	1	0,0%	0,0%

TIPO DE DERECHO	NATURALEZA DEL AGUA	CANTIDAD	% PARCIAL	% TOTAL
	Superficial corrientes/detenidas	3	0,1%	0,0%
	Superficial y corriente	2.333	98,1%	21,2%
	Superficial y detenida	40	1,7%	0,4%
TOTAL NO CONSUNTIVO		**2.379**	**100,0%**	**21,7%**
TOTAL		**10.979**	--	**100,0%**

Ref.: Términos de Referencia – DGA, MOP

Tabla 1.1-2: Caudales anuales promedio de agua subterránea según tipo de uso (DGA-MOP)

USO DEL AGUA	CANTIDAD (l/s)	%
Bebida/uso doméstico/saneamiento	10.641	19,94%
Energía hidroeléctrica	20	0,04%
Otros usos	1.074	2,01%
Para observación y análisis	2	0,00%
Piscicultura	1.795	3,36%
Riego	4.136	7,75%
Uso industrial	644	1,21%
Uso minero	30	0,06%
(en blanco)	35.029	65,63%
TOTAL	**53.371**	**100,0%**

Ref.: Términos de Referencia – DGA, MOP

Por lo tanto, se aprecia en el uso sustentable de fuentes hídricas subterráneas una oportunidad de desarrollo para la generación de proyectos de riego, considerando las siguientes ventajas:

- ✓ La región se encuentra sin zonas de restricción y/o prohibición para la constitución de nuevos derechos de aguas subterráneas (ver Figura 1.1-2).

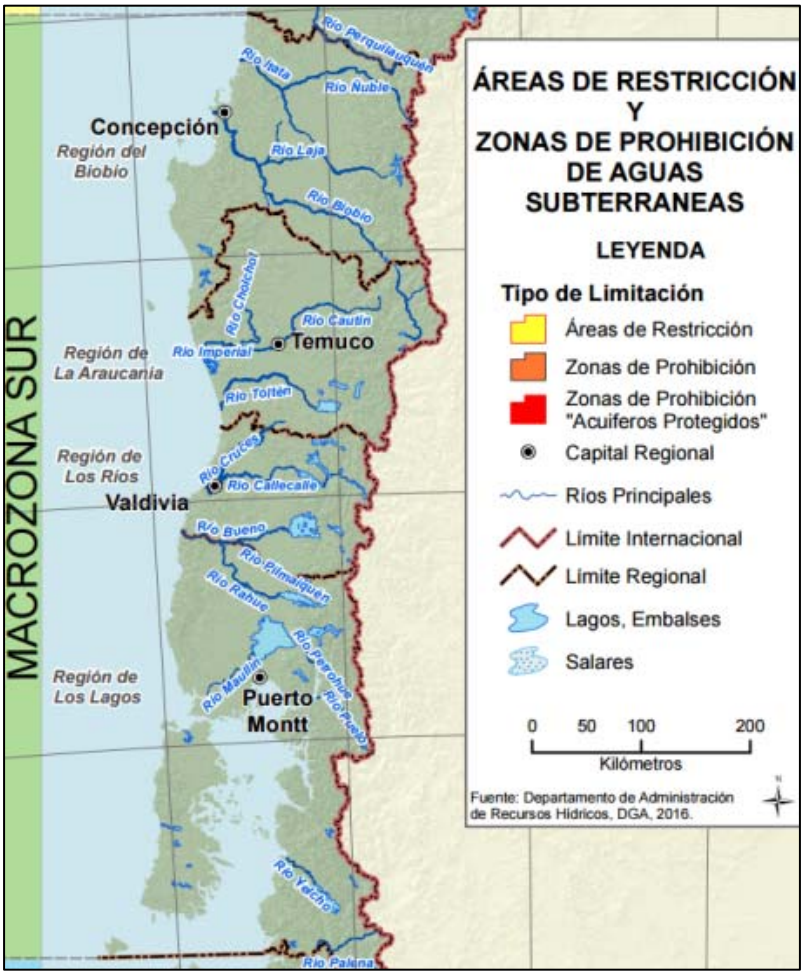
- ✓ Si bien la Tabla 1.1-2 indica un caudal de uso en riego de tan solo 4,14 m^3/s, es posible aventurar que el valor real atribuible a dicho uso es mayor, si se considera el caudal *"en blanco"* de más de 35 m^3/s, de los cuales la mayoría deben ejercerse en actividades asociadas al riego.

- ✓ Menor costo de inversión en obras civiles, respecto de la infraestructura usual que se considera en el manejo y operación de aguas superficiales (embalses, canales, etc.).

- ✓ Mayor seguridad de riego.

- ✓ Mayor facilidad de operación y mantención.

Figura 1.1-2: Situación actual zonas de restricción y prohibición para la constitución de nuevos derechos de aguas subterráneas



Ref.: DGA, MOP

No obstante, las bondades señaladas, una de las mayores limitantes de los proyectos de riego con aguas subterráneas es el alto costo de operación de los equipos de bombeo, que en

muchos rubros sobre todo en los pequeños agricultores, hacen inviable la actividad agrícola, sobre todo por el costo del consumo energético.

Por lo anterior, una de las alternativas para afrontar los altos costos de operación que significan bombear agua subterránea y aplicarla a los cultivos, es la utilización de energía renovable no convencional (ERNC), específicamente la solar o eólica, que, si bien tiene un relativo alto costo de inversión inicial, sus costos de operación y mantención son menores en comparación a los sistemas que usan energía convencional del sistema eléctrico, y el costo de la inversión inicial se recupera en un menor tiempo.

En este contexto, los resultados del presente estudio se plantean como una herramienta para contribuir al mejoramiento de las condiciones agroproductivas de pequeños productores de la región (que representan –según Censo Agropecuario 2007– el 83% de los 27.840 existentes en la región, y un 14% en términos de superficie agrícola), a través del levantamiento de perfiles de proyectos de riego enfocados a un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, integrando la componente ERNC.

1.2. Objetivos del Estudio

1.2.1. Objetivo General

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

1.2.2. Objetivos Específicos

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

a) Efectuar una caracterización general de la región en cuanto a recursos naturales para riego agrícola, todo ello a través de:

- La recopilación de los antecedentes necesarios y que se encuentren disponibles en fuentes de información secundaria de factura reciente y/o actualizada (estudios anteriores, planes, bases de datos, plataformas de información web, etc.).

- La ejecución de un catastro de pozos existentes, con el fin de recabar la mayor cantidad de información de terreno posible, en atención a la caracterización hidrogeológica de la zona de interés.

- El mapeo de las captaciones superficiales existentes y la identificación de la disponibilidad de aguas superficiales.

b) Realizar un estudio hidrogeológico e hidrológico de la región a partir de la integración de la información obtenida en gabinete (información secundaria) y la recopilada en terreno, para su posterior ordenamiento, procesamiento y análisis.

c) Ejecutar estudios geofísicos en terreno, cuyos datos irán en apoyo de la caracterización hidrogeológica de la zona de interés. La geofísica considerada incorpora la ejecución de:

- Transientes Electromagnéticos (TEM) o Sondajes Eléctrico Verticales (SEV).

- Gravimetría.

d) Efectuar un estudio hidrológico para las cuencas que se encuentran dentro del área de interés del estudio.

e) Realizar un muestreo y análisis de calidad del agua dentro del área de estudio.

f) Caracterizar la hidrogeología de la zona de interés a través de:

- La determinación de las constantes elásticas de los acuíferos.

- La medición in situ de niveles piezométricos y su correlación con estudios anteriores.

- La estimación de la estratigrafía de los terrenos atravesados por los pozos.

g) Identificar y caracterizar las zonas agrícolas de pequeños agricultores atendidas por INDAP, que tengan factibilidad de utilizar agua subterránea o captaciones superficiales de acuerdo al diagnóstico de los recursos naturales de la zona.

h) Con la información del diagnóstico de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, generar una cartera de pequeños proyectos de riego colectivos a nivel de perfil con fuentes de agua superficial y subterránea, asociada a la identificación de zonas agrícolas, integrando a dichos proyectos la componente ERNC.

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

1.3. Área de Estudio

El área de estudio corresponde a la región de Los Lagos y la cobertura del estudio le pertenece a los territorios agrícolas actuales y potenciales que se determinen a lo largo del desarrollo del presente trabajo. La delimitación administrativa regional y provincial de la Región de Los Lagos se muestra en la Figura 1.3-1.

Figura 1.3-1: Área de estudio, X Región de Los Lagos - Límite regional y provincial



Ref: PGR Los Lagos, CNR, 2017

2. REVISIÓN DE FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

2.1. Generalidades

Se han revisado las principales fuentes de consulta y referencia que están dentro del marco del presente estudio, en atención a los contenidos que se deben desarrollar de acuerdo a sus Bases Técnicas y a los objetivos establecidos.

Por tanto, en lo sucesivo de este capítulo, se listan (en formato de ficha) y analizan de forma crítica, las fuentes documentales que se han considerado, con el fin de dar sustento referencial a la información recabada y considerada útil para el presente estudio.

En términos generales, las fuentes de referencia y consulta corresponden a los siguientes tipos:

- ✓ Estudios, planes y proyectos atingentes a las temáticas que aquí se abordan, con base de información reciente o actualizada.
- ✓ Publicaciones de divulgación técnica, tecnológica o científica aplicables al presente estudio, de factura reciente o actualizada.
- ✓ Plataformas web con información actualizada
- ✓ Bases de datos actualizadas.

Para todos los efectos de la revisión, ella se efectúa, para cada referencia, en los siguientes términos:

- ➢ Ficha bibliográfica: información básica de la fuente bibliográfica.
- ➢ Objetivo de la publicación, fuente documental o plataforma web.

- Conclusiones (si resulta pertinente según el tipo de fuente de información).

- Utilidad del documento para el presente estudio.

Dependiendo del tipo de documento, algunos incluirán los 4 tópicos antes señalados, y otros sólo 3 (sin incluir conclusiones).

Por otro lado, es importante destacar que algunos documentos incluidos en este capítulo y en el de caracterización de recursos naturales, se repiten, debido a que en este último se detalla la utilidad relacionada con el área agronómica, mientras que en el primero se señala la utilidad relacionada con la parte de ingeniería.

2.2. Fichas de bibliografía y análisis crítico

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 1

Titulo	:	Infraestructura de Datos Espaciales – IDE Minagri
Tipo de Documento	:	Sitio web <http://ide.minagri.gob.cl/geoweb/index.php/descargas>
Autor	:	Ministerio de Agricultura (Minagri)
Mandante	:	--
Fecha Edición	:	2016 (base actualizada)

Objetivo de la plataforma:

Poner a disposición capas de información actualizada a 2016 y descargables en formato *shape*, toda de carácter oficial; las capas, organizadas por temáticas atingentes al ámbito del riego, corresponden a: Infraestructura de Riego, Catastro Frutícola, Clima, Suelos (estudio agrológico y erosión nacional), Censo Agropecuario 2007, Mercados Mayoristas (2015), Distritos Censales ODEPA, Localización de Iniciativas Financiadas por la FIA y Recursos Forestales.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Desde el punto de vista del presente estudio, la plataforma en análisis proporciona información útil para trabajo a nivel de base de datos, a introducir en plataforma GIS; considerando aquéllos pertenecientes a la X Región, y que resulten relevantes para los objetivos que se buscan, los datos sirven para conocer la situación actual de la agricultura local, previo ordenamiento, filtrado, organización (agrupación, clasificación, etc.) y análisis de los mismos.

Dado que ciertos datos provienen de fuentes que no cuentan con un grado reciente de actualización (p.ej. Censo Agropecuario 2007), los datos deben ser examinados con juicio crítico a la hora de los análisis y la obtención de resultados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 2

Titulo	:	Observatorio de la Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico
Tipo de Documento	:	Sitio web < http://sit.mop.gov.cl/observatorio/Mapa>
Autor	:	Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Mandante	:	--
Fecha Edición	:	Actualización continua, disponible en web

Objetivo de la plataforma:

Poner a disposición de información cartográfica interactiva (mapa en plataforma SIG) organizada en capas temáticas también descargables en formatos .kmz y .shp (*shapefile*). La información territorial que proporciona el sitio pertenece al ámbito del Ministerio de Obras Públicas, conteniendo el trazado/ubicación de la Red Vial y Caminos MOP, la Red Hidrométrica DGA, Infraestructura de Obras Hidráulicas y Agua Potable Rural, Zonas de Prohibición para Nuevas Explotaciones de Aguas Subterráneas y Superficie con Declaración de Agotamiento de Aguas Superficiales, entre otros.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Para los objetivos del presente estudio, la plataforma proporciona información cartográfica útil, pues permite integrar datos actuales del ámbito agrícola, tanto con los de infraestructura pública existente, como con aspectos relacionados con la disponibilidad de recursos hídricos para su explotación, red hidrométrica (fluviometría, calidad de aguas, sedimentometría, niveles subterráneos, etc.), aspectos presupuestarios y de inversión, etc.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 3

Titulo	:	Explorador de Derechos de Agua No Consuntivos
Tipo de Documento	:	Sitio web <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC/>
Autor	:	Ministerio de Energía – DGA – FCFM U. de Chile
Mandante	:	--
Fecha Edición	:	Actualización continua, disponible en web

Objetivo de la plataforma:

Tal como lo señala el servicio en su página web, éste busca facilitar el análisis de datos referidos a Derechos de Agua No Consuntivos, permitiendo estudiar la distribución espacial de aquéllos constituidos y solicitados mediante la generación de resúmenes de atributos considerados relevantes para la generación hidroeléctrica.

Utilidad del documento para el presente estudio:

En atención a los objetivos del presente estudio, este explorador resulta de especial importancia para el desarrollo de proyectos de generación renovable que involucren sistemas microhidro.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 4

Titulo	:	Explorador de Energías Renovables
Tipo de Documento	:	Sitio web <http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>
Autor	:	Ministerio de Energía – FCFM U. de Chile
Mandante	:	--
Fecha Edición	:	Actualización continua, disponible en web

Objetivo de la plataforma:

El Ministerio de Energía, en trabajo conjunto con la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, dispone de exploradores que, en términos generales, permiten cuantificar recursos para la generación de energía mediante fuentes renovables y estimar el potencial asociado, todo ello con base en datos territoriales.
Para el caso de los objetivos del presente estudio, se revela la utilidad de los siguientes exploradores disponibles:

- Explorador solar < http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>: a través de datos territoriales de radiación solar, permite calcular y dimensionar, a nivel de perfil, sistemas fotovoltaicos y térmicos, como también acceder a las bases de datos y de medición propiamente tales.

- Explorador de energía eólica < http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/>: tal como lo señala el sitio web, éste entrega mapas de viento generados a partir de simulación numérica de alta resolución horizontal y vertical, cuyos resultados se encuentran validados con mediciones in situ. Con la información se pueden dimensionar, a nivel de perfil, sistemas de generación eólica de diversa escala.

Utilidad del documento para el presente estudio:

En atención a los objetivos del presente estudio, los exploradores en comento resultan de especial importancia para el desarrollo de los proyectos de generación renovable que involucren sistemas solares y/o eólicos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 5

Titulo	:	Diagnóstico Situación Legal de las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA) Regiones IX, XIV y X
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Aqua Terrae Consultores Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2013

Objetivo del documento:

Actualizar la información referente a la situación legal de las OUA en las regiones IX, XIV y X, generando un sistema ordenado de datos, dispuesto tanto en planillas Excel como en plataforma SIG, todo ello acompañado del informe descriptivo del trabajo.

Conclusiones del estudio:

Para el específico de la X Región, el estudio concluye que, a 2013, no existen OUA, con base en la revisión de los Registros de Propiedad del Agua, a cargo de los Conservadores de Bienes Raíces locales.

Con ello, la región se caracteriza, a la fecha del estudio, por la existencia de derechos individuales, en cuyo ejercicio, la extracción de las aguas se efectúa directamente desde las fuentes superficiales y subterráneas, sin mediar regulación y/o fiscalización por parte de la institucionalidad competente.

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información que arroja el estudio es a 2013, por lo que se requiere una actualización de la misma. Por otra parte, la existencia e identificación de OUAs, en cualquiera de las formas que establece el Código de Aguas, resulta de importancia para el desarrollo de proyectos –a escala individual o comunitaria– que integren el riego con el uso de energías renovables, quedando además validado, desde el ámbito legal, el ejercicio del derecho involucrado.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 6

Titulo	:	Diagnóstico obras de acumulación agua riego, Los Ríos y Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2012

Objetivo del documento:

Según se señala, el objetivo general del trabajo corresponde a la identificación de sitios de embalse para acumulación estacional, dentro del área de estudio, con el fin de aumentar tanto la seguridad como la superficie de riego, evaluando la posibilidad, además, de otros usos, tal como la generación hidroeléctrica.

Conclusiones del estudio:

Para la X Región, el estudio generó 10 proyectos de acumulación a nivel de perfil, de los cuales:

- Todos ellos quedaron recomendados para seguir a la etapa de prefactibilidad
- Solo 4 de ellos incluyen proyectos de generación micro-hidroeléctrica precalificada como rentable.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El estudio aporta información relevante para todo proyecto que requiera unidades de acumulación, independientemente de la viabilidad de generar energía micro-hidroeléctrica a partir de dicha infraestructura.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 7

Titulo	:	Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la depresión central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Subdirección Nacional de Geología
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2008

Objetivo del documento:

Según se señala, el objetivo general es investigar los recursos de agua subterránea dentro del área de estudio, desde la perspectiva de su distribución, cantidad y calidad, avanzando en el conocimiento del potencial hidrogeológico de la zona, como también de las zonas más expuestas a la contaminación.

Resultados y conclusiones del estudio:

Se generó información geológica y datos de 2.158 captaciones subterráneas, incluyendo antecedentes de la propiedad, ubicación, descripción litológica y estratigráfica, pruebas de bombeo y análisis químicos y fisicoquímicos, entre otros.
El análisis e interpretación de los datos permitieron definir que los acuíferos de alta importancia hidrogeológica se encontrarían en los depósitos fluviales, fluvio-estuarinos y glaciofluviales, compuestos principalmente por gravas y arenas de granulometría gruesa.

La calidad de los acuíferos mencionados es calificada, en términos generales, como excelente; en cuanto a su vulnerabilidad, se establece que los mapas (con vigencia de 5 a 10 años) deben interpretarse con precaución, dada su generalización y extrapolación de datos.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Estudio de información relevante para el cruce de datos hidrogeológicos y de calidad de aguas subterráneas, tanto con la información análoga que se obtenga en terreno (estudios geofísicos, catastro y caracterización de pozos: niveles y análisis químico, cuando

corresponda), como con los proyectos de integración riego + ERNC que se identifican y desarrollan en el presente trabajo, cuando ellos involucren la explotación de recursos hídricos subterráneos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 8

Titulo	:	Mejoramiento y ampliación de red de drenaje de aguas subterráneas, regiones VII a X
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	CONIC BF Ltda.
Mandante	:	Dirección General de Aguas (DGA)
Fecha Edición	:	2010

Objetivo del documento:

Según se señala, el objetivo general es formular una red de medición de aguas subterráneas para la zona comprendida entre los ríos Mataquito (VII Región) y Maullín (X Región), a través de una caracterización hidrogeológica general acompañada análisis de priorización y recomendaciones.

Resultados y conclusiones del estudio:

Como producto del estudio, se entregan planos temáticos confeccionados en SIG, con bases de datos en formato .shp (*shape*).

En lo que respecta a la caracterización hidrogeológica generada, se incluyen los siguientes temas:

- Geología
- Catastro de captaciones
- Definición de acuíferos
- Profundidad de niveles y dirección de escurrimiento

En cuanto a la red de medición de aguas subterráneas propuesta por el estudio, este arrojó un total de 10 pozos de monitoreo para la X Región, los que se distribuyen según los criterios utilizados, que se detallan en el documento.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo aporta con información útil, tanto desde el punto de vista catastral de pozos como de la caracterización hidrogeológica de la zona en estudio. Toda la información referida sirve de antecedente, y para su cruce con la información levantada en el presente estudio, en especial para el desarrollo de proyectos que involucren la explotación de aguas subterráneas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 9

Titulo	:	Diagnóstico para microproyectos de riego en regiones X y XIV
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	H2 Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Fecha Edición	:	2016

Objetivo del documento:

El objetivo del presente estudio fue generar una cartera de proyectos de riego con una inversión de hasta 400 U.F. cada uno, que permita determinar, priorizar y diseñar soluciones que contribuyan a mejorar la gestión del riego para pequeños productores.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Caracterizar los potenciales beneficiarios, por tenencia de tierra, derechos de aguas, tamaño de explotación, tipo de proyecto, ubicación geográfica, desagregados por sexo y otros.

- Levantar e identificar necesidades de mejoramiento de obras ya existentes y/o proposición de nuevas ideas de proyectos individuales y/o colectivos.

- Identificar las barreras y brechas que limitan su desarrollo.

- Establecer priorización de los proyectos de riego a desarrollar.

- Elaborar 100 proyectos de riego (50 proyectos por región), que incluyan los aspectos técnicos y legales, pre-aprobados por CNR, en condiciones de ser postulados a programas especiales de la Ley de Fomento 18.450.

- Construir 2 (dos) Unidades Demostrativas, a modo de Piloto, en el ámbito de las energías renovables no convencionales (ERNC) a partir de los proyectos diseñados, cuyo costo es de menos de 400 UF.

- Desarrollar una propuesta de transferencia tecnológica y seguimiento para la mejor gestión de estos proyectos

Utilidad del documento para el presente estudio:

Este trabajo está aún en revisión para su aprobación final por parte de la CNR. No obstante, una vez aprobado, los proyectos desarrollados en él servirán como una cierta guía para los 100 proyectos que habrá que desarrollar en el presente trabajo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 10

Titulo	:	Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Osorno, región de Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2003

Objetivo del documento:

El objetivo principal del estudio es proveer de una herramienta que permita realizar una mejor planificación para el ordenamiento territorial, de manera de otorgarle la utilidad más adecuada, sin riesgos derivados tanto de fuentes naturales como antrópicas.

Resultados y conclusiones del estudio:

El principal resultado de este estudio es la presentación de información, tanto geológica como hidrogeológica del área de estudio.

La información geológica presentada en este estudio corresponde a la descripción de los depósitos sedimentarios no consolidados, las rocas sedimentarias y las estructuras geológicas del área de estudio.

Se presenta una descripción de los acuíferos del área de estudio, su caracterización hidráulica e hidroquímica, y un análisis de su vulnerabilidad. Además, se describe la contaminación de las aguas superficiales, las rocas y minerales industriales, y los peligros geológicos y problemas para las obras civiles en el área de estudio.

Toda la información de este estudio se entrega como mapas de escala 1:100.000.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis aporta información útil para el conocimiento de aspectos relevantes del área en estudio, tanto geológica como hidrogeológica, además de información de calidad de aguas y vulnerabilidad de los acuíferos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 11

Titulo	:	Estimación Preliminar de las Recargas de Agua subterránea y Determinación de los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en las Cuencas de las Regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH)
Mandante	:	Dirección General de Aguas (DGA)
Fecha Edición	:	Julio 2014

Objetivo del documento:

El objetivo principal de este estudio es delimitar y definir los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común de las cuencas de las regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos que, a la fecha de su realización, no se encontraban estudiadas por el DARH. Además, este estudio busca estimar de forma preliminar y genérica, la recarga de aguas subterráneas asociada a cada uno de los sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común identificados en el presente informe, con el propósito de determinar el potencial de explotación sustentable.

Finalmente, entrega una metodología que permita la determinación de la recarga en aquellas cuencas del país que no están comprendidas en el presente informe, y que no cuenten con estudios de disponibilidad de recurso hídrico subterráneo.

Resultados y conclusiones del estudio:

El principal resultado de este estudio es la determinación preliminar del caudal subterráneo de explotación sustentable, con el fin de avanzar en la resolución de nuevos derechos de aprovechamiento de agua subterránea.

Para ello se realizó una sectorización del área de estudio en 82 sectores hidrogeológicos. A partir de la sectorización, se estimaron las precipitaciones medias anuales para cada sector, en base a la información contenida en el Balance Hídrico de Chile, DGA 1987.

Posteriormente, se estima la recarga de los acuíferos de cada uno de los sectores definidos, mediante la definición de coeficientes de infiltración. Dichos coeficientes han sido determinados en base a las grandes unidades geomorfológicas reconocidas en el país, en particular, para aquellas cuencas localizadas en la zona de la cordillera de Los Andes se determinó la utilización de un coeficiente de infiltración del 1 %, para las cuencas localizadas en la zona de la cordillera de la costa un coeficiente de 2% y para las cuencas del valle central o depresión intermedia un coeficiente de 5%.

Se define como caudal preliminar de explotación sustentable al caudal de recarga estimado para cada uno de los sectores definidos.

Finalmente, en relación a los derechos de agua, se realiza para cada uno de los sectores hidrogeológicos definidos, un análisis del caudal de explotación sustentable y de la demanda comprometida, expresada en derechos de agua otorgados y solicitudes de derechos de agua.

A partir de este análisis, se concluye que para todos los sectores definidos en el área de estudio es posible otorgar nuevos derechos de aguas subterráneas.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El presente trabajo aporta la siguiente información útil.

(i) Sectorización hidrogeológica del área de estudio; (ii) Hidrología, que incluyó la determinación de precipitaciones medias anuales para cada sector hidrogeológico definido; (iii) Estimación de la recarga de los acuíferos correspondientes a los sectores definidos; (iv) Aspectos legales de derechos de agua.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 12

Titulo	:	Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021, Región de Los Lagos.
Tipo de Documento	:	
Autor	:	Dirección Regional de Planeamiento MOP, Región de Los Lagos
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas (MOP)
Fecha Edición	:	2012

Objetivo del documento:

El objetivo general de este trabajo es proveer a la Región de Los Lagos de servicios de infraestructura y de instrumentos de gestión del recurso hídrico, acorde a los aspectos físicos, económicos, sociales y culturales de la región, que respondan eficiente y oportunamente a los requerimientos de la dinámica regional y al desarrollo integral de sus habitantes, contribuyendo así, por parte del Ministerio de Obras Públicas, al objetivo de transformar la región, en un territorio consolidado en términos de competitividad, desarrollo sustentable e integración.

Los objetivos específicos se mencionan a continuación.

- Mejorar la conectividad, fortaleciendo las redes estructurantes para el transporte terrestre, aéreo y marítimo, a cargo del MOP, mediante un adecuado servicio de infraestructura, contribuyendo con ello al desarrollo integral de la región.

- Mantener los estándares de operatividad de la infraestructura regional de responsabilidad del MOP, como una necesidad prioritaria, estableciendo programas permanentes de conservación para cada ámbito de acción del MOP.

- Contribuir a mejorar las condiciones de vida de los habitantes de la región, en aquellas ciudades que presenten déficit de infraestructura en red primaria de evacuación y drenaje de aguas lluvias, en el manejo de cauces o en obras de protección de riberas naturales.

- Contribuir a la protección de la población y de la infraestructura pública, a través de la provisión de obras de defensas fluviales.

- Contribuir a mejorar la calidad de vida de los habitantes de zonas rurales de la región, a través de la provisión de servicios de agua potable rural.

- Contribuir a la integración y al desarrollo socio-económico de aquellos sectores que, por sus condiciones de aislamiento geográfico y/o de soberanía, requieran infraestructura pública, en el ámbito de acción del MOP.

- Contribuir al desarrollo urbano y turístico del entorno, a través de una eficiente provisión del servicio de edificación pública MOP, y la incorporación del arte y/o la puesta en valor del patrimonio arquitectónico regional y local.

- Contribuir al conocimiento, cuidado y resguardo de los recursos hídricos de la región, efectuando una gestión eficiente y sustentable, sobre el uso y control del recurso.

Resultados y conclusiones del estudio:

En el presente documento se presenta un análisis general de la Región de Los Lagos a la fecha de elaboración del informe. Para este análisis se han considerado aspectos territoriales en los ámbitos político - administrativo, físico y ambiental, demográfico y cultural, económico y productivo, y estratégico, y se ha realizado un análisis de los centros poblados de la región.

Se presenta, además, una descripción general de la infraestructura pública, considerando la infraestructura vial, portuaria, aeroportuaria, de obras hidráulicas, de agua potable rural, de edificación pública y patrimonial, y de infraestructura pública concesionada. Con respecto a la gestión del recurso hídrico, se presenta la descripción crítica de la situación actual de dicha gestión, considerando todos los aspectos que la componen.

Finalmente, se presenta la síntesis del plan mediante una cartera detallada de iniciativas programadas para el horizonte 2012 – 2021. Se presenta, además, la propuesta de financiamiento del plan, el modelo de gestión del mismo y su proceso de monitoreo.

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información presentada en este informe que es de utilidad para el presente estudio corresponde a mapas con la Cartera de Iniciativas georreferenciadas a ejecutar en los períodos 2012, 2013 – 2014, 2015 – 2021. Dichos mapas presentan las obras de infraestructura que afectan o son afectadas por la componente hídrica, y que se ejecutarán en los períodos mencionados.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 13

Titulo	:	Estudio Básico, Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego y Drenaje en la Región de Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	H_2 CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego (CNR)
Fecha Edición	:	2017

Objetivo del documento:

El objetivo general del estudio es "Contribuir al uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos para riego en la Región, mediante la implementación de un Plan de Gestión de las aguas de riego y drenaje, diseñado y validado con la participación de los/as usuarios/as y agentes regionales y locales".

Los objetivos específicos del estudio son los que se presentan a continuación.

- Elaborar un diagnóstico de la(s) cuenca(s) hídrica(s) abordadas en el estudio, respecto a la gestión del agua para riego y drenaje, la disponibilidad de infraestructura, aspectos ambientales, institucionales, etc.

- Definir y desarrollar una imagen objetivo, respecto a la gestión del agua de riego y desarrollo agrícola en la(s) cuenca(s) hídrica(s) consideradas.

- Estimar las brechas de la relación línea de base e imagen objetivo.

- Proponer un conjunto de iniciativas de inversión priorizadas, así como formular mejoras institucionales, de gestión, que favorezcan el desarrollo del riego y de la agricultura de la cuenca.

- Validar el Plan de Gestión del Riego a nivel de usuarios, como también a nivel de Comisión Regional de Riego, mesas de agua y/u otras instancias regionales.

- Elaborar un sistema de información geográfico (SIG) donde se muestre el catastro de los proyectos y estudios existentes, además de la cartera de iniciativas del Plan.

Resultados y conclusiones del estudio:

La Comisión Nacional de Riego, requiere de una planificación a mediano plazo, de sus iniciativas de inversión, vale decir estudios básicos, proyectos y programas. Para llevar a cabo dicha planificación se requiere un diagnóstico del estado actual del riego y drenaje en cada región, y, en particular, en la Región de Los Lagos. Este diagnóstico permite establecer una Línea Base, sobre la cual sea posible definir las iniciativas de inversión de la CNR.

En este informe se define la Línea de Base, considerando aspectos tales como: disponibilidad y caracterización de los recursos hídricos, estado de la infraestructura de riego, presencia y situación de las organizaciones de usuarios de aguas, estado de los derechos de aprovechamiento de aguas, calidad de las aguas, caracterización de la producción

agropecuaria y perspectivas de desarrollo, niveles de tecnologías aplicados, aspectos ambientales relevantes y las carteras de inversión vinculadas al riego vigentes en el territorio.

A partir de la Línea Base, se elaboró una Imagen Objetivo del Territorio, considerando criterios de desarrollo, la situación tendencial y la situación futura con un plan, junto con las distintas visiones y expectativas de los usuarios y agentes territoriales. De la relación entre la línea de base y la imagen objetivo del territorio, se han estimado las distintas brechas que deben ser abordadas para avanzar en los objetivos o metas trazadas, dando lugar a distintas medidas o acciones para reducir estas brechas.

Dichas medidas o acciones son las iniciativas de inversión que se deben organizar y priorizar en un Plan de Gestión del Riego (PGR) para la Región de Los Lagos, en un horizonte de mediano plazo hasta el año 2022.

Para el desarrollo del estudio se elaboró un Sistema de Información Geográfica (SIG). La información espacial que se analizó proviene de distintas fuentes, tales como DGA, CNR, SEIA, entre otros.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis aporta información útil para el conocimiento de aspectos relevantes del área en estudio, como, por ejemplo:

- Áreas, sectores o cuencas con evaluación de oferta hídrica.
- Áreas protegidas (SNASPE, Santuarios, Áreas protegidas privadas, etc.).
- Información legal relativa a los recursos hídricos.
- Hidrología superficial (hidrografía, Cuencas hidrográficas).
- Obras hidráulicas relevantes y sus características (canales, bocatomas, embalses).

- Proyectos en el sistema de Evaluación de Impacto ambiental.

- Localización de estaciones de medición hidrológica.

- Aspectos físicos relacionados con el ámbito agrícola y vegetacional (uso de suelo, formaciones vegetacionales)

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 14

Titulo	:	Estrategia Regional de Desarrollo, Región de Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	División de Planificación.
Mandante	:	Gobierno Regional de Los Lagos
Fecha Edición	:	Junio 2009

Objetivo del documento:

El objetivo general del documento es la actualización de la Estrategia de Desarrollo Regional, como una forma de dar respuesta a los cambios que experimentó la Región de Los Lagos a raíz de la división regional, lo que derivó en una nueva configuración territorial, social y económica.

Resultados y conclusiones del estudio:

Los ejes de desarrollo regional presentados en este documento corresponden a Desarrollo Humano y Calidad de Vida, Comunidad Pluricultural, Competitividad Regional, Democracia y gobernabilidad Regional, y Sustentabilidad Regional.

Se han definido 7 zonas estratégicas de desarrollo, Mapu Lahual, Desarrollo Agropecuario, Lagos Andinos, Patagonia Verde, Chiloé, Reloncaví de Desarrollo Urbano, y Acuícola y de la Pesca Artesanal. Para cada una de estas zonas se presenta la estrategia de desarrollo.
Además, se presentan Proyectos y Programas Regionales de desarrollo, los que se enumeran a continuación.

- Programa Estratégico de Desarrollo para Territorios Especiales.
- Programa Estratégico de Infraestructura para la Competitividad Regional.
- Sistema Regional de Áreas Protegidas, Públicas y Privadas.
- Fortalecimiento de la Democracia Regional y Local.
- Desarrollo de Capital Humano en la Región.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis es un documento de carácter informativo, que no presenta información técnica que pudiese ser de utilidad para el presente estudio.

De acuerdo al Programa Estratégico de Desarrollo para Territorios Especiales, se puede identificar los sectores más vulnerables para una priorización de los proyectos de riego a proponer.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 15

Titulo	:	Exploración de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	AC Ingenieros Consultores Limitada
Mandante	:	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Fecha Edición	:	2004

Objetivo del documento:

Disponer de una evaluación de carácter global de la situación de la oferta y demanda de aguas subterráneas en la cuenca del río Bueno. Contar con una herramienta eficiente para la asignación de los derechos de aprovechamiento de aguas. Fomentar el uso del recurso subterráneo, identificando posibles fuentes de abastecimiento de agua, que sean alternativas al recurso superficial, para diferentes usos. Identificar y cuantificar los acuíferos para uso de riego y agua potable rural dentro de la envolvente del estudio.

Resultados y conclusiones del estudio:

Como principal conclusión de este estudio, se afirma que la cuenca del río Bueno no presenta zonas críticas con limitación de la explotación de agua subterránea (ni hidrológica ni legal) que limiten el desarrollo de proyectos, de riego o industriales, a causa de la insuficiencia de recursos.

En cuanto a las demandas futuras de aguas subterráneas, determinadas considerando las proyecciones de los diferentes usos, particularmente en el caso del riego se concluyó que éstas podrían ser menores, debido a que las precipitaciones que se producen en la zona a lo largo de todo el año, son un apoyo importante que puede reducir el uso efectivo de los recursos subterráneos, en función de la pluviosidad que se produzca en un determinado período.

En cuanto a las recomendaciones, la más relevante está relacionada con el hecho que la DGA no realiza un control regular de los niveles ni de la calidad de las aguas subterráneas. Puesto que se ha demostrado que es factible y atractivo explotar las aguas subterráneas en la cuenca, se recomendó establecer un control periódico de sus niveles, no así de su calidad que es muy buena.

Se recomendó realizar en áreas específicas definidas como de mayor potencial de desarrollo, Estudios de Factibilidad de Proyectos Productivos, especialmente de desarrollo agrícola, donde se pueden obtener buenos resultados recuperando suelos a través de la construcción

de obras de drenaje, los que además incrementan sus rendimientos o son susceptibles de ser utilizados para desarrollar rubros más rentables, si además se complementa el drenaje con obras de captación de aguas subterráneas para dotarlos de riego.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis aporta información útil para el conocimiento de aspectos relevantes del área en estudio, como por ejemplo: (i) Geología regional y local; (ii) Hidrología, que incluyó los análisis pluviométricos y fluviométricos, generando curvas de variación estacional, para distintas probabilidades de excedencia; (iii) Hidrogeología, que contó con un estudio geofísico (342 Km de gravimetría y 20 TEM), catastro de captaciones subterráneas, que se ha empleado como base para el catastro en ejecución, determinación de parámetros de los acuíferos, con 62 pruebas de bombeo en pozos; niveles freáticos, estimación de recargas y balance hídrico; aspectos de calidad de aguas. (iv) Aspectos legales de derechos de agua.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 16

Titulo	:	Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad, Cuenca del Río Bueno.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Cade – Idepe
Mandante	:	Dirección General de Aguas (DGA)
Fecha Edición	:	2004

Objetivo del documento:

El objetivo principal de este estudio es disponer de una evaluación de carácter global de la calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Bueno.

Entre los objetivos secundarios se pueden mencionar los siguientes.

Definir clases objetivo de calidad según tramos de cauces y usos del agua, y determinar el grado de cumplimiento de dicha calidad objetivo.

Definir un Índice de Calidad de Agua Superficial (ICAS), estimar dicho índice en la cuenca en estudio y proponer un programa de monitoreo futuro.

Resultados y conclusiones del estudio:

El principal resultado de este estudio es la determinación de la calidad de aguas superficiales en la cuenca del río Bueno, así como la definición de objetivos de calidad para los tramos de cauces superficiales de la cuenca.

Otros resultados entregados por este informe son la recopilación de información y caracterización de la cuenca, considerando, entre otros, los siguientes aspectos: clima, geología y volcanismo, hidrogeología, geomorfología, suelos.

Con respecto a la información hidrológica, se presenta una base de datos con información fluviométrica, usos del agua superficial, descargas a cursos de agua, e información de calidad de aguas.

Se presenta información extensiva de calidad de aguas considerando una caracterización de la calidad de aguas a nivel de la cuenca del río Bueno, además de información en particular de parámetros que exceden los objetivos de calidad, tales como el Boro y el Cobre, entre otros.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis aporta información útil para el conocimiento de aspectos relevantes del área en estudio, como, por ejemplo: (i) Geología; (ii) Hidrogeología; (iii) Hidrología, que incluyó análisis fluviométricos, generando curvas de variación estacional, para distintas probabilidades de excedencia; (iii) Usos del Agua; (iv) Calidad de Agua Superficial.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 17

Titulo	:	Estudio Cuencas Principales, Región de Los Ríos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Amphos 21 Consulting Chile Ltda.
Mandante	:	División de Estudios y Planificación, Dirección General de Aguas (DEP – DGA)
Fecha Edición	:	2012

Objetivo del documento:

El objetivo principal del estudio de referencia fue realizar un levantamiento de la información hidrogeológica para el desarrollo de un modelo conceptual y numérico de los acuíferos de las cuencas principales de la Región de los Ríos. Los objetivos específicos del estudio se detallan a continuación:

- Generar la geometría de los acuíferos principales mediante métodos geofísicos.
- Revisar los catastros de demanda agrícola, sanitaria e industrial.
- Definir y caracterizar los principales acuíferos presentes en el área de estudio.
- Realizar un levantamiento de pozos y niveles en los acuíferos reconocidos.
- Representar y estimar los flujos de agua subterránea.
- Identificar las zonas de recarga y descarga.
- Obtener los parámetros hidráulicos de los acuíferos.

- Incorporar toda la información hidrológica e hidrogeológica del estudio en un Sistema de Información Geográfico (SIG).

- Definir modelos conceptuales de funcionamiento hidrogeológico para los acuíferos reconocidos.

- Elaborar modelos numéricos de flujo de agua subterránea preliminar para los principales acuíferos reconocidos.

Resultados y conclusiones del estudio:

El principal resultado de este estudio es un modelo conceptual y numérico de las cuencas de los ríos Valdivia y Bueno.

Para la realización del modelo se ha realizado un levantamiento de información para cada cuenca, considerando la que se detalla a continuación.

- *Información hidrológica*, que contempla climatología, temperatura, régimen de precipitaciones, evapotranspiración real, análisis de la información fluviométrica, actualización de los límites de las cuencas y subcuencas.

- *Información geológica*, que incluye geología general, estratigrafía de la zona de estudio, geología estructural.

- *Información geofísica*, considerando estratigrafía geoeléctrica de los sedimentos (TEM), morfología y profundidad del basamento.

Se incluye, además, la caracterización hidrogeológica de las cuencas. Para ello se ha considerado la definición del contexto hidrogeológico, la caracterización de las unidades acuíferas, la determinación de las propiedades físicas de los acuíferos, la determinación del flujo subterráneo y la estimación de la recarga de los acuíferos.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El trabajo en análisis aporta información útil para el conocimiento de aspectos relevantes del área en estudio, tanto hidrológica como hidrogeológica, además de información geológica y geofísica.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 18

Titulo	:	Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Maullín. Región de Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
Mandante	:	Subdirección Nacional de Geología – Ministerio de Minería
Fecha Edición	:	2015

Objetivo del documento:

El objetivo principal del estudio fue generar un conocimiento integrado de los recursos de aguas subterráneas de la cuenca del río Maullín, con el propósito de ser difundidos a autoridades gubernamentales, encargados de planificación territorial y usuarios en general, permitiendo así un manejo sustentable y sostenible de los recursos de agua disponibles. Los objetivos específicos del estudio se detallan a continuación:

- Definir las unidades hidrogeológicas presentes en el área de estudio.

- Generar bases de datos hidrogeológicos, con información técnica de captaciones de agua subterránea que sirvan de apoyo al conocimiento, exploración y gestión del recurso hídrico subterráneo en la cuenca.

- Elaborar el mapa hidrogeológico a escala 1:200.000 de la cuenca del río Maullín, en el

que se ilustre la distribución y características de las unidades hidrogeológicas existentes.

Resultados y conclusiones del estudio:

Sobre la base de la información recopilada, generada, tratada e interpretada en dicho estudio, se desarrolló la caracterización hidrogeológica de la cuenca del río Maullín, que constituye un documento de avance del Estudio Hidrogeológico que se encuentra en proceso de edición actualmente. En dicho estudio, se realizaron nuevas campañas de trabajo de campo donde se continuó con la recopilación de datos y muestras que permiten completar la información de la piezometría, hidráulica, hidroquímica e isotopía de la cuenca. Con toda esta información, se terminó la elaboración del modelo hidrogeológico conceptual de la cuenca cumpliéndose con los objetivos propuestos. Este Estudio Hidrogeológico aún no se encuentra disponible en la biblioteca de SERNAGEOMIN.

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información de mayor utilidad de este trabajo para el presente estudio, la constituye el Mapa Hidrogeológico escala 1:200.000, que se generó en la cuenca del río Maullín. En este mapa se pueden consultar las características litológicas de los acuíferos, así como sus propiedades hidrogeológicas (transmisividad, curvas isofreáticas, caudales estimados d explotación). El estudio incluye además información de estudios gravimétricos recopilados y desarrollados para dicho trabajo, en particular en el sector poniente y sur del lago Llanquihue.

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 19

Titulo	:	Gravimetría y Modelación de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Maullín y Bueno
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Daniel Morales V. Unidad de Geeofísica.
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2014

Objetivo del documento:

El objetivo principal del estudio fue realizar un estudio gravimétrico de carácter regional, que permita conocer la geometría del basamento rocoso.

Resultados y conclusiones del estudio:

Se obtuvieron 4 perfiles gravimétricos que indican que la profundidad máxima del basamento estaría en torno a los 4.400 m en el sector de la ciudad de Puerto Montt. Además, se indica que en general en ambas cuencas el relleno sedimentario tendría una potencia relevante, en cuanto a su espesor.

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información de mayor utilidad de este trabajo se encuentra en los resultados de los 4 perfiles gravimétricos trazados en la región de Los Lagos. Cabe señalar que uno de estos perfiles, coincide con otro trazado durante el desarrollo del estudio de la Referencia Bibliográfica Nº15 "Exploración de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno, X Región".

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 20

Titulo	:	Geología para el Ordenamiento Territorial: Área Castro
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2015

Objetivo del documento:

El objetivo principal de este tipo de trabajos es ayudar en la planificación del uso del territorio a escala regional y en este caso, en un área que enmarca la ciudad de Castro y sus alrededores, incluyendo también las ciudades de Dalcahue y Chonchi, y territorios insulares del archipiélago de Chiloé, incorporando parte del margen oriental de la isla Grande de Chiloé, y territorios de las islas Quinchao, Lemuy, Chelín y Quehuil.

Resultados y conclusiones del estudio:

Este trabajo generó una cantidad importante de información de distintos ámbitos. En él se puede encontrar información de la geología de la zona, recursos de aguas subterráneas, vulnerabilidad de acuíferos y potenciales fuentes contaminantes, peligros geológicos, recursos de rocas y minerales, etc.

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información de mayor utilidad para el presente trabajo corresponde al mapa hidrogeológico generado. En este mapa se pueden consultar las características litológicas de los acuíferos, así como sus propiedades hidrogeológicas (transmisividad, curvas isofreáticas, caudales estimados d explotación).

Toda la información que provee esta referencia, y que sea de utilidad, será considerada, valorada, cruzada y utilizada con los resultados del presente estudio, de acuerdo a los objetivos trazados.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

3.1. Recopilación de Antecedentes

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG1

Titulo	:	Estudio Básico Diagnóstico para Desarrollar Plan de Riego y Drenaje en la Región de Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Cuenca Ingenieros Consultores
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2016

Objetivo del Documento:

Es considerado el estudio base del presente proyecto y se enmarca dentro de los lineamientos estratégicos de la Comisión Nacional de Riego para el período 2014 a 2018, en los que se establece la intención de "Asegurar el incremento y mejoramiento de la superficie regada del país, mediante la formulación, implementación y seguimiento de una Política Nacional de Riego, que genere estudios, programas, proyectos y fomento al riego y drenaje, que contribuya al uso eficiente del recurso hídrico en riego, que propenda a mejorar la seguridad del riego y aporte al desarrollo de la agricultura nacional, en un marco inclusivo, participativo, sustentable y equitativo de los/as agricultores/as y de las organizaciones de regantes".

Conclusiones y Recomendaciones:

Este documento propone medidas, tanto a nivel general como regional y para las distintas cuencas estudiadas, que derivan de las deficiencias detectadas en cada eje de diagnóstico.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Para lograr lo anterior se elaboró un diagnóstico de la gestión del agua para riego y drenaje en la región, considerando aspectos ambientales, económicos, socio-culturales y político-

institucionales, para con ello definir una imagen objetivo de dicha gestión, estimando las brechas que existen respecto de la línea de base existente. A partir de lo anterior se proponen un conjunto de iniciativas de inversión priorizadas, así como mejoras institucionales y/o de gestión que favorezcan el desarrollo del riego y de la agricultura del territorio de la cuenca en estudio, lo cual se traduce en un Plan de Gestión de Riego validado con actores institucionales y territoriales.

En el estudio se observa un diagnóstico de las distintas Unidades Territoriales que conforman la región, respecto a la gestión del agua para riego y drenaje, la disponibilidad de infraestructura, aspectos ambientales, institucionales, etc.

Se definió y desarrolló una imagen objetivo, respecto a la gestión del agua de riego y desarrollo agrícola en las Unidades Territoriales consideradas. Se estimó las brechas de la relación línea de base e imagen objetivo o escenarios.

Se elaboró un conjunto de iniciativas de inversión priorizadas, así como formulación de mejoras institucionales, de gestión, que favorezcan el desarrollo del riego y de la agricultura de la Región.

Se validó un Plan de Gestión del Riego (PGR) a nivel de usuarios, como también a nivel de Comisión Regional de Riego (CRR), mesas de agua y/u otras instancias regionales.

Finalmente, el estudio elaboró un sistema de información geográfico (SIG) donde se muestra el catastro de los proyectos y estudios existentes, además de la cartera de iniciativas del Plan.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG2

Titulo	:	Estudio Diagnóstico Obras de Acumulación Agua Riego, Los Ríos y Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Cuenca Ingenieros Consultores
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2012

Objetivo del Documento:

El estudio tuvo por finalidad la identificación de sitios donde podrían ubicarse obras de captación o acumulación estacional en dos regiones del país, la Región de Los Ríos, compuesta por las provincias de Valdivia y Ranco, y la Región de Los Lagos, donde se analizaron dos de sus cuatro provincias, las provincias de Osorno y Llanquihue, ubicadas en la parte norte de la región.

Utilidad del documento para el presente estudio:

El estudio entrega información que puede servir de orientación en cuanto a potenciales áreas de proyectos de riego para esta consultoría.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG3

Titulo	:	Programa de Recuperación y Rehabilitación de Tierras con Riego y Drenaje; Regiones IX y X
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Consorcio Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda. e Hydroconsult Ltda
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas Dirección de Riego
Fecha Edición	:	1998

Objetivo del Documento:

Este estudio consideró diversos sectores de la IX, XIV y X Regiones, que actualmente presentan problemas de mal drenaje en sus suelos. El objetivo fue determinar el grado de problemas de suelos con mal drenaje con el fin de diseñar proyectos de riego y drenaje.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Cabe destacar que los proyectos seleccionados en esta consultoría fueron caracterizados a nivel de perfil, por lo que esa dicha información se utilizará solo de manera referencial.

Cabe señalar que el estudio previo de riego y drenaje denominado "Investigación de Riego y Drenaje en la X Región" elaborado para la Dirección de Obras Hidráulicas por la firma R&Q Ingeniería Ltda., en el año 1990, fue incorporado como antecedente base al estudio en análisis del Consorcio AC-CONIC-BF-Hydroconsult.

REFERENCIA BIBLIOGRÃFICA N° AG4

Titulo	:	Estudio de Prefactibilidad Construcción Sistema de Riego y Drenaje Sector Llollelhue, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	AC Ingenieros Ltda
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas Dirección de Obras Hidráulicas
Fecha Edición	:	2005

Objetivo del Documento:

Este proyecto consideró tanto drenaje como riego y su correspondiente evaluación socioeconómica.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Este estudio consideró un área perteneciente a la comuna de La Unión, ubicada entre la Ruta 5 Sur y el Lago Ranco.

Cabe destacar que las áreas afectadas corresponden a suelos con diversos grados de problemas de humedad, desde terrenos Clase de Capacidad de Uso IIw hasta suelos de Clase IVw. Por lo general suelos de Clase de Capacidad de uso VIw se consideran pantanos, prácticamente imposibles de drenar debido a su situación posicional. Terrenos IVw si bien son factibles de drenar, esto no se logra en el 100% del perfil, razón por la cual los proyectos de drenaje generalmente consideran suelos de Clase IIw y IIIw. En estos suelos, los agricultores en época estival al bajar la carga de humedad, aprovechan la humedad disponible en el cultivo de papas y otras chacras.

Según experiencias de drenaje en la zona, cuando no se acompaña a los proyectos de drenaje con uno de riego, por lo general los suelos pierden su humedad disponible para el cultivo de chacras, haciéndolos improductivos con un notorio perjuicio hacia los agricultores al mermar sus posibilidades de cultivo.

Se utilizará la información de este proyecto de manera referencial en aquellos aspectos metodológicos, necesarios de considerar para la ejecución del presente estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG5

Titulo	:	Estudio de Prefactibilidad Construcción Sistema de Riego y Drenaje Sector Río Bueno, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	SMI Ingenieros
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas Dirección de Obras Hidráulicas
Fecha Edición	:	2005

Objetivo del Documento:

Este proyecto consideró tanto drenaje como riego y su correspondiente evaluación socioeconómica. Este estudio consideró un área perteneciente a la comuna de La Unión, ubicada entre la Ruta 5 Sur y el Lago Ranco.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Cabe destacar que las áreas afectadas corresponden a suelos con diversos grados de problemas de humedad, desde terrenos Clase de Capacidad de Uso IIw hasta suelos de Clase IVw. Por lo general suelos de Clase de Capacidad de uso VIw se consideran pantanos, prácticamente imposibles de drenar debido a su situación posicional. Terrenos IVw si bien son factibles de drenar, esto no se logra en el 100% del perfil, razón por la cual los proyectos de drenaje generalmente consideran suelos de Clase IIw y IIIw. En estos suelos, los agricultores en época estival al bajar la carga de humedad, aprovechan la humedad disponible en el cultivo de papas y otras chacras.

Según experiencias de drenaje en la zona, cuando no se acompaña a los proyectos de drenaje con uno de riego, por lo general los suelos pierden su humedad disponible para el cultivo de chacras, haciéndolos improductivos con un notorio perjuicio hacia los agricultores al mermar sus posibilidades de cultivo.

Se utilizará la información de este proyecto de manera referencial en aquellos aspectos metodológicos, necesarios de considerar para la ejecución del presente estudio.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG6

Titulo	:	Estudio Explotación de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	AC Ingenieros Ltda
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas Dirección de Obras Hidráulicas
Fecha Edición	:	2004

Utilidad del documento para el presente estudio:

Si bien este estudio involucra el área de interés de la presente consultoría y entrega una gran cantidad de información referida a aspectos productivos, económicos y sociales, ésta se considera muy general para los objetivos de la presente consultoría. De tal forma, dichos antecedentes sólo servirán de orientación para la elaboración del presente proyecto.

Cabe señalar que este estudio consideró una reevaluación de aquellas áreas evaluadas en el estudio denominado "Programa de Recuperación y Rehabilitación de Tierras con Riego y Drenaje; Regiones IX y X", resultando positivo la rentabilidad de la mayoría de los proyectos.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG7

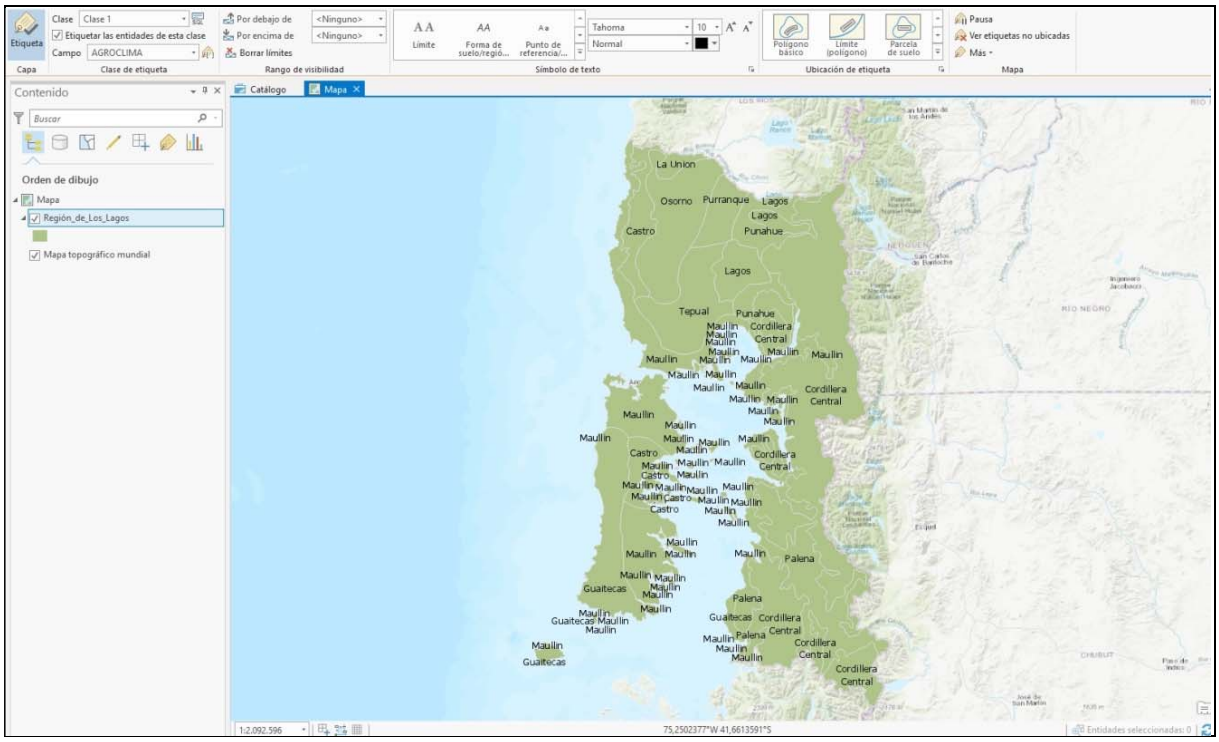
Titulo	:	Mapa Agroclimático de Chile
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	INIA
Fecha Edición	:	1989

Utilidad del documento para el presente estudio:

Se utilizará como primera aproximación en la determinación de la adaptabilidad del área para diversos cultivos.

En la Figura 3.1-1 se presenta el Mapa Agroclimático para la Región de Los Lagos en versión ArcGis.

Figura 3.1-1: Distritos Agroclimáticos Región de Los Lagos



Fuente: Mapa Agroclimático INIA de 1989. Versión Digital.

Cabe señalar que el estudio incluye información climática correspondiente a las siguientes variables:

- Temperaturas máximas, mínimas y medias
- Suma térmica
- Días grados acumulados
- Horas frío acumuladas

- Radiación solar
- Humedad relativa
- Precipitaciones
- Evapotranspiración potencial
- Déficit hídrico
- Índices de humedad
- Número de heladas mensuales, etc.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG8

Titulo	**:**	Atlas Agroclimático de Chile
Tipo de Documento	**:**	Estudio
Autor	**:**	Agrimed - Universidad de Chile. Fernando Santibáñez
Fecha Edición	**:**	2017

Utilidad del documento para el presente estudio:

El Atlas Agroclimático de Chile fue elaborado por el Ingeniero Agrónomo Ph.D Fernando Santibáñez Q. quien dé propia fuente, nos ha confirmado que este nuevo atlas, el cual abarca la totalidad de Chile, será publicado durante diciembre de 2017. Se debe señalar que ya circulan algunos ejemplares que la Universidad de Chile distribuyó gratuitamente a algunos estamentos.

En la Figura 3.1-2 se presenta la portada del atlas, instrumento que contará con ocho tomos, los que incluyen una completa descripción agroclimática y cartografía.

Figura 3.1-2: Atlas agroclimático Región de Los Ríos y Los Lagos



Fuente: Agrimed.cl

Se debe señalar que este atlas es considerado como uno de los más completos que proporciona información agroclimática detallada y escenarios de cambio climático del siglo XXI, para dimensionar los efectos que este fenómeno está ocasionando en nuestra agricultura y lo que podría afectar, positiva o negativamente, en el futuro.

La iniciativa de desarrollo del atlas fue apoyada por el Ministerio de Agricultura a través de la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, y llevada a cabo por un grupo profesional liderado por el profesor Fernando Santibáñez, director del Centro AGRIMED de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG9

Titulo	:	Requerimientos de Clima y Suelo en Chacras y Hortalizas
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Ciren Corfo
Fecha Edición	:	1995

Utilidad del documento para el presente estudio:

Para la determinación de requerimientos de clima y suelo se utilizará la Publicación de Ciren Corfo Nº107 correspondiente a "Requerimientos de Clima y Suelo en Chacras y Hortalizas" actualizada al año 1995. Este estudio posee una amplia gama de información orientadora en la elección de cultivos de acuerdo a cada zona geográfica dentro del país.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG10

Titulo	:	Universidad Austral de Chile
Tipo de Documento	:	Estudios
Fecha Edición	:	Varios años

Utilidad del documento para el presente estudio:

En la Universidad Austral, específicamente en el Instituto de Agronomía ubicado en Valdivia, existe información relativa a aspectos técnicos y productivos, especialmente en lo referente a la actividad lechera.

Para los aspectos de lechería regional se utilizará el estudio denominado "Competitividad de la Producción Lechera Nacional", Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Tomos I y II. 1999.

Otra actividad importante de considerar en la zona corresponde a la producción de papa para semilla. Para estos efectos se consultará la publicación "Producción de Papa-Semilla para Pequeños Agricultores del Sur de Chile" de Andrés Contreras M. Universidad Austral de Chile. 1997.

Finalmente, especialmente para el cultivo de manzanos en la zona sur se considerará el texto "Cultivos No Tradicionales" elaborado por Patricio Barriga B. y Miguel Neira C. en la Universidad Austral en el año 1993.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG11

Titulo	:	IANSA
Tipo de Documento	:	Agroindustria

Utilidad del documento para el presente estudio:

Esta empresa posee una notoria presencia en la Región, dedicándose casi exclusivamente a promover el cultivo de la remolacha. Además, esta empresa opera como comprador de frutas para ser mandados a sus plantas del norte. Este negocio depende del stock de producción de la zona centro-sur.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG12

Titulo	:	Antecedentes Agrológicos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Ciren Corfo
Fecha Edición	:	2003

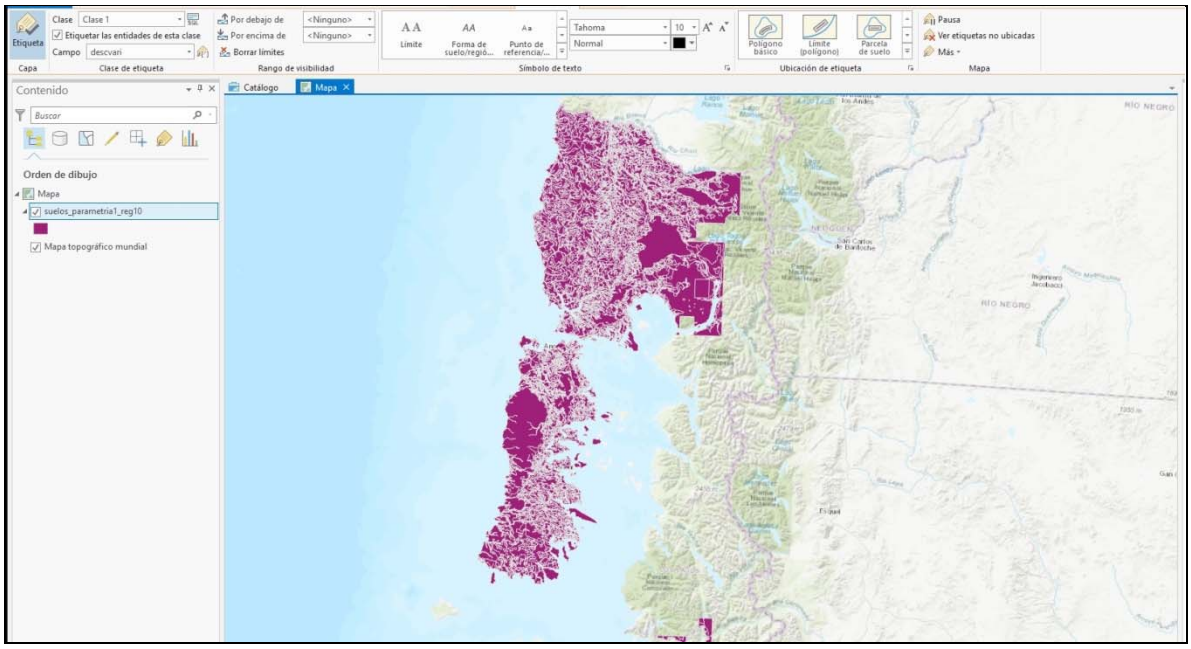
Utilidad del documento para el presente estudio:

Se utilizarán las Ortofotos Digitales de Suelos de la X Región de Los Lagos proporcionada por el Centro de Información de Recursos Naturales Ciren Corfo, con información del año 2003.

Las Ortofotos Digitales de suelos están a escala 1:20.000 y dicha información servirá de base para el estudio agrológico a efectuar en la X Región de Los Lagos.

En la Figura 3.1-3 siguiente se observa cómo es entregada la información de suelos por parte de Ciren Corfo.

Figura 3.1-3: Suelos de la Región de Los Lagos



Fuente: Estudio de Suelos Digital de Ciren Corfo

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG13

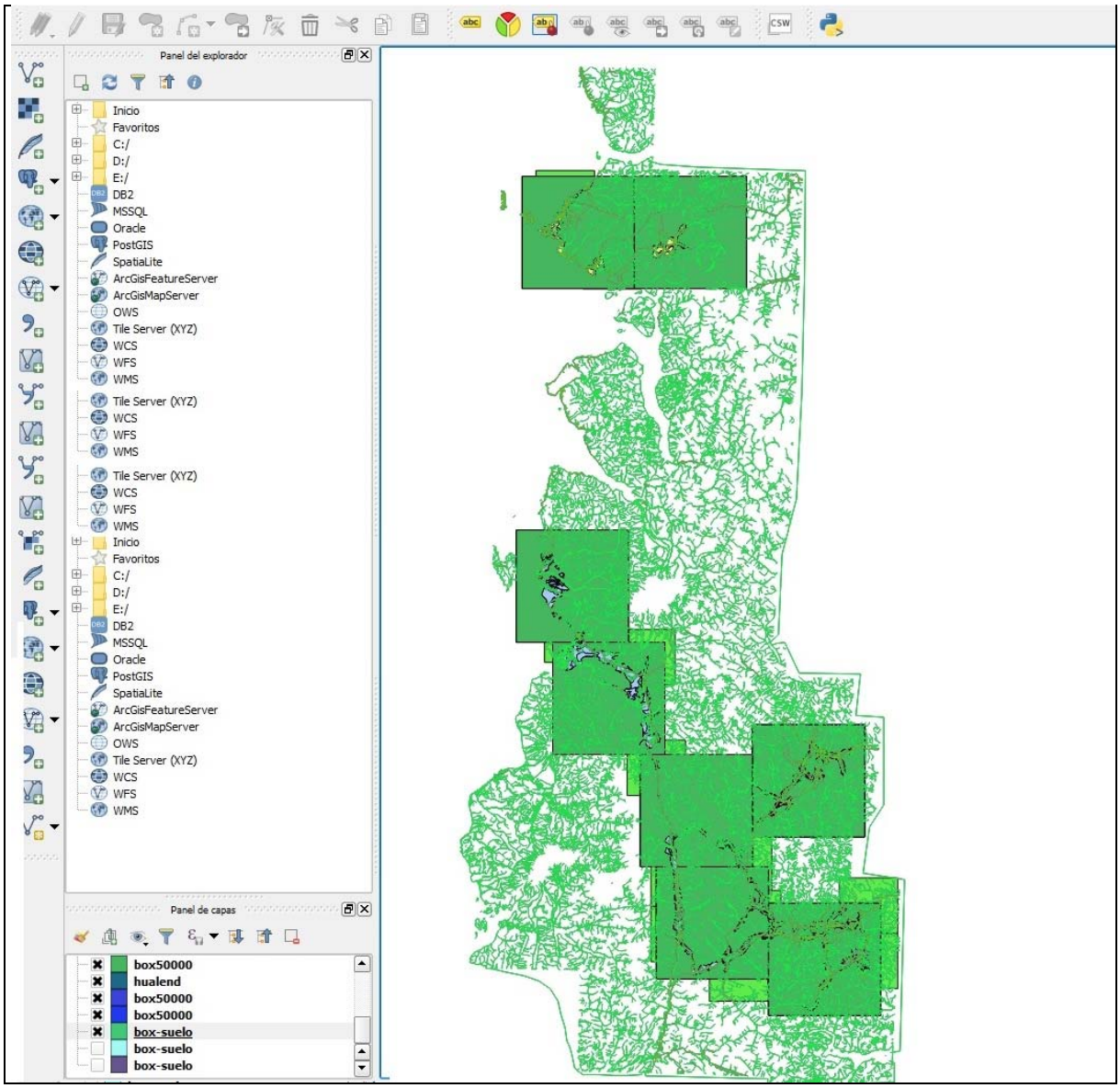
Titulo	:	Análisis de los ecosistemas frágiles, Suelo y Pradera para la Provincia de Palena, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Servicio Agrícola y Ganadero SAG
Fecha Edición	:	2003

<u>Utilidad del documento para el presente estudio:</u>

Estudio elaborado por el Servicio Agrícola y Ganadero SAG en el año 2003.
Este estudio incluye la caracterización de los suelos en las zonas de Hualaihue, Chaitén, Futaleufú y Palena. La cartografía se encuentra en formato ArcGis y será utilizada para determinar la calidad de los suelos en la provincia de Palena.

En la Figura 3.1-4 siguiente se observa cómo es entregada la información de suelos de Palena por parte del SAG.

Figura 3.1-4: Suelos de Palena



Fuente: Análisis de los ecosistemas frágiles, Suelo y Pradera para la Provincia de Palena, X Región

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG14

Titulo	:	NESTLE
Tipo de Documento	:	Agroindustria

Utilidad del documento para el presente estudio:

Se ha contemplado obtener información de la empresa Nestlé, debido a que se encuentra presente al interior del área de estudio, específicamente en la localidad de Llanquihue y recolecta la producción tanto en la zona continental como en la Isla Grande de Chiloé.

-

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG15

Titulo	:	VI y VII Censo Nacional Agropecuario
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Instituto Nacional de Estadísticas
Fecha Edición	:	1997 Y 2007

Utilidad del documento para el presente estudio:

Los antecedentes de estos estudios serán fundamentales en la obtención del uso actual del suelo, la estratificación de las propiedades y la obtención de rendimientos de algunas especies cultivadas en Chile.

A modo de ejemplo en la Tabla 3.1-1 siguiente se presenta la variación de superficie experimentada por algunos rubros productivos en la provincia de Valdivia.

Tabla 3.1-1: Resultados VI y VII Censo Nacional Agropecuario

Especie	Superficie 1996/97 (ha)	Superficie 2007/07 (ha)
Papa	7.311,3	1.683,1
Trigo Blanco	15.804,5	7.579,0
Cebada Forrajera	642,9	105,5

Fuente: VI y VII Censo Nacional Agropecuario

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG16

Titulo	:	Actualización Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos Zona II Sur, Regiones V Sur a la XII
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	AC Ingenieros
Mandante	:	Ministerio de Obras Públicas Dirección Gral. de OO PP DCYF, Dirección General de Aguas
Fecha Edición	:	2007

Objetivo del Documento:

El objetivo del estudio es determinar las demandas de agua, tanto agrícolas como de uso minero, industrial, turístico y de agua potable al año 1997-2007.

Utilidad del documento para el presente estudio:

Los principales antecedentes que se entregan en este documento se utilizarán en la caracterización de las cuencas y subcuencas de la XIV Región con fines de determinar las demandas de agua en uso agropecuario.

En este estudio se ha efectuado una caracterización por cuenca de la situación actual y potencial agropecuaria, incluyendo uso del suelo y demandas de agua para las actividades agrícola, pecuaria y forestal.

A modo de ejemplo se presenta la Tabla 3.1-2 en donde se aprecia el uso actual de la cuenca del Río Rahue y sus demandas mensuales y totales en m^3 para cada especie asignada y del total del área.

Tabla 3.1-2: Demandas de Agua de Riego Cuenca Río Rahue

Cultivos	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total	Superficie
Cereales y Chacras														
Papa									154.376	29.365			183.741	167,8
Poroto								173	3.726	2.705			6.604	5,4
Cultivos Industriales														
Remolacha								506.744	447.364	498.096	33.437		1.485.641	576,5
Hortalizas														
Arveja Verde							1.647	19.618					21.265	35,8
Choclo								26.306	36.892	33.123			96.320	40,1
Huerta Casera														627,2
Zanahoria									5.162	31.951	7.521		44.634	44,5
Otras Horatalizas														42,9
Frutales														
Arándano														186,4
Frambuesa								73.118	114.402	39.792			227.312	165,8
Frutilla								8	79	121			208	1,3
Cerezo									171	207			378	0,5
Huerto Casero								164.716	482.981	699.346			1.347.044	1.395,9
Manzano Rojo								4.865	48.942	57.407	6.130		117.344	97,3
Manzano Verde								165	1.660	1.947	208		3.980	3,3
Otros Especies								5.263	15.432	22.345			43.039	44,6
Praderas														
Pradera Natural								9.187	18.726	24.769	3.144		55.826	27,1
TOTAL AGRÍCOLA							**1.647**	**810.162**	**1.329.913**	**1.441.174**	**50.439**		**3.633.334**	**3.462,40**

Fuente: Actualización Uso Actual y Futuro de Recursos Hídricos Zona II Sur

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG17

Titulo	:	Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2003

Objetivo del Documento:

El objetivo del estudio es limitar las áreas de riego y secano, para fines de determinar la superficie efectivamente demandante de agua de riego.

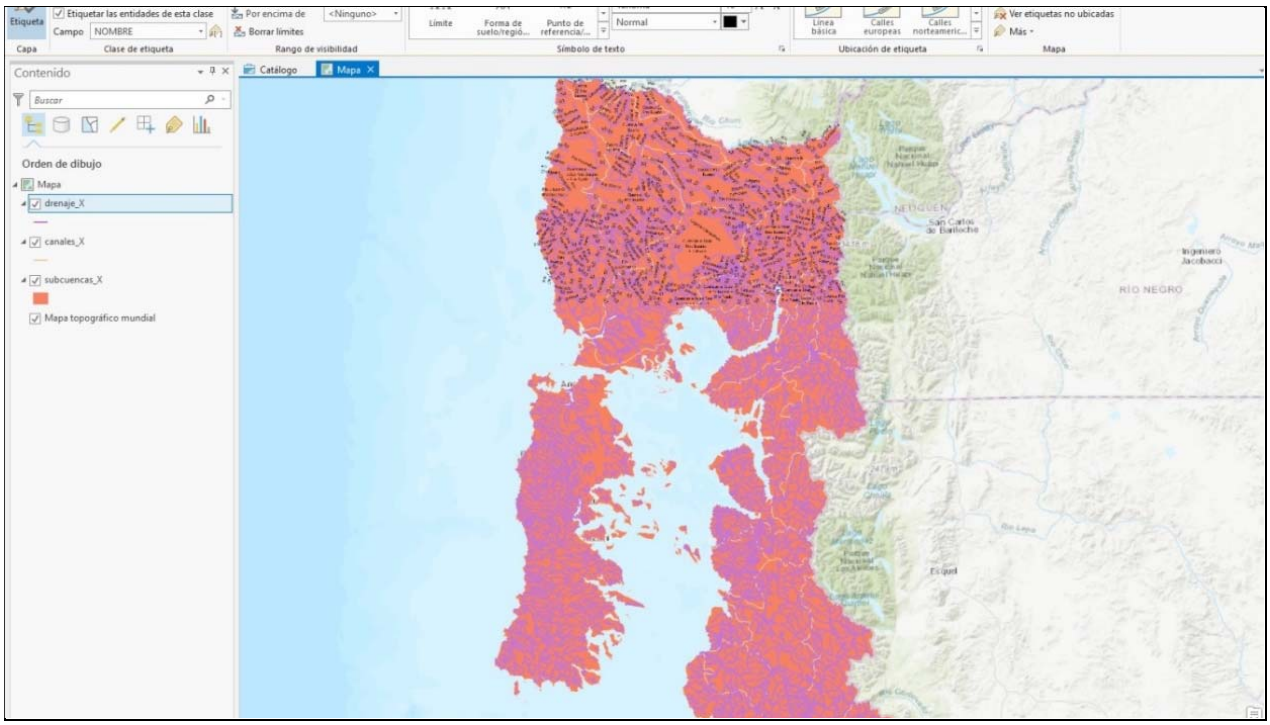
Conclusiones y Recomendaciones:

En este estudio se recopiló una gran cantidad de información en forma cartográfica. Entre los antecedentes de importancia para el presente proyecto se pueden considerar las siguientes variables: suelos, clima, población, red de canales y embalses, uso actual del suelo, proyectos bonificados por la Ley 18.450, etc.

Como ejemplo se muestra la Figura 3.1-5 con parte de la cartografía del actual SIIR CNR, el cual fue facilitado por la propia Comisión Nacional de Riego para ser utilizado en el presente estudio, el cual incluye cuencas, canales y drenajes, entre otros.

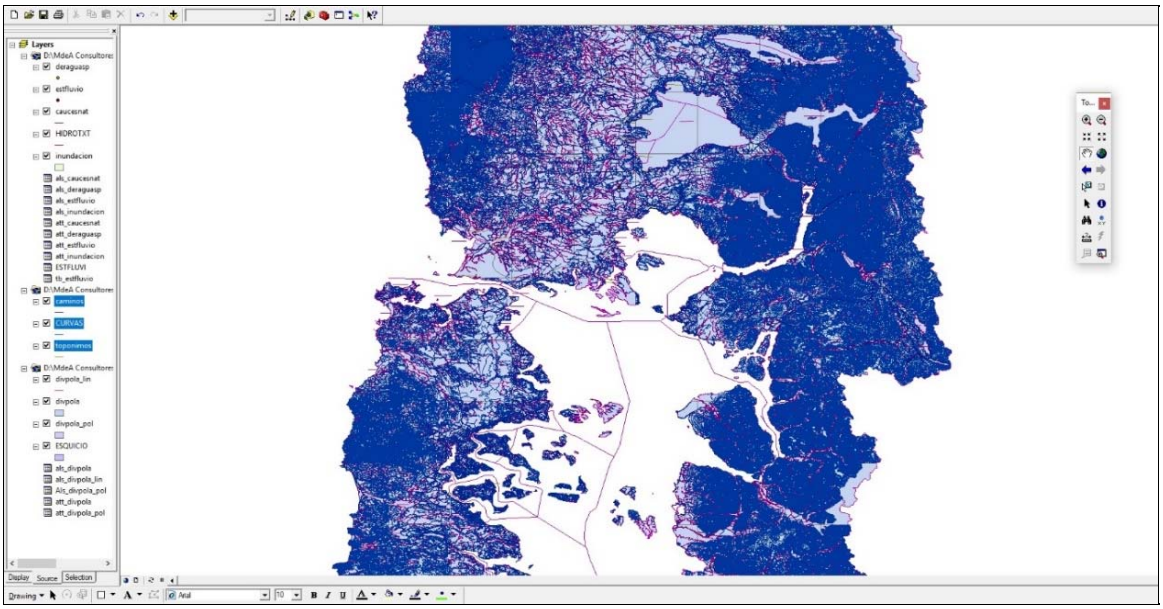
En la Figura 3.1-6 en cambio, se presenta el SIG original desarrollado para la CNR por AC Ingenieros, en donde además de lo anterior, se presenta información vial, centros poblados, suelos, clima y otras variables.

Figura 3.1-5: Cartografía del SIIR CNR



Fuente: Comisión Nacional de Riego

Figura 3.1-6: Cartografía Original del SIG CNR



Fuente: Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección

Utilidad del documento para el presente estudio:

Se utilizará la información cartográfica contenida en este estudio de manera preliminar para hacer el vaciado de los antecedentes de uso del suelo y del catastro frutícola de Ciren Corfo a escala 1:50.000.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG18

Titulo	:	Catastro Frutícola de la X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Ciren Corfo
Fecha Edición	:	2016

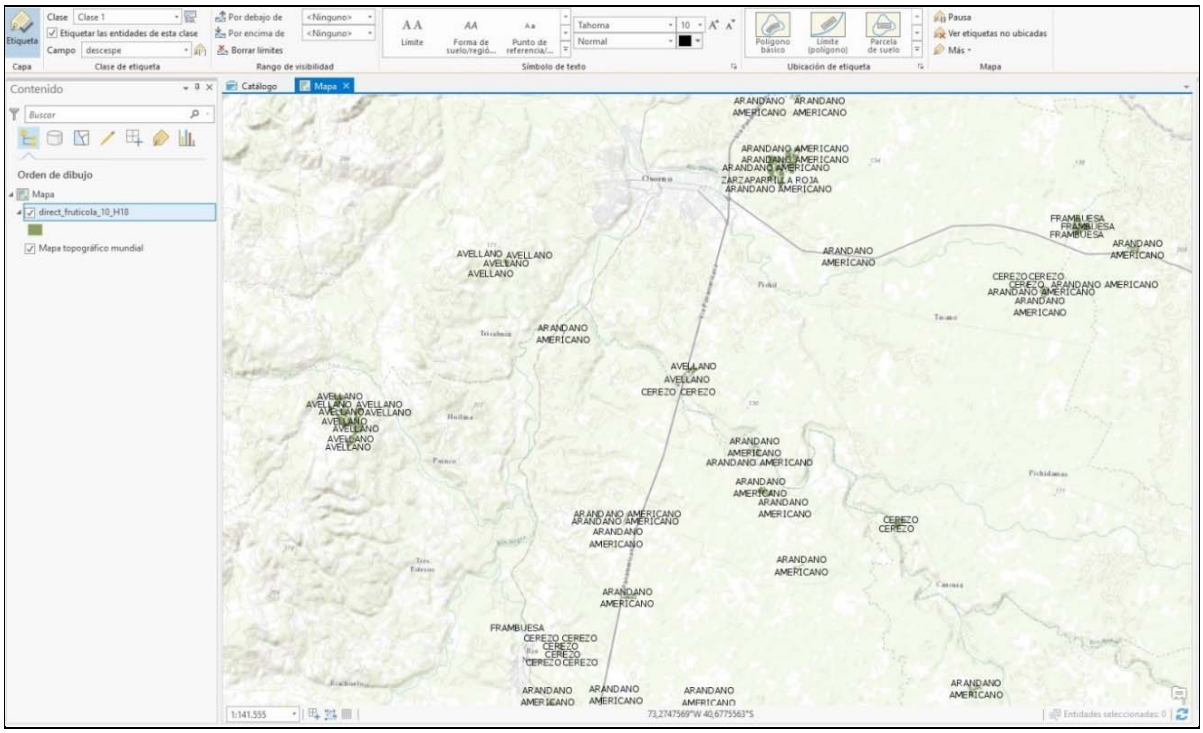
Utilidad del documento para el presente estudio:

Para los fines específicos del presente estudio, el catastro corresponde a la X Región de Los Lagos.

Este catastro incluye antecedentes que serán de utilidad para determinar las especies frutales presentes en el área de estudio y sus superficies. Este material elaborado en forma especial para el presente consultor por Ciren Corfo, será entregado en formato digital ArcGis y es utilizado para elaborar los mapas de uso actual del suelo.

Como ejemplo, la Figura 3.1-7 incluye parte del catastro frutícola en la región de Los Lagos.

Figura 3.1-7: Catastro Frutícola Región de Los Lagos



Fuente: Catastro Frutícola Ciren Corfo año 2016

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG19

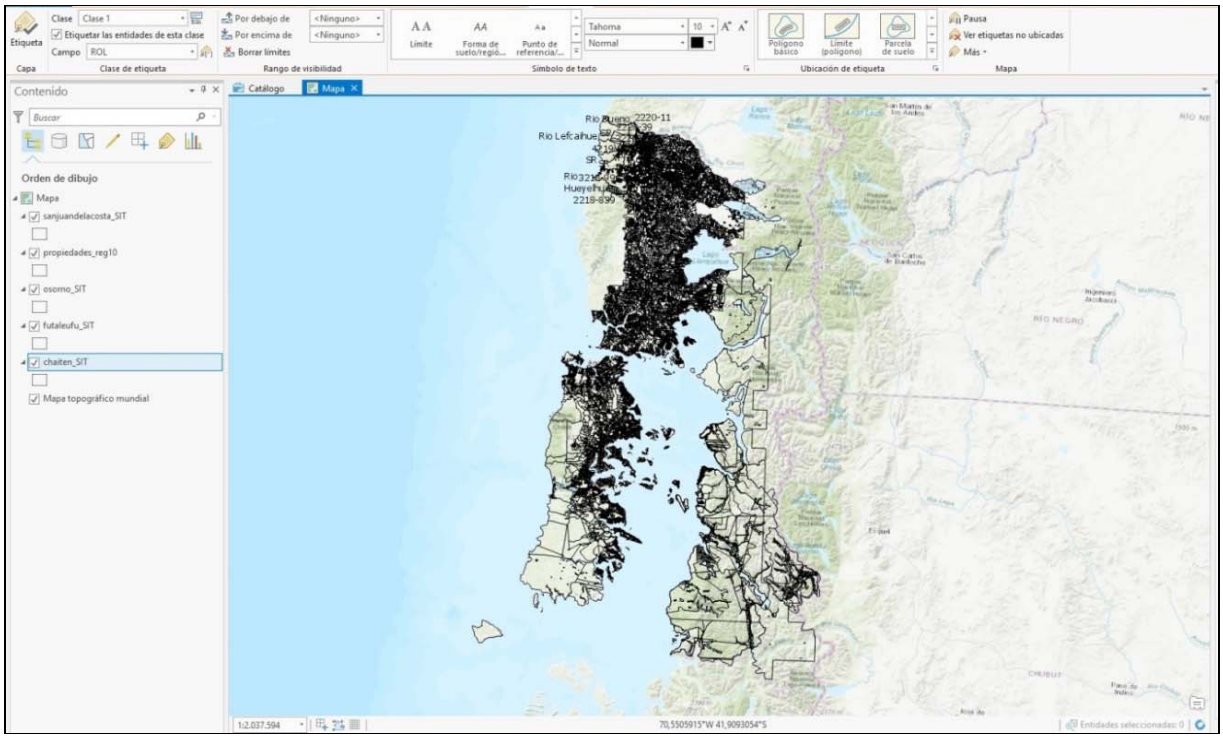
Titulo	:	Ortofotos Digitales de Propiedades de la X Región
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Ciren Corfo
Fecha Edición	:	1999 y 2016

Utilidad del documento para el presente estudio:

Ortofotos Digitales de propiedades escala 1:20.000 y Rol Extracto Agrícola de las Comunas de la Región de Los Lagos. Esta información servirá de base y orientación para la ubicación de los predios del área de estudio. Cabe indicar que el material cartográfico no es totalmente concordante en cuanto a la identificación de propiedades, en relación a otras fuentes, como en el caso del Rol Extracto Agrícola del S.I.I.

Se debe señalar que Ciren Corfo proporcionó a este consultor en forma exclusiva material cartográfico actualizado al 2016 de las comunas de Osorno, San Juan de la Costa, Chaitén y Futaleufú, material que todavía no está a la venta al público.
En la Figura 3.1-8 se observa cómo es entregada la información de propiedades por parte de Ciren Corfo.

Figura 3.1-8: Catastro Predial Región de Los Lagos



Fuente: Ciren Corfo años 1999 y 2016

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG20

Titulo	:	Diagnóstico y Caracterización de los Problemas de Drenaje en Chile
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	GCF Consultores
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2009

Utilidad del documento para el presente estudio:

En este estudio se efectuó una completa caracterización y tipificación de los problemas de mal drenaje a nivel de fase de suelos, detectándose además la potencialidad de cambio de estos suelos una vez implementadas las obras de drenaje necesarias.

Se debe señalar que este estudio se ha efectuado a nivel de cuenca a lo largo de todo Chile, identificándose posibles áreas de proyectos de drenaje, para ser financiados tanto por la Ley 11.123 como por la Ley de Riego y Drenaje 18.450.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG21

Titulo	:	Oficina de Estudios y Políticas Agrarias ODEPA
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	ODEPA
Fecha Edición	:	Varios Años

Utilidad del documento para el presente estudio:

ODEPA posee antecedentes de precios y volúmenes transados en el mercado mayorista de Santiago. Con esta información generada como series de precios, será factible determinar en el capítulo Descripción de Mercados Relevantes, los precios internos de los principales productos asignados para el presente proyecto. Además, posee información de importaciones y exportaciones por país de destino.

A modo de ejemplo se presentan la Tabla 3.1-3 y la Figura 3.1-9: Importaciones de Papas

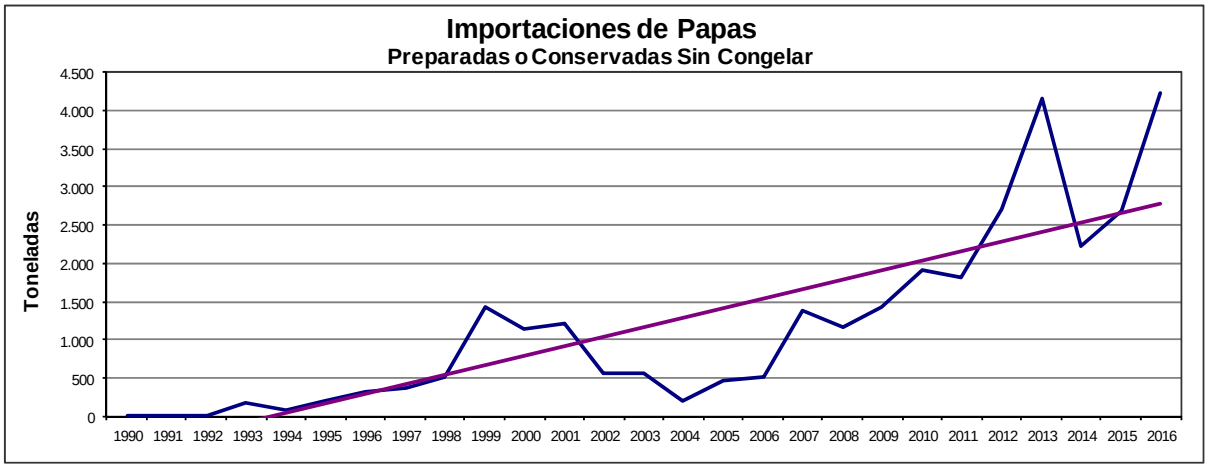
con información referida al cultivo de la papa.

Tabla 3.1-3: Precio Real de la Papa

Precio Real de Papa ($ de Septiembre 2017/kilo, sin IVA)													
AÑO/MES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
2000	167	142	136	133	126	147	158	174	225	218	209	87	160
2001	90	76	73	66	65	85	103	115	130	131	211	169	110
2002	135	149	183	177	179	214	229	312	310	316	255	188	221
2003	116	143	138	130	124	137	134	148	150	151	122	71	130
2004	116	120	125	135	115	116	117	116	113	130	124	70	116
2005	76	166	180	170	190	228	256	303	469	413	338	134	244
2006	115	193	191	184	180	180	198	211	215	207	235	114	185
2007	93	196	205	200	202	249	314	440	421	422	305	176	269
2008	105	259	325	300	304	303	282	277	278	372	462	451	310
2009	331	345	251	234	235	248	271	312	411	315	228	133	276
2010	108	107	114	144	172	178	173	170	166	173	162	80	146
2011	75	110	112	99	93	113	140	171	195	192	203	225	144
2012	235	257	237	188	211	262	276	316	451	500	270	186	282
2013	156	165	183	208	261	278	278	273	363	444	445	191	270
2014	209	276	234	227	222	234	246	250	249	232	213	209	233
2015	231	217	226	270	251	243	284	394	360	402	413	289	298
2016	203	187	187	179	223	248	249	271	236	235	214	140	214
Promedio Mensual	151	183	182	179	186	204	218	250	279	285	259	171	212

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de ODEPA

Figura 3.1-9: Importaciones de Papas



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de ODEPA

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG22

Titulo	:	Publicaciones FAO Nº 24 y Nº 56
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	FAO
Fecha Edición	:	1976 y 1990

Objetivo del Documento:

El objetivo de estos estudios es entregar las herramientas necesarias para que los distintos países en donde participa la FAO puedan determinar de la manera más exacta posible las demandas evapotranspirativas de los cultivos bajo riego.

Utilidad del documento para el presente estudio:

No existe un área específica de acción de estos documentos. Se puede precisar que si entrega antecedentes de acuerdo a las características agroclimáticas de los diferentes hemisferios.

El FAO Nº56 fue elaborado en el año 1990 y contiene información más actualizada que el FAO Nº24 que corresponde al año 1976, para verificar y complementar los factores de cultivo en la determinación de las necesidades de agua de riego de las diferentes especies frutales, hortícolas, cultivos y praderas.

Al respecto, el estudio denominado "Sistema Nacional de Referencia sobre Demandas de Agua por la Agricultura" elaborado por Agrimed y la Universidad de Chile en el año 2015, validó los coeficientes de cultivos elaborados a partir de la metodología del FAO 56 y presentados en el estudio "Actualización Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos Zona II Sur, Regiones V Sur a XIV Región, incluida RM" de AC Ingenieros para la DGA, año 2007. Esta validación consideró algunas mejoras, básicamente en la incorporación de Kc durante el periodo de latencia invernal en frutales, aspecto cada día es más relevante, debido al cambio climático que implica inviernos más secos.

A modo de ejemplo en la Tabla 3.1-4 se presentan los Kc de diferentes cultivos existentes en la X Región.

Tabla 3.1-4: Coeficientes de Cultivo

Cultivos	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr
Cereales y Chacras												
Papa							0,30	0,73	1,15	0,75		
Poroto						0,50	0,68	0,86	1,05	0,90	0,85	
Cultivos Industriales												
Remolacha						0,35	0,87	1,39	1,20	1,20	0,95	0,70
Hortalizas												
Arveja Verde					0,50	0,83	1,15	1,10				
Choclo						0,45	0,80	1,15	1,15	1,05		
Huerta Casera	0,21	0,12	0,25	0,44	0,50	0,44	0,35	0,41	0,46	0,49	0,41	0,31
Zanahoria								0,50	0,80	1,00	1,00	0,70
Otras Hortalizas	0,10	0,20	0,30	0,50	0,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,50	0,20	0,20
Frutales												
Arándano						0,21	0,35	0,45	0,49	0,49	0,36	
Frambuesa					0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	
Frutilla					0,40	0,63	0,85	0,85	0,80	0,75		
Cerezo						0,48	0,66	0,84	1,03	1,03	0,78	
Huerto Casero	0,20	0,20	0,10	0,10	0,30	0,60	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80	0,60
Manzano Rojo						0,48	0,68	0,88	1,08	1,08	0,96	0,83
Manzano Verde						0,48	0,68	0,88	1,08	1,08	0,96	0,83
Otros Especies	0,20	0,20	0,10	0,10	0,30	0,60	0,70	0,90	0,90	0,90	0,80	0,60
Praderas												
Pradera Natural	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Publicaciones FAO Nº 24 y Nº 56

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG23

Titulo	:	Diagnóstico Perfil Agroeconómico Mediante Estándares de Producción
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	MdeA Consultores Ltda.
Mandante	:	Comisión Nacional de Riego
Fecha Edición	:	2013

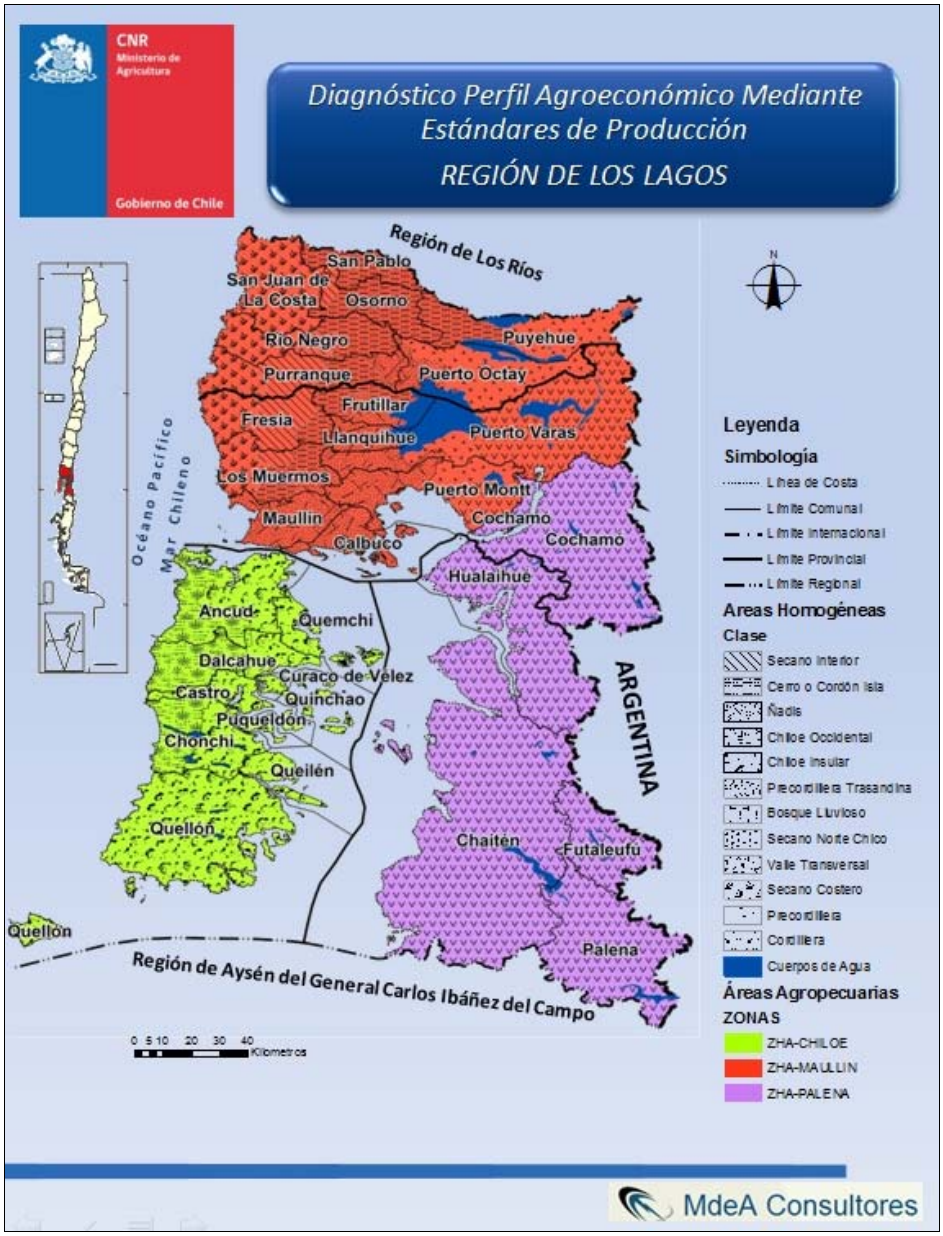
Objetivo del Documento:

Elaborar fichas técnico económica para el total del país distribuidas por zonas agrícolas homogéneas.

Utilidad del documento para el presente estudio:

En el presente estudio se procedió a confeccionar fichas técnico-económicas para la totalidad del país, diferenciadas por región y Zonas Agronómicas Homogéneas (ZAH). El área de la presente consultoría está inserta en 3 zonas: ZAH Chiloé, ZHA Maullín y ZHA Palena la Figura 3.1-10.

Figura 3.1-10: Zonas Homogéneas Agrícolas Región de Los Lagos



Fuente: Diagnóstico Perfil Agroeconómico Mediante Estándares de Producción

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG24

Titulo	:	Municipalidades
Tipo de Documento	:	Información por entrevistas
Fecha Edición	:	Varios años

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información de tipo agronómica existente en las Municipalidades proviene de los Prodesales y Departamentos de Desarrollo Rural (DDR) existentes en cada Municipalidad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG25

Titulo	:	Agroindustrias y Ferias
Tipo de Documento	:	Información por entrevistas
Fecha Edición	:	Varios años

Utilidad del documento para el presente estudio:

La información proporcionada por las empresas de agroindustria y ferias permitirá obtener referentes sobre la situación actual y perspectivas que enfrenta la actividad en la zona, los que serán de suma utilidad en el planteamiento de los criterios de desarrollo para el área del proyecto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG26

Titulo	:	Banco Central de Chile
Tipo de Documento	:	Estadísticas
Fecha Edición	:	Varios años

Utilidad del documento para el presente estudio:

El Banco Central proporciona información de precios y volúmenes de exportación de los principales productos. Estos antecedentes serán de gran utilidad para la elaboración del Estudio de Mercados, Comercialización y Precios del presente proyecto.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° AG27

Titulo	:	Encuestas
Tipo de Documento	:	Información por entrevistas
Fecha Edición	:	2017/2018

Utilidad del documento para el presente estudio:

Con el objeto de recabar antecedentes para el diagnóstico de la situación actual del área del proyecto, se procederá a analizar los resultados que entregue la encuesta efectuada a un máximo de 600 agricultores de la Región de Los Lagos.

3.2. Suelo

El año 2001 el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN, completó el estudio "Actualización y Homogenización de los Estudios de Suelos de la X Región. Los estudios utilizados en la actualización de la X Región son:

- Estudio de Suelos de la Provincia de Valdivia, realizado por IREN en 1974.
- Carta Agrológica de los Suelos de Ñadis de la Provincia de Osorno, CORFO, 1966.
- Estudio de Suelos Área de Nochaco, CORFO, 1962.
- Estudio de Factibilidad Proyecto Industrial Sarao. Estudio de Geomorfología y Suelos de la Cordillera del Sarao, CORFO, 1976.
- Estudio de Suelos del Proyecto Aerofotogramétrico CHILE/OEA/BID, realizado por IREN en 1964.

Con el estudio realizado se completa y actualiza la información sobre los suelos de la X Región. Incluye el estudio agrológico, las clasificaciones interpretativas de Capacidad de Uso, Categoría de Riego, Clases de Drenaje, Aptitud Frutal, Aptitud Agrícola y Erosión Actual de los Suelos y la clasificación taxonómica.

La metodología, leyendas, símbolos y rangos utilizados se atuvieron a lo establecido en el "Manual de Procedimientos y Normas Técnicas para Reconocimientos Agrológicos" preparado por CIREN, de acuerdo a las normas técnicas vigentes (Soil Survey Manual, Handbook N°18 – USDA), adoptado por las instituciones y especialistas que realizan estudios en el país.

En el caso específico de la provincia de Palena, debido a que la información de Ciren Corfo es mínima, se procedió a utilizar la información proporcionada por el Servicio Agrícola y Ganadero, correspondiente a un estudio cartográfico denominado "Análisis de los ecosistemas frágiles, suelo y pradera para la provincia de Palena, X Región" del año 2003.

El estudio del SAG incluye la caracterización de los suelos en las zonas de Hualaihue, Chaitén, Futaleufú y Palena. La cartografía se encuentra en formato ArcGis, pero carece de un texto que indique las series estudiadas y su caracterización, disponiendo sólo de la identificación de las variaciones de series y la clasificación de sus principales parámetros. En aquellos casos en que las siglas de las variaciones de series sean fácilmente identificables, se ha procedido a dar un nombre formal a esas series.

A continuación, para cada una de las provincias que conforman la Región de Los Lagos, se presenta una clasificación de los suelos con su potencialidad, una descripción general de las Series de suelo y la clasificación de las variaciones presentes con su respectiva superficie.

3.2.1. Provincia de Osorno

De la Tabla 3.2-1 se desprende que en la totalidad del área de proyecto el 13,4% de los suelos posee Capacidad de Uso I y II, las que no presentan ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Entretanto, los suelos correspondientes a la clasificación III y IV suman el 30,7%; los suelos VI de Capacidad de Uso agrupan el 9,1% y los no cultivables del orden del 46,6%. De esta manera, el área con potencial agrícola alcanza a más de 360 mil ha.

Tabla 3.2-1: Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
I	5.319,86	0,61
IIe	62.906,49	7,19
IIs	495,67	0,06
IIw	50.241,23	5,74
IIIe	71.598,07	8,19
IIIs	7.458,38	0,85
IIIw	88.000,04	10,06
IVe	72.801,07	8,32
IVs	1.181,47	0,14
IVw	27.606,52	3,16
VIe	70.630,63	8,08
VIs	1.658,96	0,19
VIw	6.798,98	0,78
VIIe	213.824,11	24,45
VIIs	31.794,04	3,64
VIIw	911,09	0,10
VIII	96.452,40	11,01
Otros Suelos	64.979,87	7,43
Total	**874.658,88**	**100,00**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En cuanto a la categoría de riego (Tabla 3.2-2), es interesante señalar que el 22,3% de los suelos son apropiados para el regadío y no presentan restricciones a esta práctica, sólo poseen leves limitaciones, por lo que en ellos se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de conservación, éstos se clasifican en aptitud de riego 1 y 2.

Entretanto, aproximadamente el 10,8% de los suelos se clasifican como pobremente adaptados al riego, en éstos es necesario realizar un manejo cuidadoso de esta práctica, en tanto que en cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado.

Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío cubren 11% de la superficie, en tanto que más del 55% de los suelos no son apropiados para el regadío.

Tabla 3.2-2: Categoría de Riego

Categoría de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	7.046,67	0,81	Bien adaptado
2s	237,46	0,03	Moderadamente bien adaptado
2t	73.907,78	8,45	Moderadamente bien adaptado
2w	116.130,09	13,28	Moderadamente bien adaptado
3s	3.712,01	0,42	Pobremente adaptado
3t	71.549,74	8,18	Pobremente adaptado
3w	18.890,30	2,16	Pobremente adaptado
4s	504,12	0,06	Muy pobremente adaptado
4t	72.668,21	8,31	Muy pobremente adaptado
4w	22.829,56	2,61	Muy pobremente adaptado
6	422.203,07	48,26	No apto
Otros Suelos	64.979,87	7,43	Sin clasificación
Total	**874.658,88**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En el ámbito del drenaje, cabe señalar que en la provincia de Osorno más de 430 mil ha, equivalentes al 49,2%, no presenta problemas de drenaje; el 19,5% presenta un drenaje excesivo y 54.907 hectáreas, equivalentes a 6,3%, poseen un drenaje moderado. Las situaciones más adversas de drenaje abarcan del orden de 154 mil, es decir, el 17,6% de los suelos del sector.

Tabla 3.2-3: Clase de Drenaje

Clase de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	9.461,50	1,08	Muy pobremente drenado
2	42.926,94	4,91	Pobremente drenado
3	101.748,32	11,63	Drenaje imperfecto
4	54.907,15	6,28	Drenaje moderado
5	430.033,11	49,17	Bien drenado
6	170.601,99	19,50	Excesivamente drenado
Otros Suelos	64.979,87	7,43	Sin clasificación
Total	**874.658,88**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-4 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 22,1% de la superficie de la provincia de Osorno no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales. Entretanto los suelos que presentan severas limitaciones

para el desarrollo de especies frutales agrupan el 12,2% de la superficie y aquellos que no tienen aptitud frutícola suman el 58,3%.

Tabla 3.2-4: Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
A	55.641,15	6,36	Sin limitaciones
B	74.639,54	8,53	Ligeras limitaciones
C	62.776,03	7,18	Moderadas limitaciones
D	106.973,79	12,23	Severas limitaciones
E	509.648,50	58,27	Sin aptitud frutal
Otros Suelos	64.979,87	7,43	Sin clasificación
Total	**874.658,88**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-5 se presenta la Aptitud Agrícola de los suelos del área de estudio, en donde se aprecia que el 32,7% no presentan severas limitaciones para ningún cultivo. En tanto que el 11,5% presenta severas limitaciones; el 8,3% puede ser sólo cultivado con praderas; el 29,1% posee aptitud forestal; y finalmente, el 11% se clasifica sin capacidad agrícola ni forestal.

Tabla 3.2-5: Aptitud Agrícola

Aptitud Agrícola	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	5.319,86	0,61	Sin limitaciones
2	112.784,00	12,89	Ligeras limitaciones
3	167.704,19	19,17	Moderadas limitaciones
4	100.455,71	11,49	Severas limitaciones
6	72.427,17	8,28	Aptitud praderas
7	254.535,68	29,10	Aptitud forestal
8	96.452,40	11,03	Sin aptitud
Otros Suelos	64.979,87	7,43	Sin clasificación
Total	**874.658,88**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Por último, en la Tabla 3.2-6 se presenta la clasificación según Erosión, determinándose que el 41,2% de los suelos del área de estudio no tienen problemas de erosión; el 10,7% posee una erosión ligera; el 27,7% una moderada y el 13% una erosión severa.

Tabla 3.2-6: Clase de Erosión

Erosión	Superficie		Leyenda
	ha	%	
0	360.699,60	41,24	Sin erosión
1	93.724,22	10,72	Ligera erosión
2	242.007,50	27,67	Moderada erosión
3	113.247,69	12,95	Severa Erosión
Otros Suelos	64.979,87	7,42	Sin clasificación
Total	**874.658,88**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

A continuación, se presenta para cada Serie de Suelo, de la provincia de Osorno, una descripción general, con la clasificación de los parámetros agrológicos y superficie de cada una de las Variaciones.

SERIE BAHÍA MANSA, franco limosa – Símbolo Cartográfico: BHM

La serie Bahía Mansa es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Oxic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo moderadamente profundo, formado por la meteorización de la roca metamórfica. Se ubica en una topografía de lomaje afectados por procesos erosivos, principalmente con formación de cárcavas, a una altura de 175 a 200 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo grisáceo muy oscuro en el matiz 2.5Y; de textura arcillo limosa y colores amarillo pardusco y pardo fuerte en los matices 10YR y 7.5YR. La permeabilidad es moderada y bien drenado. Substrato de rocas metamórficas del tipo filitas, altamente meteorizadas.

Estos suelos se ubican en las terrazas marinas en posición intermedia, con una topografía de colinas afectadas por procesos erosivos.

Tabla 3.2-7: Variaciones de la Serie Bahía Mansa

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
BHM-1	VIIe	6	2	5	E	7	8.820,70
BHM-2	VIIe	6	2	5	E	7	5.334,88
BHM-3	VIIe	6	1	5	E	7	2.868,71
BHM-4	VIIe	6	2	5	E	7	1.520,03
BHM-5	VIIe	6	3	5	E	7	625,30
BHM-6	VIIe	6	2	5	E	7	3.355,71
Total							**22.525,33**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE COLLIHUINCO, franca – Símbolo Cartográfico: COH

La Serie Collihuinco es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo moderadamente profundo, en posición de lomajes suaves, ubicados aproximadamente a 100 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franca y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en profundidad. De permeabilidad moderada y bien drenado. Substrato fluvioglacial con gravas redondeadas muy meteorizadas. Ligera a moderada susceptibilidad a la erosión.

Suelo en posición de lomajes suaves, que parecen corresponder a antiguos planos de origen marino.

Tabla 3.2-8: Variaciones de la Serie Collihuinco

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
COH-1	IVe	4t	0	5	D	4	1.718,21
COH-3	VIe	6	1	5	E	6	293,40
COH-4	VIIe	6	2	5	E	7	1.215,77
COH-5	IIIe	3t	0	4	C	3	0,00
Total							**3.227,38**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CORTE ALTO, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: ATO

La Serie Corte Alto es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Hapludands (Andisol).

Suelo profundo formado a partir de cenizas volcánicas holocénicas. De textura franco arcillo limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y de textura franco limosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Presenta una topografía de ligera a moderadamente ondulada, ocupa una posición de terrazas remanentes. Buen arraigamiento y buena retención de agua. No presenta evidencias de erosión y tiene buen drenaje. Ocasionalmente puede presentar una toba bajo los 150 cm de profundidad.

Este suelo ocupa una posición de terrazas remanentes.

Tabla 3.2-9: Variaciones de la Serie Corte Alto

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
ATO-1	I	1	0	5	A	1	5.319,86
ATO-2	IIe	2t	0	5	A	2	1.954,71
ATO-3	IIIe	3t	0	5	B	3	780,07
Total							**8.054,64**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CUDICO, franco arcillo arenosa – Símbolo Cartográfico: CUD

La Serie Cudico es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Typic Hapludults (Ultisol).

Son suelos profundos que se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas antiguas. De textura superficial franco arcillosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo a rojo amarillento en el matiz 5YR en profundidad. Bien estructurado a través del perfil. Se presenta en forma de terrazas disectadas y erosionadas con pendientes complejas dominantes de 5 a 20% y en topografía de lomajes y cerros con más de 20% de pendiente.

Este suelo ocupa una posición de terrazas disectadas y erosionadas que conforman un paisaje de lomajes con pendientes de 5 a 30% y cerros con 30 a 50% de pendiente.

Tabla 3.2-10: Variaciones de la Serie Cudico

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CUD-1	IVe	4t	2	5	E	4	7.427,08
CUD-2	IIe	2t	0	5	B	2	481,83
CUD-3	IIIe	3t	0	5	C	3	8.822,29
CUD-4	VIe	6	2	5	E	6	1.664,89
CUD-5	VIe	6	2	5	E	6	117,25
CUD-6	VIIe	6	3	5	E	7	966,31
Total							**19.479,65**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE FRUTILLAR, franca – Símbolo Cartográfico: FRU

La Serie es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Placaquands (Andisol).

Suelo moderadamente profundo, formado por cenizas volcánicas retransportadas por agua y depositadas sobre un substrato fluvioglacial de gravas y arena cementada en posición de terraza aluvial plana. De textura superficial franca y color negro en el matiz 10YR; de textura franco limosa, de color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos con problemas de drenaje por el substrato impermeable y que causa un nivel freático alto, pero que en verano se encuentran cercano al substrato (15 a 20 cm) en los suelos de peor drenaje o desaparece en los de mejor drenaje.

El suelo ocupa una posición de terraza aluvial plana.

Tabla 3.2-11: Variaciones de la Serie Frutillar

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
FRU-1	IIIw	2w	0	3	D	3	8.502,60
FRU-2	IIIw	2w	0	3	D	3	6.808,70
FRU-3	IVw	3w	0	2	E	4	768,36
FRU-4	IIIw	2t	0	3	D	3	6.271,03
Total							**22.350,69**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUEICOYA, franco limosa – Símbolo Cartográfico: HEY

La Serie Hueicoya es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Typic Haplohumults (Ultisol).

Suelos derivados de micaesquisto, que se ubica en la Cordillera de la Costa entre los 100 y 750 msnm, moderadamente profundos, pero que presenta variaciones en la profundidad a causa de la erosión. De textura franco limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y textura arcillo limosa y color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. Bien estructurado en todo el perfil. El material parental, micaesquisto, se encuentra con diferentes grados de meteorización. La topografía es de cerros con pendientes dominantes de 30 a 50%. Ocupa una posición de cerros en la cordillera de la Costa.

Tabla 3.2-12: Variaciones de la Serie Hueicoya

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HEY-1	VIIe	6	2	6	E	7	9.218,54
HEY-2	VIe	6	1	5	E	7	7.610,88
HEY-4	VIIe	6	2	5	E	7	5.931,18
HEY-5	VIIe	6	2	6	E	7	8.913,00
HEY-6	VIII	6	3	6	E	8	1.036,30
HEY-7	VIII	6	3	6	E	8	4.594,62
Total							**37.304,52**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUEÑI, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: HNI

La Serie El Hueñi es un miembro de la Familia franca gruesa, mixta, mésica de los Oxic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo moderadamente profundo, desarrollado de rocas filíticas y micaesquistos. Se ubica en la cordillera de la costa entre 500 y 900 msnm. De textura superficial franco arenosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR; de textura arcillosa y color pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. La permeabilidad es moderada y bien drenado. Se ubica en la cordillera de la Costa, en posición de cerros y escarpes.

Tabla 3.2-13: Variaciones de la Serie Hueñi

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HNI-1	VIIe	6	2	6	E	7	15.299,10
HNI-2	VIIe	6	2	5	E	7	6.242,86
HNI-3	VIIe	6	2	5	E	7	10.317,95
HNI-4	VIIe	6	2	6	E	7	5.700,10
HNI-6	VIII	6	3	6	E	8	17.281,00
Total							**54.841,01**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUILMA, franco limosa – Símbolo Cartográfico: HMA

La Serie Huilma es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Andic Palehumults (Ultisol).

Suelo derivado de cenizas volcánicas, profundo, que ocupa posiciones de lomajes entre 250 a 400 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Presenta buena estructura a través del perfil y buen arraigamiento hasta los 100 cm de profundidad. La topografía es moderadamente ondulada con pendientes de 8 a 15%. Las pendientes más fuertes pueden llegar de 20 a 30% y los sectores más planos tienen pendientes de 5 a 8%. Todas las fases presentan buen drenaje. Substrato de una morrena terminal con piedras muy meteorizadas, mezclada con tobas blandas muy meteorizadas.

El suelo ocupa una posición de lomajes suaves.

Tabla 3.2-14: Variaciones de la Serie Huilma

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HMA-1	IVe	4t	2	5	E	4	34.353,67
HMA-2	VIe	6	3	5	E	6	4.248,53
HMA-3	VIIe	6	3	5	E	7	582,70
HMA-4	VIIe	6	3	5	E	7	2.643,56
HMA-5	IIIe	3t	0	5	C	3	14.711,94
HMA-6	IIe	2t	0	5	B	2	1.131,34
HMA-7	VIe	6	2	5	E	6	4.144,85
HMA-8	IIIe	3t	0	5	C	3	9,11
Total							**61.825,70**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUIÑO HUIÑO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: HHN

La Serie Huiño Huiño es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Aquandic Humaquepts (Inceptisol).

Suelo formado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre planos fluvioglaciales. Ocupa sectores pequeños y deprimidos dentro del paisaje y la posición topográfica más baja dentro de extensiones planas o ligeramente onduladas. Se presenta con pendientes de 0 a 1% y en forma cóncava. Presenta niveles freáticos durante todo el año y en invierno el agua se encuentra muy próxima a la superficie o los suelos están inundados, si no existe drenaje artificial. Suelo profundo, ocasionalmente llega a tener más de 150 cm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR; de textura arcillosa y color gris oscuro en profundidad. El substrato es una toba, que puede ser reemplazada por gravas y arenas cementadas. Suelo de drenaje pobre.

Tabla 3.2-15: Variaciones de la Serie Huiño Huiño

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HHN-1	IVw	4w	0	2	E	4	9.936,78
HHN-2	VIw	6	0	1	E	6	4.455,69
HHN-3	VIIw	6	0	1	E	6	120,60
HHN-4	IIIw	3w	0	3	E	3	3.501,44
Total							**18.014,51**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LA PELADA, franco arcillo arenosa – Símbolo Cartográfico: LPA

La Serie La Pelada es un miembro de la Familia franca fina, isomésica, delgada de los Oxic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo delgado y muy delgado, formado a partir de micaesquisto, que ocupa los sectores más altos de la Cordillera de la Costa entre los 750 y 1.100 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franco arcillo arenosa y color gris oscuro en el matiz 10YR y textura arcillo limosa y color gris oliva en el matiz 5Y en profundidad. El substrato, que constituye el material parental del suelo, corresponde a micaesquisto con diferentes grados de meteorización. La

topografía es compleja, dominando el relieve moderadamente ondulado con pendientes de 8 a 15%. Son suelos de drenaje imperfecto.

Suelos moderadamente ondulados con pendientes dominantes de 8 a 15%, que se presentan en los sectores más altos de la cordillera de la Costa.

Tabla 3.2-16: Variaciones de la Serie La Pelada

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LPA-1	VIIs	6	3	3	E	7	8.784,13
LPA-2	VIIs	6	3	2	E	7	17.467,14
LPA-3	VIIs	6	2	3	E	7	2.188,13
Total							**28.439,40**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LA UNIÓN, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: LUN

La Serie La Unión es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Antic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de lomajes en los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa, a alturas que fluctúan entre los 60 y 90 msnm. Corresponden a cenizas volcánicas muy antiguas depositadas sobre conglomerados multicolores o sobre toba volcánica. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR y textura franco arcillo limosa de color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es una toba muy descompuesta que se presenta dominantemente a una profundidad de 80 a 90 cm. La topografía es suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente, con ligera erosión y con buen drenaje.

El suelo ocupa una posición de lomajes suaves.

Tabla 3.2-17: Variaciones de la Serie La Unión

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LUN-1	IIIe	3t	1	5	C	3	10.783,09
LUN-2	IIe	2t	0	5	B	2	7.167,90
LUN-3	IVe	4t	2	5	E	4	7.465,05
LUN-4	VIe	6	2	5	E	6	431,91
Total							**25.847,95**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LOS RISCOS, franco limosa - Símbolo Cartográfico: LRC

La Serie Los Riscos es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Typic Hydrudands (Andisol).

La Serie Los Riscos comienza a presentarse en la provincia de Osorno y se extiende hacia la provincia de Llanquihue. Suelo formado a partir de cenizas volcánicas holocénicas, que ocupa de preferencia una topografía de moderada a fuertemente ondulada. Los sectores de menor pendiente ocupan superficies más pequeñas. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; textura franco arcillo limosa a arcillo limosa y colores pardo grisáceo y pardo fuerte en los matices 10YR y 7.5YR en profundidad. Ocupa los sectores altos de la precordillera de Los Andes, en transición hacia las áreas rocosas. Presenta buen drenaje y erosión moderada en algunos sectores.

Suelo en posición de piedmont, lomajes y cerros.

Tabla 3.2-18: Variaciones de la Serie Los Riscos

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LRC-1	VIIe	6	2	6	E	7	2.614,17
LRC-2	IIe	2t	0	5	B	3	859,39
LRC-3	IIIe	2t	0	5	B	3	48,33
LRC-4	IIIe	3t	0	5	C	3	73,62
LRC-5	IVe	4t	0	5	D	4	586,34
LRC-6	VIe	6	0	5	E	6	2.089,79
Total							**6.271,64**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE MAYAMŌ, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: MAY

La Serie Mayamó es un miembro de la Familia media, Mixta, isomésica de los Acrudoxic Durudands (Andisol).

Esta Serie está constituida por suelos moderadamente profundos, evolucionados a partir de cenizas volcánicas. El suelo tiene como substrato un fierrillo bajo el cual se encuentra un depósito fluviogacial cementado de arenas y gravas, a profundidades variables entre 60 y 90 cm. Ocupa una posición topográfica más alta que los suelos de ñadi, especialmente en el sector norte de la isla, en las terrazas fluvioglaciales que tienen entre 70 y 110 m sobre el nivel del mar. Se encuentra asociada a las Series Calonje que ocupa las partes más deprimidas y a las series Mechaico, Coipomó y Coquiao que ocupan sectores más altos. Suelo bien drenado en pendiente superiores a 3%; en pendientes inferiores a 2% el drenaje es imperfecto. El escurrimiento superficial es rápido y la permeabilidad interna es moderadamente lenta.

Presenta una topografía de lomajes suaves con pendientes máximas de 30%, pero los dominantes son de 15 a 20%. Existen sectores planos de drenaje imperfecto en los cuales la pendiente dominante es inferior a 2%.

Tabla 3.2-19: Variaciones de la Serie Mayamó

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MAY-10	IIIe	3t	0	5	C	3	0,52
Total							**0,52**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE OSORNO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: OSR

La Serie Osorno es un miembro de la Familia media, mésica de los Typic Hapludans (Andisol). Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre planos fluvioglaciales, es posición de terrazas que se ubican en la Depresión Intermedia a una altura de 90 a 150 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR y textura franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos

en topografía de lomajes suaves, de permeabilidad moderada y bien drenados. Presenta como inclusión suelos de mal drenaje, imperfecto o pobre, de las Series Chan Chan o Huiño Huiño, en las posiciones bajas, entre ondulaciones. El suelo ocupa una posición de terrazas remanentes.

Tabla 3.2-20: Variaciones de la Serie Osorno

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
OSR-1	IIe	2t	0	5	A	2	39.385,58
OSR-2	IIIe	3t	0	5	B	3	10.929,68
OSR-3	IIIs	2t	0	5	C	3	2.183,90
OSR-4	IIIe	3t	0	5	C	3	7.584,80
OSR-5	IVe	4t	0	5	D	4	3.527,02
OSR-6	IIw	2w	0	4	B	2	42.193,54
OSR-7	VIIe	6	2	5	E	7	185,02
OSR-8	IIIs	2s	0	4	C	3	237,46
OSR-9	IIe	2t	0	5	B	2	1.048,29
Total							**107.275,29**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PIEDRA DE ORO, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: POR

La Serie Piedra de Oro es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo profundo, con topografía de lomajes y escarpes, desarrollado de rocas esquistosas y filitas. De textura superficial franco arenosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR; de textura arcillo limosa y color pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. De permeabilidad moderada y bien drenado.

Suelo ubicado en la cordillera de la Costa, en posición de lomajes y cerros escarpados.

Tabla 3.2-21: Variaciones de la Serie Piedra de Oro

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
POR-1	VIIe	6	2	5	E	7	6.770,89
POR-2	VIIe	6	1	5	E	7	6.490,51
POR-3	VIIe	6	2	5	E	7	17.787,50
POR-4	VIIe	6	3	5	E	7	7.546,49
POR-5	VIIe	6	3	6	E	7	1.804,65
POR-6	VIII	6	3	6	E	8	8.896,17
POR-7	VIe	6	1	5	E	6	405,36
Total							**49.701,57**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PIEDRAS NEGRAS, franco limosa – Símbolo Cartográfico: PNG

La Serie Piedras Negras es un miembro de la Familia media, mésica de los Acrodoxic Hydric Melanudands (Andisol).

Suelo profundo, originado por el depósito de cenizas volcánicas sobre planos lacustres, que se ubican en la Depresión Intermedia y en los inicios de la Precordillera Andina, a una altura de 120 a 150 msnm. De textura franco limosa y color negro en el matiz 10YR en superficie y textura arcillo limosa y color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato está constituido por sedimentos fluvioglaciales cementados. Ocupa una topografía casi plana con pendientes de 1 a 3% y con drenaje moderado. El suelo ocupa una posición de terrazas lacustres con depósitos piro clásticos y topografía plana y casi plana.

Tabla 3.2-22: Variaciones de la Serie Piedras Negras

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PNG-1	IIIw	4w	0	4	D	3	3.019,41
PNG-2	IVw	3w	0	3	E	4	1.662,79
PNG-3	VIw	6	0	2	E	6	572,13
Total							**5.254,33**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUERTO FONK, franca – Símbolo Cartográfico: PFO

La Serie Puerto Fonk es un miembro de la Familia media, mésica de los Pachic Melanudands (Andisol).

Suelo profundo, originado por el depósito de cenizas volcánicas sobre morrenas laterales y de retroceso de la última glaciación, que se ubican en la Depresión Intermedia y en los inicios de la Precordillera Andina, a una altura de 180 a 250 msnm. De textura superficial franca y color negro en el matiz 10YR; de textura franco limosa y colores negro y pardo grisáceo muy oscuro en el matiz 10YR. Suelos de topografía compleja, desde ligeramente ondulados con pendientes de 2 a 5% hasta cerros con pendientes de 30 a 50%; bien drenados. Suelo en posición de terraza remanente.

Tabla 3.2-23: Variaciones de la Serie Puerto Fonk

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PFO-1	VIe	6	0	5	E	6	3.441,15
PFO-2	IIe	2t	0	5	B	2	1.896,45
PFO-3	IIIe	3t	0	5	D	3	4.029,76
PFO-4	IVe	4t	0	5	E	4	1.611,37
PFO-5	VIIe	6	0	6	E	7	699,06
Total							**11.677,79**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUERTO OCTAY, franco limosa – Símbolo Cartográfico: PXO

La Serie Puerto Octay es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Hapludands (Andisol).

Suelo originado a partir de cenizas volcánicas holocénicas, que se encuentra ocupado las posiciones de terrazas remanentes y formaciones morrénicas que rodean al Lago Llanquihue. Suelo profundo, de textura franco limosa y color pardo rojizo en el matiz 5YR en la superficie; de textura franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Se presenta en topografía ligeramente ondulada con pendiente de 2 a 5% y también fuertemente

ondulados con pendiente hasta 20%. Presenta buen drenaje, buena retención de agua y muy buen arraigamiento a través del perfil.

Tabla 3.2-24: Variaciones de la Serie Puerto Octay

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PXO-1	IIIe	3t	0	5	C	3	13.613,17
PXO-2	IVe	4t	0	5	D	4	4.824,92
PXO-3	VIe	6	0	5	E	6	11.111,24
PXO-4	VIIe	6	0	6	E	7	8.842,98
PXO-5	IIe	2t	0	5	A	2	8.981,00
Total							**47.373,31**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUNOTRO, franca - Símbolo Cartográfico: PTO

La Serie Punotro es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo profundo, formado a partir de sedimentos marinos mezclados con cenizas volcánicas. De textura superficial franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR; de textura arcillo limosa y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Presenta una topografía de ligera a fuertemente ondulada. Sólo en los sectores de menor pendiente puede tener problemas de mal drenaje. La erosión es fuerte en las topografías fuertemente ondulada, donde se encuentran los perfiles más delgados. El suelo ocupa una posición de lomajes, de ligeramente ondulados a fuertemente ondulados.

Tabla 3.2-25: Variaciones de la Serie Punotro

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PTO-1	VIe	6	2	5	E	6	15.941,12
PTO-2	IVe	4t	1	3	D	4	3.674,93
PTO-3	VIIe	6	2	5	E	7	6.356,99
PTO-4	VIIe	6	3	5	E	7	6.255,67
PTO-5	IVe	4t	1	5	D	4	2.370,11
Total							**34.598,82**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE REPIL, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: REP

La Serie Repil es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo ubicado en una posición intermedia, adosada a la cordillera de la costa. Topografía de lomajes. De textura superficial franco arenosa y color gris rojizo en el matiz 5YR; de textura arcillo limosa y color pardo amarillento oscuro en profundidad. Substrato constituido por sedimentos marinos sobre rocas metamórficas. Ocupa una posición de lomajes suaves.

Tabla 3.2-26: Variaciones de la Serie Repil

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
REP-1	IVe	4t	2	5	E	4	2.460,95
REP-2	IIIe	3t	1	5	C	4	211,69
REP-3	VIe	6	1	5	E	6	1.710,85
Total							**4.383,49**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE RUCATAYO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: RUC

La Serie Rucatayo es un miembro de la Familia media, mésica de los Acrudoxic Thaptic Hydrudands (Andisol).

Suelo profundo, desarrollado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de lomajes y de cerros en la Cordillera de Los Andes, a una altura de 400 a 800 msnm. De textura superficial franco limosa y color negro en el matiz 10YR y textura arcillo limosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Suelos con una topografía de fuertemente ondulados a cerros con pendientes de 15 a 50% y bien drenados. Suelo que ocupa una posición de lomajes y cerros en la Cordillera de los Andes.

Tabla 3.2-27: Variaciones de la Serie Rucatayo

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
RUC-1	VIe	6	0	5	E	7	336,03
RUC-2	IVe	6	0	5	E	6	132,86
RUC-3	VIIe	6	0	6	E	7	215,84
Total							**684,73**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE RUPANQUITO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: RUP

La Serie Rupanquito es un miembro de la Familia media, mésica de los Aquic Hapludands (Andisol).

Suelo de origen aluvial, moderadamente profundo, formado por cenizas volcánicas redepositadas por agua sobre materiales fluvioglaciales cementados, en posición de terraza aluvial. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y de color pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. Suelo de topografía plana y de drenaje imperfecto. El nivel freático en el mes de enero se encuentra deprimido, presentándose sobre el fierrillo o desaparece totalmente quedando el último horizonte sólo húmedo. Suelo plano en posición de terraza aluvial.

Tabla 3.2-28: Variaciones de la Serie Rupanquito

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
RUP-1	IIIw	2w	0	3	D	3	23.158,68
RUP-2	IIIw	2w	0	3	D	3	27.601,95
RUP-3	IVw	3w	0	2	E	4	4.081,26
RUP-4	VIw	6	0	1	E	6	21,14
RUP-5v	IIw	2w	0	4	B	2	4.786,21
Total							**59.649,24**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE TRINIDAD, franco arcillo arenosa – Símbolo Cartográfico: TRI

La Serie es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Ultic Hapludalfs (Alfisol).

Suelo formado a partir de sedimentos marinos mezclados con cenizas volcánicas, moderadamente profundo, sobre un substrato muy meteorizado y con gravas redondeadas también profundamente meteorizadas. De textura superficial franco arenosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo en el matiz 5YR en profundidad. Ocupa una topografía de lomajes fuertemente ondulados con 15 a 20% de pendiente. Son suelos bien drenados, presentan erosión moderada. Ocupa una posición de lomajes y cerros.

Tabla 3.2-29: Variaciones de la Serie Trinidad

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TRI-1	VIe	6	2	5	E	6	17.083,38
TRI-2	IVe	4t	1	5	D	4	2.648,56
TRI-3	VIIe	6	3	5	E	7	8.359,97
TRI-4	VIIe	6	3	6	E	7	8.945,20
TRI-5	VIIe	6	2	5	E	7	1.453,93
Total							**38.491,04**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-30: Variaciones de Terrazas Aluviales

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TA-2	IIIs	2t	0	5	C	3	1.361,36
TA-3	IIIw	3w	0	3	D	3	125,09
TA-5	VIs	6	0	4	E	6	324,66
TA-6	VIIs	6	0	6	E	7	46,00
TA-7	IIw	1	0	4	B	2	1.726,81
TA-8	IIIw	2w	0	3	D	3	1.075,20
TA-9	IIIs	3s	0	5	C	3	954,77
TA-10	IIIw	2w	0	3	D	3	356,75
TA-11	IVs	4s	0	4	E	4	258,14
TA-13	IVw	4w	0	2	E	4	5.297,77
TA-14	IIIs	3s	0	5	D	3	933,22
TA-15	IVs	3s	0	5	E	4	677,35
TA-17	IVw	4w	0	2	E	4	2.934,59
TA-19	VIw	6	0	1	E	6	1.315,71
TA-20	VIs	6	0	6	E	6	232,74
TA-21	IIIw	3w	0	3	D	3	4.518,62
TA-22	VIw	6	0	2	E	6	227,90
Total							**22.366,68**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-31: Variaciones de Terrazas Aluviales de Cenizas Volcánicas

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TV-1	IIs	2t	0	5	B	2	495,67
TV-3	IIIs	2t	0	5	B	3	641,00
TV-4	IIIw	2w	0	3	D	3	111,79
TV-5	IVs	4s	0	5	D	4	245,98
TV-7	IVw	3w	0	3	E	4	1.283,96
TV-9	IIIw	3w	0	3	D	3	864,92
TV-11	IIIs	3s	0	5	C	3	25,78
Total							**3.669,10**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-32: Variaciones de Terrazas Aluviales Recientes de ríos de Precordillera

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
ES-1	IIIs	3s	0	5	C	3	946,53
ES-3	VIs	6	0	6	E	6	1.101,56
ES-4	VIIs	6	0	6	E	7	473,38
Total							**2.521,47**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-33: Variaciones de Terrazas Aluviales del Río Rahue

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
RR-1	IIw	2w	0	4	B	2	453,03
RR-2	IIw	2w	0	4	C	2	1.081,64
RR-3	IIIw	3w	0	4	E	3	826,25
RR-4	IIIw	3w	0	3	E	3	1.257,61
RR-5	IVw	4w	0	2	E	7	1.212,18
RR-6	VIw	6	0	1	E	6	133,52
RR-7	VIw	6	0	1	E	6	72,89
RR-8	IIIs	3s	0	5	C	3	174,36
RR-9	IVw	4w	0	2	E	4	428,83
Total							**5.640,31**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-34: Suelos Misceláneos

Tipo Misceláneo	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MISCELÁNEO RÍO	MR	VIII	6	0	6	E	8	28,32
MISCELÁNEO RÍO	MR-1	VIIs	6	0	6	E	6	241,56
MISCELÁNEO QUEBRADA	MQ	VIIe	6	2	5	E	7	26.925,12
MISCELÁNEO QUEBRADA	MQ-1	VIII	6	2	6	E	8	1.511,53
MISCELÁNEO DUNA	MD-1	VIII	6	3	6	E	8	196,23
MISCELÁNEO PANTANO	MP	VIII	6	0	1	E	8	2.551,46
MISCELÁNEO PANTANO	MP-1	VIIw	6	0	1	E	6	790,49
MISCELÁNEO ESCARPE	E	VIII	6	2	5	E	8	3.254,25
MISCELÁNEO ESCORIA VOLCÁNICA	ML	VIII	6	0	6	E	8	2.446,39
MISCELÁNEO MORRENA	MM	VIIs	6	0	6	E	7	2.593,70
MISCELÁNEO MONTAÑAS ROCOSAS	ER	VIIe	6	3	6	E	7	13.013,72
TERRENOS ROCOSOS	R	VIII	6	1	6	E	8	54.656,13
Total	**Total**							**108.208,90**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

3.2.2. Provincia de Llanquihue

De la Tabla 3.2-35 se desprende que en la totalidad del área de proyecto el 5,2% de los suelos posee Capacidad de Uso I y II, la que no presentan ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Entretanto, los suelos correspondientes a la clasificación III y IV suman el 27,6%; los V el 0,3%, los suelos VI de Capacidad de Uso agrupan el 19,7% y los no cultivables del orden del 49%. De esta manera, el área con potencial agrícola alcanza a casi 274 mil ha.

En cuanto a la categoría de riego (Tabla 3.2-36), es interesante señalar que el 9,1% de los suelos son apropiados para el regadío y no presentan restricciones a esta práctica, sólo poseen leves limitaciones, por lo que en ellos se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de conservación, éstos se clasifican en aptitud de riego 1 y 2.

Entretanto, aproximadamente el 16,7% de los suelos se clasifican como pobremente adaptados al riego, en éstos es necesario realizar un manejo cuidadoso de esta práctica, en tanto que en cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado.

Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío cubren 6,9% de la superficie, en tanto que más del 43% de los suelos no son apropiados para el regadío.

Tabla 3.2-35: Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
I	3.168,60	0,35
IIe	37.500,72	4,10
IIs	1.090,31	0,12
IIw	5.742,18	0,63
IIIe	105.644,36	11,54
IIIs	5.174,86	0,57
IIIw	71.348,57	7,80
IVe	38.808,43	4,24
IVs	5.389,53	0,59
IVw	25.703,42	2,81
V	2.421,66	0,26
VIe	57.143,65	6,24
VIs	11.156,78	1,22
VIw	95.670,74	10,44
VIIe	126.563,66	13,83
VIIs	67.274,91	7,35
VIIw	18.707,71	2,04
VIII	20.338,57	2,22
Otros Suelos	216.262,52	23,65
Total	**915.111,17**	**100,00**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-36: Categoría de Riego

Categoría de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	5.289,78	0,58	Bien adaptado
2s	693,91	0,08	Moderadamente bien adaptado
2t	42.595,98	4,65	Moderadamente bien adaptado
2w	34.859,97	3,81	Moderadamente bien adaptado
3s	3.254,59	0,36	Pobremente adaptado
3t	114.770,32	12,54	Pobremente adaptado
3w	35.160,16	3,84	Pobremente adaptado
4s	4.877,56	0,53	Muy pobremente adaptado
4t	29.128,30	3,18	Muy pobremente adaptado
4w	28.940,41	3,16	Muy pobremente adaptado
6	399.277,68	43,64	No apto
Otros Suelos	216.262,52	23,63	Sin clasificación
Total	**915.111,17**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En el ámbito del drenaje, tal como se aprecia en la Tabla 3.2-37, cabe señalar que en la provincia de Llanquihue más de 318 mil ha, equivalentes al 34,7%, no presenta problemas de drenaje; del orden del 11,7% presenta un drenaje excesivo y 47.008 hectáreas, equivalentes a 5,1%, poseen un drenaje moderado. Las situaciones más adversas de drenaje abarcan del orden de 227 mil, es decir, el 24,8% de los suelos del sector.

Tabla 3.2-37: Clase de Drenaje

Clase de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	23.866,07	2,61	Muy pobremente drenado
2	41.959,53	4,59	Pobremente drenado
3	161.060,55	17,60	Drenaje imperfecto
4	47.007,78	5,14	Drenaje moderado
5	317.559,74	34,68	Bien drenado
6	107.394,98	11,74	Excesivamente drenado
Otros Suelos	216.262,52	23,64	Sin clasificación
Total	**915.111,17**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-38 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 18% de la superficie de la provincia de Llanquihue no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales. Entretanto los suelos que presentan severas limitaciones para el desarrollo de especies frutales agrupan el 7,3% de la superficie y aquellos que no tienen aptitud frutícola suman el 51,1%.

Tabla 3.2-38: Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
A	12.093,80	1,32	Sin limitaciones
B	86.926,99	9,50	Ligeras limitaciones
C	65.638,21	7,17	Moderadas limitaciones
D	66.989,83	7,32	Severas limitaciones
E	467.199,82	51,06	Sin aptitud frutal
Otros Suelos	216.262,52	23,63	Sin clasificación
Total	**915.111,17**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-39 se presenta la Aptitud Agrícola de los suelos del área de estudio, en donde se aprecia que el 25,3% no presentan severas limitaciones para ningún cultivo. En tanto que el 7,4% presenta severas limitaciones; el 20,3% puede ser sólo cultivado con praderas; el 16% posee aptitud forestal; y finalmente, el 7,4% se clasifica sin capacidad agrícola ni forestal.

Tabla 3.2-39: Aptitud Agrícola

Aptitud Agrícola	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	3.168,60	0,35	Sin limitaciones
2	50.545,86	5,52	Ligeras limitaciones
3	178.145,01	19,47	Moderadas limitaciones
4	67.711,50	7,40	Severas limitaciones
6	185.442,90	20,26	Aptitud praderas
7	146.559,87	16,02	Aptitud forestal
8	67.274,91	7,35	Sin aptitud
Otros Suelos	216.262,52	23,63	Sin clasificación
Total	**915.111,17**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Por último, en la Tabla 3.2-40 se presenta la clasificación según Erosión, determinándose que el 46,5% de los suelos del área de estudio no tienen problemas de erosión; el 10,4% posee una erosión ligera; el 14,3% una moderada y el 5,2% una erosión severa.

Tabla 3.2-40: Clase de Erosión

Erosión	Superficie		Leyenda
	ha	%	
0	425.757,17	46,53	Sin erosión
1	94.706,84	10,35	Ligera erosión
2	131.156,47	14,33	Moderada erosión
3	47.228,18	5,16	Severa Erosión
Otros Suelos	216.262,52	23,63	Sin clasificación
Total	**915.111,17**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

A continuación, se presenta para cada Serie de Suelo, de la provincia de Llanquihue, una descripción general, con la clasificación de los parámetros agrológicos y superficie de cada una de las Variaciones.

SERIE ALERCE, francas – Símbolo Cartográfico: ALC

La Serie es un miembro de la Familia Media, amórfica, isomésica de los Duric Histic Placaquands (Andisol).

Suelo delgado y muy delgado, desarrollado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre un substrato fluvioglacial de cementación variable. Generalmente posee en la superficie un horizonte O, sobre el suelo mineral, que puede alcanzar hasta 10 cm de espesor. El suelo presenta una textura franca en el horizonte superficial y más fina en los horizontes más profundos. La parte superior del substrato fluvioglacial frecuentemente constituye un duripán a causa de la fuerte cementación silícica que presenta. Entre el suelo y este substrato se encuentra un horizonte plácico (fierrillo) de hasta 10 mm de espesor, irregular, discontinuo y de cementación variable. Este suelo ocupa las posiciones planas y depresivas del paisaje, por lo que el drenaje varía entre imperfecto y muy mal drenado. La mayoría de los pedones se encuentran saturados a lo largo de todo el año.

Ocupa las terrazas fluvioglaciales planas en las posiciones más deprimidas del paisaje.

Tabla 3.2-41: Variaciones de la Serie Alerce

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
ALC-1	VIw	6	0	3	E	6	66.018,86
ALC-2	VIIw	6	0	3	E	6	11.289,51
ALC-3	VIIw	6	0	2	E	6	5.225,64
ALC-4	V	6	0	1	E	6	439,88
ALC-5	VIw	6	0	3	E	6	2.073,33
Total							**85.047,22**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE COLLIHUINCO, franca – Símbolo Cartográfico: COH

La Serie Collihuinco es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo moderadamente profundo, en posición de lomajes suaves, ubicados aproximadamente a 100 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franca y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR; de textura franco arcillosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en profundidad. De permeabilidad moderada y bien drenado. Substrato fluvioglacial con gravas redondeadas muy meteorizadas. Ligera a moderada susceptibilidad a la erosión.

Suelo en posición de lomajes suaves, que parecen corresponder a antiguos planos de origen marino.

Tabla 3.2-42: Variaciones de la Serie Collihuinco

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
COH-1	IVe	4t	0	5	D	4	1.880,62
COH-2	IIIe	3t	0	5	C	3	1.316,98
COH-3	VIe	6	1	5	E	6	1.773,87
COH-4	VIIe	6	2	5	E	7	597,42
COH-5	IIIe	3t	0	4	C	3	1.507,93
Total							**7.076,81**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CORTE ALTO, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: ATO

La Serie Corte Alto es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Hapludands (Andisol).

Suelo profundo formado a partir de cenizas volcánicas holocénicas. De textura franco arcillo limosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR en superficie y de textura franco limosa y color pardo a pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Presenta una topografía de ligera a moderadamente ondulada, ocupa una posición de terrazas remanentes. Buen arraigamiento y buena retención de agua. No presenta evidencias de erosión y tiene buen drenaje. Ocasionalmente puede presentar una toba bajo los 150 cm de profundidad. Este suelo ocupa una posición de terrazas remanentes.

Tabla 3.2-43: Variaciones de la Serie Corte Alto

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
ATO-1	I	1	0	5	A	1	3.168,60
ATO-2	IIe	2t	0	5	A	2	6.710,95
ATO-3	IIIe	3t	0	5	B	3	3.801,68
ATO-4	IIIe	3t	0	5	C	3	1.595,86
ATO-5	IVe	4t	0	5	D	4	492,43
ATO-6	VIe	6	0	5	E	6	70,40
Total							**15.839,92**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CUDICO, franco arcillo arenosa – Símbolo Cartográfico: CUD

La Serie Cudico es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Typic Hapludults (Ultisol).

Son suelos profundos que se han desarrollado a partir de cenizas volcánicas antiguas. De textura superficial franco arcillosa y color pardo oscuro en el matiz 10YR; de textura arcillosa y color pardo rojizo a rojo amarillento en el matiz 5YR en profundidad. Bien estructurado a través del perfil. Se presenta en forma de terrazas disectadas y erosionadas con pendientes complejas dominantes de 5 a 20% y en topografía de lomajes y cerros con más de 20% de pendiente. Este suelo ocupa una posición de terrazas disectadas y erosionadas que conforman un paisaje de lomajes con pendientes de 5 a 30% y cerros con 30 a 50% de pendiente.

Tabla 3.2-44: Variaciones de la Serie Cudico

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CUD-1	IVe	4t	2	5	E	4	4.714,46
CUD-2	IIe	2t	0	5	B	2	2.915,35
CUD-3	IIIe	3t	0	5	C	3	3.602,41
CUD-4	VIe	6	2	5	E	6	2.363,61
CUD-5	VIe	6	2	5	E	6	308,63
CUD-7	VIIe	6	3	5	E	7	1.219,20
Total							**15.123,66**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CHAPO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: CPO

La Serie es un miembro de la Familia Media, amórfica, isomésica de los Typic Hydrudands (Andisol).

Suelo moderadamente profundo a profundo, derivado de cenizas volcánicas holocénicas, que ocupa una posición de cerros y de montaña con pendientes muy escarpadas. De textura franco limosa en la superficie y franco arcillo limosa en los horizontes subsuperficiales. El suelo generalmente se encuentra directamente sobre una roca basáltica con la cual conforma una discontinuidad litológica. El suelo es fuertemente tixotrópico, especialmente en los horizontes subsuperficiales, situación que ha generado procesos erosivos intensos y localizados.

Ocupa una posición de lomajes fuertes y de cerros con pendientes sobre 50%. Localmente ocupa lomajes suavemente ondulados con pendientes de 5 a 8%.

Tabla 3.2-45: Variaciones de la Serie Chapo

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CPO-1	VIIe	6	0	5	E	7	4.734,62
CPO-2	IIIe	3t	0	5	C	3	714,64
CPO-3	IVe	4t	0	5	D	4	392,06
CPO-4	VIe	6	0	5	E	7	1.617,77
CPO-5	VIII	6	0	6	E	8	232,63
Total							**7.691,72**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE DALCAHUE, franco limosa – Símbolo Cartográfico: DAL

La Serie Dalcahue es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hidric Fulvudands (Andisol).

La Serie Dalcahue está constituida por suelos derivados de cenizas volcánicas que poseen un contenido de materia orgánica alto, pero inferior al resto de los suelos estudiados en la Isla de Chiloé. Se presenta en terrazas costeras entre las localidades de Dalcahue y Castro, la

península de Rilan e islas adyacentes. Son suelos profundos, de texturas medias y moderadamente finas y el arraigamiento alcanza hasta el substrato, aunque la masa de raíces no pasa de los 60 a 80 cm.

Se presentan en topografía onduladas, con pendientes fuertes hacia las quebradas y el suelo se erosiona con facilidad en pendientes superiores a 15%. Suelo bien drenado en pendientes inferiores a 30% y de drenaje excesivo en pendientes superiores a 30%. El escurrimiento superficial es rápido y la permeabilidad es rápida.

Suelo en topografía ondulada en lugares próximos a la costa o en las islas adyacentes, con pendientes dominantes de 8 a 30% y con pendientes muy fuertes en las caídas hacia el mar, con 30 a 50%.

Tabla 3.2-46: Variaciones de la Serie Dalcahue

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
DAL-2	IIe	2t	0	5	B	2	370,75
DAL-3	IIIe	3t	0	5	C	3	160,26
DAL-4	VIe	6	1	5	E	6	20,90
Total							**551,91**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE FRUTILLAR, franca - Símbolo Cartográfico: FRU

La Serie es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Placaquands (Andisol).

Suelo moderadamente profundo, formado por cenizas volcánicas retransportadas por agua y depositadas sobre un substrato fluvioglacial de gravas y arena cementada en posición de terraza aluvial plana. De textura superficial franca y color negro en el matiz 10YR; de textura franco limosa, de color pardo fuerte en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos con problemas de drenaje por el substrato impermeable y que causa un nivel freático alto, pero que en verano se encuentran cercano al substrato (15 a 20 cm) en los suelos de peor drenaje o desaparece en los de mejor drenaje. El suelo ocupa una posición de terraza aluvial plana.

Tabla 3.2-47: Variaciones de la Serie Frutillar

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
FRU-5	IIw	2w	0	4	B	2	3.228,67
Total							**3.228,67**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUEÑI, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: HNI

La Serie El Hueñi es un miembro de la Familia franca gruesa, mixta, mésica de los Oxic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo moderadamente profundo, desarrollado de rocas filíticas y micaesquistos. Se ubica en la cordillera de la costa entre 500 y 900 msnm. De textura superficial franco arenosa y color pardo rojizo oscuro en el matiz 5YR; de textura arcillosa y color pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. La permeabilidad es moderada y bien drenado. Se ubica en la cordillera de la Costa, en posición de cerros y escarpes.

Tabla 3.2-48: Variaciones de la Serie Hueñi

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HNI-1	VIIe	6	2	6	E	7	24.129,77
HNI-2	VIIe	6	2	5	E	7	987,04
HNI-3	VIIe	6	2	5	E	7	2.805,10
HNI-4	VIIe	6	2	6	E	7	8.304,44
HNI-5	VIIe	6	2	6	E	7	5.653,78
HNI-6	VIII	6	3	6	E	8	4.040,83
Total							**45.920,96**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUILMA, franco limosa – Símbolo Cartográfico: HMA

La Serie Huilma es un miembro de la Familia fina, mixta, isomésica de los Andic Palehumults (Ultisol).

Suelo derivado de cenizas volcánicas, profundo, que ocupa posiciones de lomajes entre 250 a 400 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro

en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad.

Presenta buena estructura a través del perfil y buen arraigamiento hasta los 100 cm de profundidad. La topografía es moderadamente ondulada con pendientes de 8 a 15%. Las pendientes más fuertes pueden llegar de 20 a 30% y los sectores más planos tienen pendientes de 5 a 8%. Todas las fases presentan buen drenaje. Substrato de una morrena terminal con piedras muy meteorizadas, mezclada con tobas blandas muy meteorizadas.

El suelo ocupa una posición de lomajes suaves.

Tabla 3.2-49: Variaciones de la Serie Huilma

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HMA-1	IVe	4t	2	5	E	4	6.485,17
HMA-4	VIIe	6	3	5	E	7	764,71
HMA-5	IIIe	3t	0	5	C	3	6.469,91
HMA-6	IIe	2t	0	5	B	2	8.148,11
HMA-7	VIe	6	2	5	E	6	10.456,37
HMA-8	IIIe	3t	0	5	C	3	4.380,27
Total							**36.704,53**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE HUIÑO HUIÑO, franco limosa - Símbolo Cartográfico: HHN

La Serie Huiño Huiño es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Aquandic Humaquepts (Inceptisol).

Suelo formado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre planos fluvioglaciales. Ocupa sectores pequeños y deprimidos dentro del paisaje y la posición topográfica más baja dentro de extensiones planas o ligeramente onduladas. Se presenta con pendientes de 0 a 1% y en forma cóncava. Presenta niveles freáticos durante todo el año y en invierno el agua se encuentra muy próxima a la superficie o los suelos están inundados, si no existe drenaje artificial. Suelo profundo, ocasionalmente llega a tener más de 150 cm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR; de textura arcillosa y color gris

oscuro en profundidad. El substrato es una toba, que puede ser reemplazada por gravas y arenas cementadas. Suelo de drenaje pobre.

Tabla 3.2-50: Variaciones de la Serie Huiño Huiño

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
HHN-1	IVw	4w	0	2	E	4	521,85
HHN-3	VIIw	6	0	1	E	6	188,57
HHN-4	IIIw	3w	0	3	E	3	808,73
Total							**1.519,15**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LLANQUIHUE, franco arenosa fina – Símbolo Cartográfico: LLQ

La Serie Llanquihue es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hydric Endoaquands (Andisol).

Suelo profundo desarrollado a partir de cenizas volcánicas holocénicas que ocupa la posición de terrazas planas o casi planas de los planos de depositación fluvioglacial. De textura franco arenosa fina y color pardo oscuro en la superficie y de textura franco arcillo limosa y color pardo amarillento en el horizonte B más profundo. Las pendientes fluctúan entre 1 a 3% y de 2 a 5%; en los sectores más planos y más deprimidos el drenaje es pobre y en las posiciones más elevadas puede ser moderadamente bien drenado y bien drenado.

Ocupa las terrazas planas o casi planas en los sectores de depositación fluvioglacial.

Tabla 3.2-51: Variaciones de la Serie Llanquihue

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LLQ-1	IIIw	2w	0	4	B	2	6.560,02
LLQ-2	IIe	2t	0	5	B	2	2.311,91
LLQ-3	IVw	4w	0	3	E	4	7.297,15
LLQ-4	IIIw	4w	0	4	D	4	7.490,26
LLQ-5	IIIe	3t	0	4	C	3	1.638,71
LLQ-6	IVw	4w	0	3	E	4	8.745,75
LLQ-7	VIw	6	0	2	E	6	479,52
Total							**34.523,32**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LA PELADA, franco arcillo arenosa – Símbolo Cartográfico: LPA

La Serie La Pelada es un miembro de la Familia franca fina, isomésica, delgada de los Oxic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo delgado y muy delgado, formado a partir de micaesquisto, que ocupa los sectores más altos de la Cordillera de la Costa entre los 750 y 1.100 metros sobre el nivel del mar. De textura superficial franco arcillo arenosa y color gris oscuro en el matiz 10YR y textura arcillo limosa y color gris oliva en el matiz 5Y en profundidad. El substrato, que constituye el material parental del suelo, corresponde a micaesquisto con diferentes grados de meteorización. La topografía es compleja, dominando el relieve moderadamente ondulado con pendientes de 8 a 15%. Son suelos de drenaje imperfecto.

Suelos moderadamente ondulados con pendientes dominantes de 8 a 15%, que se presentan en los sectores más altos de la cordillera de la Costa.

Tabla 3.2-52: Variaciones de la Serie La Pelada

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LPA-1	VIIs	6	3	3	E	7	12.491,21
LPA-2	VIIs	6	3	2	E	7	2.144,83
Total							**14.636,04**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LA UNIÓN, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: LUN

La Serie La Unión es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Antic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas, que ocupa una posición de lomajes en los primeros contrafuertes de la Cordillera de la Costa, a alturas que fluctúan entre los 60 y 90 msnm. Corresponden a cenizas volcánicas muy antiguas depositadas sobre conglomerados multicolores o sobre toba volcánica. De textura superficial franco arcillo limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 7.5YR y textura franco arcillo limosa de color pardo en el matiz 7.5YR en profundidad. El substrato es una toba muy descompuesta que se

presenta dominantemente a una profundidad de 80 a 90 cm. La topografía es suavemente ondulada con 5 a 8% de pendiente, con ligera erosión y con buen drenaje.

El suelo ocupa una posición de lomajes suaves.

Tabla 3.2-53: Variaciones de la Serie La Unión

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LUN-1	IIIe	3t	1	5	C	3	109,74
Total							**109,74**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE LOS RISCOS, franco limosa – Símbolo Cartográfico: LRC

La Serie Los Riscos es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Typic Hydrudands (Andisol).

La Serie Los Riscos comienza a presentarse en la provincia de Osorno y se extiende hacia la provincia de Llanquihue. Suelo formado a partir de cenizas volcánicas holocénicas, que ocupa de preferencia una topografía de moderada a fuertemente ondulada. Los sectores de menor pendiente ocupan superficies más pequeñas. De textura superficial franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR; textura franco arcillo limosa a arcillo limosa y colores pardo grisáceo y pardo fuerte en los matices 10YR y 7.5YR en profundidad. Ocupa los sectores altos de la precordillera de Los Andes, en transición hacia las áreas rocosas. Presenta buen drenaje y erosión moderada en algunos sectores.

Suelo en posición de piedmont, lomajes y cerros.

Tabla 3.2-54: Variaciones de la Serie Los Riscos

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
LRC-1	VIIe	6	2	6	E	7	5.126,36
LRC-2	IIe	2t	0	5	B	3	347,37
LRC-3	IIIe	2t	0	5	B	3	554,17
LRC-5	IVe	4t	0	5	D	4	300,75
LRC-6	VIe	6	0	5	E	6	271,65
Total							**6.600,30**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE MAULLÍN, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: MLN

La Serie Maullín es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Histic Endoaquands (Andisol).

Suelo profundo derivado de cenizas volcánicas holocénicas que ocupa posiciones de terrazas bajas deprimidas en los sectores de depositación fluvioglacial. Presenta texturas medias y moderadamente gruesas en la superficie y finas y muy finas en los horizontes más profundos. El horizonte superficial es negro (10YR2/1) y desde los 30 ó 40 cm de profundidad el color pasa el pardo amarillento oscuro (10YR4/4). Las pendientes dominantes son de 1 a 3% y el drenaje es pobre. Sólo algunos sectores presentan un drenaje moderado.

Ocupa las terrazas planas fluvioglaciales más deprimidas del paisaje.

Tabla 3.2-55: Variaciones de la Serie Maullín

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MLN-1	IIIw	3w	0	3	E	3	12.841,78
MLN-2	V	6	0	1	E	6	1.981,78
MLN-3	VIw	6	0	2	E	6	11.343,24
MLN-4	VIw	6	0	2	E	6	6.251,18
MLN-5	IIIw	3w	0	3	E	3	6.815,33
MLN-6	IIIw	3w	0	4	D	3	4.177,97
Total							**43.411,28**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE MAYAMÓ, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: MAY

La Serie Mayamó es un miembro de la Familia media, Mixta, isomésica de los Acrudoxic Durudands (Andisol).

Esta Serie está constituida por suelos moderadamente profundos, evolucionados a partir de cenizas volcánicas. El suelo tiene como substrato un fierrillo bajo el cual se encuentra un depósito fluviogacial cementado de arenas y gravas, a profundidades variables entre 60 y 90 cm. Ocupa una posición topográfica más alta que los suelos de ñadi, especialmente en el sector norte de la isla, en las terrazas fluvioglaciales que tienen entre 70 y 110 m sobre el

nivel del mar. Se encuentra asociada a las Series Calonje que ocupa las partes más deprimidas y a las series Mechaico, Coipomó y Coquiao que ocupan sectores más altos. Suelo bien drenado en pendiente superiores a 3%; en pendientes inferiores a 2% el drenaje es imperfecto. El escurrimiento superficial es rápido y la permeabilidad interna es moderadamente lenta.

Presenta una topografía de lomajes suaves con pendientes máximas de 30%, pero los dominantes son de 15 a 20%. Existen sectores planos de drenaje imperfecto en los cuales la pendiente dominante es inferior a 2%.

Tabla 3.2-56: Variaciones de la Serie Mayamó

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MAY-1	IVe	4t	0	5	D	4	1.135,89
MAY-2	IIIw	3w	0	3	E	3	378,29
MAY-3	IIIe	3t	0	5	C	3	2.977,97
MAY-4	VIIe	6	2	5	E	7	1.088,74
MAY-5	IVe	3t	1	5	D	3	9.680,13
MAY-6	VIe	6	1	5	E	6	11.811,47
MAY-7	VIe	6	2	5	E	6	5.983,56
MAY-8	VIIe	6	2	5	E	7	14.223,65
MAY-9	VIIe	6	3	5	E	7	14.108,06
MAY-10	IIIe	3t	0	5	C	3	6.633,93
Total							**68.021,68**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE NUEVA BRAUNAU, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: NBU

La Serie Nueva Braunau es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Acrudoxic Hapludands (Andisol).

Suelo profundo, derivado de cenizas volcánicas holocénicas, que ocupa una topografía de ligeramente ondulada a fuertemente ondulada. De textura franco arenosa y color negro en el matiz 10YR en el horizonte superficial; de textura franco arcillo limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en el horizonte más profundo. Todas las fases presentan buen drenaje a excepción de la fase con pendiente de 2 a 5% que presenta drenaje moderado. A causa de las

pendientes fuertes y del uso intensivo a que ha sido sometido este suelo algunas fases presentan erosión, que puede variar de ligera a moderada.

Este suelo ocupa una posición de lomajes suaves, en un paisaje de depositación fluvioglacial, en el cual las partes bajas del relieve están ocupadas por ñadis.

Tabla 3.2-57: Variaciones de la Serie Nueva Braunau

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
NBU-1	IIIe	3t	0	5	B	3	27.038,84
NBU-2	IIIe	3t	1	5	C	3	4.414,55
NBU-3	IIIe	3t	1	5	C	3	18.794,94
NBU-4	IVe	4t	2	5	D	4	1.713,36
NBU-5	VIe	6	1	5	E	6	8.026,93
NBU-6	VIe	6	2	5	E	6	2.072,18
NBU-7	IIe	2t	0	4	B	2	14.416,30
NBU-8	VIIe	6	1	5	E	7	1.703,23
Total							**78.180,33**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE OSORNO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: OSR

La Serie Osorno es un miembro de la Familia media, mésica de los Typic Hapludans (Andisol). Suelo profundo, originado a partir de cenizas volcánicas depositadas sobre planos fluvioglaciales, es posición de terrazas que se ubican en la Depresión Intermedia a una altura de 90 a 150 msnm. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR y textura franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Suelos en topografía de lomajes suaves, de permeabilidad moderada y bien drenados. Presenta como inclusión suelos de mal drenaje, imperfecto o pobre, de las Series Chan Chan o Huiño Huiño, en las posiciones bajas, entre ondulaciones.

El suelo ocupa una posición de terrazas remanentes.

Tabla 3.2-58: Variaciones de la Serie Osorno

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
OSR-1	IIe	2t	0	5	A	2	226,82
OSR-2	IIIe	3t	0	5	B	3	215,74
OSR-3	IIIs	2t	0	5	C	3	104,76
OSR-4	IIIe	3t	0	5	C	3	70,55
OSR-6	IIw	2w	0	4	B	2	2,33
Total							**620,20**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUERTO MONTT, franca – Símbolo Cartográfico: PMT

La Serie Puerto Montt es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica, Acrudoxic Durudands (Andisol).

Suelo moderadamente profundo desarrollado a partir de cenizas volcánicas holocénicas que ocupa una topografía de lomajes de moderada a fuertemente ondulada. De textura franca y color pardo muy oscuro en el horizonte superficial y de textura franco limosa y color pardo fuerte en el horizonte B_t, inmediatamente sobre el substrato. Presenta buen drenaje a causa de la topografía que ocupa.

Ocupa una posición de lomajes de moderada a fuertemente ondulados, muchos de ellos a modo de cerros islas en un paisaje plano a casi plano dominado por los ñadis Llanquihue y Maullín.

Tabla 3.2-59: Variaciones de la Serie Puerto Montt

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PMT-1	IVe	4t	2	5	E	4	9.049,00
PMT-2	IIIe	3t	1	5	C	3	911,39
PMT-3	IIIe	3t	1	5	C	3	3.377,75
PMT-4	IIIe	3t	1	5	B	3	11.033,61
PMT-5	VIe	6	2	5	E	6	6.186,38
PMT-6	VIIe	6	2	5	E	7	5.389,49
PMT-7	VIIe	6	3	4	E	7	3.036,42
PMT-8	VIIe	6	3	5	E	7	5.894,87
PMT-9	VIIe	6	3	5	E	7	2.698,19
Total							**47.577,10**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUERTO OCTAY, franco limosa – Símbolo Cartográfico: PXO

La Serie Puerto Octay es un miembro de la Familia media, isomésica de los Typic Hapludands (Andisol).

Suelo originado a partir de cenizas volcánicas holocénicas, que se encuentra ocupado las posiciones de terrazas remanentes y formaciones morrénicas que rodean al Lago Llanquihue.

Suelo profundo, de textura franco limosa y color pardo rojizo en el matiz 5YR en la superficie; de textura franco limosa y color pardo oscuro en el matiz 7.5YR en profundidad. Se presenta en topografía ligeramente ondulada con pendiente de 2 a 5% y también fuertemente ondulados con pendiente hasta 20%. Presenta buen drenaje, buena retención de agua y muy buen arraigamiento a través del perfil.

Tabla 3.2-60: Variaciones de la Serie Puerto Octay

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PXO-1	IIIe	3t	0	5	C	3	3.379,54
PXO-2	IVe	4t	0	5	D	4	1.438,33
PXO-3	VIe	6	0	5	E	6	1.707,94
PXO-4	VIIe	6	0	6	E	7	353,53
PXO-5	IIe	2t	0	5	A	2	1.987,44
PXO-6	IIIe	3t	0	5	C	3	577,12
Total							**9.443,89**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PUNOTRO, franca – Símbolo Cartográfico: PTO

La Serie Punotro es un miembro de la Familia fina, mixta, mésica de los Andic Dystrudepts (Inceptisol).

Suelo profundo, formado a partir de sedimentos marinos mezclados con cenizas volcánicas. De textura superficial franca y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR; de textura arcillo limosa y color pardo amarillento oscuro en el matiz 10YR en profundidad. Presenta una topografía de ligera a fuertemente ondulada. Sólo en los sectores de menor pendiente puede

tener problemas de mal drenaje. La erosión es fuerte en las topografías fuertemente ondulada, donde se encuentran los perfiles más delgados.

El suelo ocupa una posición de lomajes, de ligeramente ondulados a fuertemente ondulados.

Tabla 3.2-61: Variaciones de la Serie Punotro

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PTO-3	VIIe	6	2	5	E	7	49,01
Total							**49,01**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE RALÚN, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: RAL

Caracterización General

La Serie Ralún es un miembro de la Familia media pumícea, amórfica, isomésica de los Acrudoxic Hapludands (Andisol).

Suelo profundo estratificado, derivado de cenizas volcánicas holocénicas, que ocupa una topografía dominante de lomajes fuertes y de cerros; sólo pequeños sectores presentan una topografía suavemente ondulada. Las texturas gruesas y moderadamente gruesas a través del perfil, se alternan con capas de pómez de espesor y granulometría variable. Presenta buen drenaje a causa de las pendientes fuertes que dominan. No se evidencian procesos erosivos activos probablemente debido a la densa cubierta de bosque nativo que cubre el suelo. Tampoco se evidencian fenómenos tixotrópicos a causa de la juventud y escasa evolución de los materiales volcánicos.

Ocupa una posición de cerros y de lomajes fuertes con una densa cubierta de bosque nativo. Sólo en pequeños sectores presenta un relieve suavemente ondulado.

Tabla 3.2-62: Variaciones de la Serie Ralún

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
RAL-1	VIe	6	0	5	E	6	4.362,81
RAL-2	VIIe	6	0	5	E	7	16.894,44
RAL-3	IIIe	3t	0	5	C	3	365,86
RAL-4	IVe	4t	0	5	D	4	1.526,24
RAL-5	VIII	6	0	6	E	8	10.230,97
RAL-6	VIe	6	0	5	E	6	21,30
Total							**33.401,62**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE RUPANQUITO, franco limosa – Símbolo Cartográfico: RUP

La Serie Rupanquito es un miembro de la Familia media, mésica de los Aquic Hapludands (Andisol).

Suelo de origen aluvial, moderadamente profundo, formado por cenizas volcánicas redepositadas por agua sobre materiales fluvioglaciales cementados, en posición de terraza aluvial. De textura superficial franco limosa y color pardo muy oscuro en el matiz 10YR; de textura franco arcillo limosa y de color pardo amarillento en el matiz 10YR en profundidad. Suelo de topografía plana y de drenaje imperfecto. El nivel freático en el mes de enero se encuentra deprimido, presentándose sobre el fierrillo o desaparece totalmente quedando el último horizonte sólo húmedo.

Suelo plano en posición de terraza aluvial.

Tabla 3.2-63: Variaciones de la Serie Rupanquito

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
RUP-1	IIIw	2w	0	3	D	3	52,16
RUP-2	IIIw	2w	0	3	D	3	459,59
RUP-3	IVw	3w	0	2	E	4	171,81
RUP-5v	IIw	2w	0	4	B	2	390,00
Total							**1.073,56**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-64: Variaciones de Terrazas Aluviales

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TA-1	IIIs	2s	0	4	C	3	357,08
TA-2	IIIs	2t	0	5	C	3	0,75
TA-3	IIIw	3w	0	3	D	3	1.906,46
TA-4	IVs	4s	0	6	E	4	23,45
TA-5	VIs	6	0	4	E	6	158,41
TA-7	IIw	1	0	4	B	2	41,51
TA-8	IIIw	2w	0	3	D	3	843,69
TA-9	IIIs	3s	0	5	C	3	988,93
TA-10	IIIw	2w	0	3	D	3	569,03
TA-11	IVs	4s	0	4	E	4	245,25
TA-13	IVw	4w	0	2	E	4	216,71
TA-14	IIIs	3s	0	5	D	3	113,05
TA-15	IVs	3s	0	5	E	4	511,96
TA-16	VIe	6	0	5	E	6	87,89
TA-17	IVw	4w	0	2	E	4	1.077,19
TA-19	VIw	6	0	1	E	6	948,35
TA-21	IIIw	3w	0	3	D	3	364,97
TA-22	VIw	6	0	2	E	6	2.337,81
Total							**10.792,51**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-65: Variaciones de Terrazas Aluviales de Cenizas Volcánicas

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TV-1	IIs	2t	0	5	B	2	391,32
TV-2	IIw	1	0	4	B	2	1.498,94
TV-3	IIIs	2t	0	5	B	3	2.314,92
TV-4	IIIw	2w	0	3	D	3	3.098,04
TV-5	IVs	4s	0	5	D	4	4.388,27
TV-6	IVs	4s	0	5	D	4	220,60
TV-7	IVw	3w	0	3	E	4	1.701,66
TV-8	VIw	6	0	2	E	6	3.980,24
TV-9	IIIw	3w	0	3	D	3	1.936,10
TV-10	IIIw	3w	0	4	D	3	1.561,54
TV-11	IIIs	3s	0	5	C	3	338,10
TV-12	IVw	4w	0	2	E	4	3.591,49
TV-13	VIw	6	0	2	E	6	2.238,21
Total							**27.259,42**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-66: Variaciones de Terrazas Aluviales Recientes de ríos de Precordillera

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
ES-3	VIs	6	0	6	E	6	10.593,89
ES-5	VIIs	6	0	6	E	7	2.711,86
Total							**13.305,75**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-67: Variaciones de Terrazas Lacustres

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TL-1	IIIs	3s	0	5	C	3	848,28
TL-2	IIs	2s	0	5	B	2	336,83
TL-3	VIs	6	0	6	E	6	404,48
TL-4	IIIw	3s	0	3	E	3	345,28
TL-5	IIIw	2w	0	3	D	3	268,20
TL-6	IIw	1	0	4	B	2	580,73
TL-7	IIIw	3w	0	4	D	3	115,71
TL-8	IIs	2t	0	5	B	2	362,16
TL-9	IIIs	3s	0	5	D	3	108,98
TL-10	IIe	2t	0	5	B	2	65,74
Total							**3.436,39**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-68: Suelos Misceláneos

Tipo Misceláneo	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MISCELÁNEO RÍO	MR	VIII	6	0	6	E	8	563,15
MISCELÁNEO RÍO	MR-1	VIIs	6	0	6	E	6	329,27
MISCELÁNEO QUEBRADA	MQ	VIIe	6	2	5	E	7	6.078,31
MISCELÁNEO QUEBRADA	MQ-1	VIII	6	2	6	E	8	4.798,70
MISCELÁNEO PANTANO	MP	VIII	6	0	1	E	8	16.672,64
MISCELÁNEO PANTANO	MP-1	VIIw	6	0	1	E	6	3.634,85
MISCELÁNEO DUNA	MD-1	VIIe	6	0	6	E	7	723,28
MISCELÁNEO DUNA	MD-2	VIII	6	3	6	E	8	829,86
MISCELÁNEO ESCORIA VOLCÁNICA	ML	VIII	6	0	6	E	8	4.265,86
MISCELÁNEO MORRENA	MM	VIIs	6	0	6	E	7	1.030,55
MISCELÁNEO ESCARPE	E	VIII	6	2	5	E	8	2.591,94
TERRENOS ROCOSOS	R	VIII	6	1	6	E	8	23.048,33
Total	**Total**							**64.566,75**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-69: Otros Suelos

Otros	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
URBANO	UR							4.829,46
LAGOS Y LAGUNAS	LA							74.988,70
PLAYA	PLY							187,38
RÍO	CDR/CDE							4.008,51
NO RECONOCIDO	NR							132.248,48
Total	**Total**							**216.262,52**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

3.2.3. Provincia de Chiloé

De la Tabla 3.2-70 se desprende que en la totalidad del área de proyecto el 1,5% de los suelos posee Capacidad de Uso II, la que no presenta ninguna restricción al desarrollo de distintas especies. Entretanto, los suelos correspondientes a la clasificación III y IV suman el 12%; los

clasificados como V agrupan el 15,5%; los suelos VI de Capacidad de Uso agrupan el 8,9% y los no cultivables del orden del 62%. De esta manera, el área con potencial agrícola alcanza a más de 114 mil ha.

En cuanto a la categoría de riego (Tabla 3.2-71),), es interesante señalar que el 1,6% de los suelos son apropiados para el regadío y no presentan restricciones a esta práctica, sólo poseen leves limitaciones, por lo que en ellos se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de conservación, éstos se clasifican en aptitud de riego 2.

Entretanto, aproximadamente el 7,3% de los suelos se clasifican como pobremente adaptados al riego, en éstos es necesario realizar un manejo cuidadoso de esta práctica, en tanto que en cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado. Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío cubren 4,4% de la superficie, en tanto más del 80% de los suelos no son apropiados para el regadío.

Tabla 3.2-70: Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
IIe	11.694,69	1,32
IIs	949,12	0,11
IIw	650,97	0,07
IIIe	51.521,85	5,80
IIIs	873,47	0,10
IIIw	7.859,10	0,89
IVe	40.683,36	4,58
IVw	5.208,14	0,59
V	137.379,90	15,47
VIe	65.149,53	7,34
VIw	14.534,30	1,64
VIIe	434.204,01	48,88
VIIw	12.572,39	1,42
VIII	47.700,64	5,37
Otros Suelos	57.001,31	6,42
Total	**887.982,78**	**100,00**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-71: Categoría de Riego

Categoría de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
2s	949,12	0,11	Moderadamente bien adaptado
2t	12.980,30	1,46	Moderadamente bien adaptado
2w	650,97	0,07	Moderadamente bien adaptado
3s	873,47	0,10	Pobremente adaptado
3t	55.559,15	6,26	Pobremente adaptado
3w	7.859,10	0,89	Pobremente adaptado
4t	35.360,44	3,98	Muy pobremente adaptado
4w	3.536,16	0,40	Muy pobremente adaptado
6	713.212,75	80,31	No apto
Otros Suelos	57.001,31	6,42	Sin clasificación
Total	**887.982,78**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En el ámbito del drenaje, tal como se aprecia en la Tabla 3.2-72, cabe señalar que en la provincia de Chiloé más de 603 mil ha, equivalentes al 68%, no presenta problemas de drenaje y 10.039 hectáreas, equivalentes a 1,1%, poseen un drenaje moderado. El 4,3% de los suelos presenta un drenaje excesivo. Las situaciones más adversas de drenaje abarcan más de 179 mil, es decir, el 20,2% de los suelos del sector.

Tabla 3.2-72: Clase de Drenaje

Clase de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	138.910,24	15,64	Muy pobremente drenado
2	24.986,35	2,81	Pobremente drenado
3	15.187,59	1,71	Drenaje imperfecto
4	10.039,45	1,13	Drenaje moderado
5	603.753,32	67,99	Bien drenado
6	38.104,52	4,30	Excesivamente drenado
Otros Suelos	57.001,31	6,42	Sin clasificación
Total	**887.982,78**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-73 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 7,1% de la superficie de la provincia de Chiloé no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales. Entretanto los suelos que presentan severas limitaciones para el

desarrollo de especies frutales agrupan el 2,8% de la superficie y aquellos que no tienen aptitud frutícola suman más del 83%.

Tabla 3.2-73: Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
B	7.715,33	0,87	Ligeras limitaciones
C	55.577,13	6,26	Moderadas limitaciones
D	24.552,72	2,77	Severas limitaciones
E	743.136,28	83,68	Sin aptitud frutal
Otros Suelos	57.001,31	6,42	Sin clasificación
Total	**887.982,78**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

En la Tabla 3.2-74 se presenta la Aptitud Agrícola de los suelos del área de estudio, en donde se aprecia que del orden del 8,9% no presentan severas limitaciones para ningún cultivo. En tanto que el 4% presenta severas limitaciones; el 14,8% puede ser sólo cultivado con praderas; el 45,1% posee aptitud forestal; y finalmente, el 20,8% se clasifica sin capacidad agrícola ni forestal.

Tabla 3.2-74: Aptitud Agrícola

Aptitud Agrícola	Superficie		Leyenda
	ha	%	
2	13.294,77	1,50	Ligeras limitaciones
3	65.577,34	7,38	Moderadas limitaciones
4	35.516,31	4,00	Severas limitaciones
6	131.228,76	14,78	Aptitud praderas
7	400.283,74	45,08	Aptitud forestal
8	185.080,54	20,84	Sin aptitud
Otros Suelos	57.001,31	6,42	Sin clasificación
Total	**887.982,78**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Por último, en la Tabla 3.2-75 se presenta la clasificación según Erosión, determinándose que el 83,1% de los suelos del área de estudio no tienen problemas de erosión; el 5,9% posee una erosión ligera, el 4,5% una erosión moderada y el 0,1% una erosión severa.

Tabla 3.2-75: Clase de Erosión

Erosión	Superficie		Leyenda
	ha	%	
0	737.990,22	83,11	Sin erosión
1	52.746,21	5,94	Ligera erosión
2	39.610,20	4,46	Moderada erosión
3	634,84	0,07	Severa erosión
Otros Suelos	57.001,31	6,42	Sin clasificación
Total	**887.982,78**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

A continuación, se presenta para cada Serie de Suelo, de la provincia de Chiloé, una descripción general, con la clasificación de los parámetros agrológicos y superficie de cada una de las Variaciones.

SERIE AITUI, franco limosa - Símbolo Cartográfico: AIT

La Serie Aituí es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hydric Fulvudands (Andisol).

La Serie Aituí está constituida por suelos moderadamente profundos y profundos, derivados de cenizas volcánicas que ocupan planicies altas, más antiguas, en que los procesos de erosión geológica les han dado la apariencia de lomajes, siendo las caídas hacia los ríos, quebradas o canales de pendientes fuertes, de 30 a 50%. Estas planicies se presentan, corrientemente entre 100 y 150 m sobre el nivel del mar en los sectores costeros.

Los suelos son de colores pardos muy oscuros entre los 9 cm y los 23 cm y de texturas franco limosas, siendo las estructuras granuladas finas en la superficie y luego, de bloques subangulares finos, de muy buen arraigamiento y muy buena porosidad. Entre los 23 y 79 cm, el color es pardo grisáceo oscuro y las texturas tienen un mayor contenido de arcilla; corrientemente son franco arcillo limosas, el arraigamiento es bueno y la porosidad sigue siendo alta.

Entre 79 y 110 cm, el suelo tiene matices pardo grisáceo oscuro, pero, los colores dominantes son pardo amarillento oscuros, siendo la textura franco arcillo limosa a arcillo limosa y la porosidad la más baja de todo el perfil. El arraigamiento se reduce considerablemente y no se observa estructura. El drenaje es bueno, sólo los suelos más planos muestran un drenaje moderado el que no afecta su utilización. Ocupa una posición de planicies altas con procesos de erosión antiguos, dando la apariencia de lomajes con caídas fuertes hacia ríos, quebradas y esteros.

Tabla 3.2-76: Variaciones de la Serie Aituí

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
AIT-1	VIe	6	0	5	E	6	9.396,25
AIT-2	IIIe	2t	0	5	C	3	1.285,61
AIT-3	IIIe	3t	0	5	D	3	735,47
AIT-4	IVe	4t	0	5	D	4	9.811,16
AIT-5	VIIe	6	0	5	E	7	8.209,91
Total							**29.438,40**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CALONJE, franco limosa – Símbolo Cartográfico: CJE

La Serie Calonje es un miembro de la Familia media, amórfica, asomésica de los Histic Placaquands (Andisol).

La Serie Calonje está constituida por suelos moderadamente profundos, pero que han desarrollado un horizonte plácido sobre un duripán constituido por cementación silícica en la parte superior del depósito fluvioglacial. Son suelos derivados de cenizas volcánicas con un alto contenido de materia orgánica en los primeros 20 cm (40 a 80%). Ocupa las partes planas de planicies fluvioglaciales. Suelo de drenaje muy pobre; el escurrimiento superficial es lento y la permeabilidad limitada por el horizonte y el duripán que se encuentran a escasa profundidad. Ocupa una posición de terrazas fluvioglaciales con topografía plana y casi plana, con pendientes dominantes de 0 a 1% y de 1 a 3%.

Tabla 3.2-77: Variaciones de la Serie Calonje

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CJE-1	V	6	0	1	E	8	55.926,97
CJE-2	IVw	4w	0	3	E	6	3.380,28
CJE-3	IVw	6	0	2	E	6	1.671,98
CJE-4	V	6	0	1	E	8	24.740,43
Total							**85.719,66**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE COIGUĪN, franco limosa – Símbolo Cartográfico: CGN

La Serie Coiguín es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hidric Endoaquands (Andisol).

La Serie Coiguín está constituida por suelos moderadamente profundos, ubicados en las planicies de inundación y terrazas bajas de ríos y planicies lacustres en diferentes sectores de la Isla. Son suelos planos, que descansan sobre un substrato de arenas y gravas parcialmente cementadas o sobre roca de esquistos en sectores de la cordillera de la costa. Durante todo el año, excepto en verano, estos terrenos se encuentran bajo agua o los niveles freáticos están muy próximos a la superficie, generalmente a menos de 20 cm, de modo que la utilización se limita a 4 ó 5 meses.

Los suelos son de texturas moderadamente finas entre los 18 y los 30 cm y finas en el subsuelo. En la superficie la textura es generalmente franco limosa o franco arcillo limosa. Los colores del suelo son negros en la superficie, pardo grisáceo muy oscuro hasta 30 cm y pardo amarillento oscuro y o pardo rojizo en profundidad. El arraigamiento es bueno hasta 80 cm y escaso hasta los 120 cm.

El drenaje del suelo es pobre e imperfecto. Este suelo ocupa una posición de planicies de depositación y terrazas bajas de ríos y esteros y también se encuentra en terrazas lacustres.

Tabla 3.2-78: Variaciones de la Serie Coiguín

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CGN-1	VIIw	6	0	2	E	6	3.945,50
CGN-2	VIw	6	0	3	E	6	2.090,67
Total							**6.036,17**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE COQUIAO, franco arenosa fina – Símbolo Cartográfico: COQ

La Serie Coquiao es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hidric Fulvudands (Andisol).

Esta Serie está constituida por suelos profundos, de texturas medias en la superficie y finas en profundidad, de buen drenaje en pendientes superiores a 3% y buen arraigamiento hasta los 97 cm, de un contenido de materia orgánica alto que se reduce en profundidad. Son suelos cuya topografía tiene la apariencia de lomajes, ocupan terrazas muy disectadas y muestran pendientes escarpadas hacia los cursos actuales de ríos o quebradas. El suelo deriva de cenizas volcánicas y puede presentar una banda de pómez gruesa aproximadamente a los 65 a 70 cm de profundidad. Los suelos de esta Serie son similares a los de la Serie Mechaico. El drenaje es bueno en pendientes superiores a 4% y moderado en pendientes de 1 a 3%.

Suelo en topografía de lomajes, con cimas planas y pendientes muy fuertes en la caída hacia quebradas y ríos.

Tabla 3.2-79: Variaciones de la Serie Coquiao

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
COQ-1	IIIe	3t	0	5	C	3	1.009,22
COQ-2	IIe	2t	0	4	B	2	1.125,80
COQ-3	VIe	6	0	5	E	6	679,95
COQ-4	VIIe	6	0	5	E	7	815,68
Total							**3.630,65**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE CHONCHI, franco arenosa fina – Símbolo Cartográfico: CCI

La Serie Chonchi es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Acrudoxic Durudands (Andisol).

La Serie Chonchi se ubica en las terrazas costeras que se extienden desde Castro hasta el Sur del puerto de Chonchi y en algunas islas adyacentes. Son suelos derivados de cenizas volcánicas y con un bajo contenido de materia orgánica con relación al resto de los suelos de la Isla de Chiloé. Los suelos son moderadamente profundos, de texturas livianas, con una alta porosidad y un bajo poder de retención de agua, de buen arraigamiento y que se erosionan con facilidad en pendientes superiores a 15%. La topografía tiene la apariencia de lomajes de pendientes fuertes especialmente en las caídas hacia el mar. El drenaje es bueno en pendientes inferiores a 15% y excesivo en pendientes superiores al 30%. El escurrimiento superficial es rápido y el drenaje interno es rápido. Estos suelos ocupan terrazas más bajas que el suelo Mechaico con el cual guardan una relación topográfica.

Presenta una topografía de lomajes fuertes en los sectores próximos a la costa e islas adyacentes, con pendientes dominantes de 4 a 15% y de 15 a 30% hacia las quebradas o cursos de esteros; en la caída hacia el mar las pendientes son muy fuertes y llegan hasta 60% o más.

Tabla 3.2-80: Variaciones de la Serie Chonchi

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CCI-1	IIIe	3t	0	5	C	3	11.810,74
CCI-2	IIe	2t	0	5	B	2	1.284,24
CCI-3	IVe	4t	0	5	D	4	5.857,65
CCI-4	VIIe	6	0	5	E	7	16.908,53
Total							**35.861,16**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE DALCAHUE, franco limosa – Símbolo Cartográfico: DAL

La Serie Dalcahue es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Hidric Fulvudands (Andisol).

La Serie Dalcahue está constituida por suelos derivados de cenizas volcánicas que poseen un contenido de materia orgánica alto, pero inferior al resto de los suelos estudiados en la Isla de Chiloé. Se presenta en terrazas costeras entre las localidades de Dalcahue y Castro, la península de Rilan e islas adyacentes. Son suelos profundos, de texturas medias y moderadamente finas y el arraigamiento alcanza hasta el substrato, aunque la masa de raíces no pasa de los 60 a 80 cm.

Se presentan en topografía onduladas, con pendientes fuertes hacia las quebradas y el suelo se erosiona con facilidad en pendientes superiores a 15%. Suelo bien drenado en pendientes inferiores a 30% y de drenaje excesivo en pendientes superiores a 30%. El escurrimiento superficial es rápido y la permeabilidad es rápida. Suelo en topografía ondulada en lugares próximos a la costa o en las islas adyacentes, con pendientes dominantes de 8 a 30% y con pendientes muy fuertes en las caídas hacia el mar, con 30 a 50%.

Tabla 3.2-81: Variaciones de la Serie Dalcahue

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
DAL-1	IIIe	3t	0	5	C	3	3.965,86
DAL-2	IIe	2t	0	5	B	2	1.189,56
DAL-3	IIIe	3t	0	5	C	3	705,83
DAL-4	VIe	6	1	5	E	6	6.063,43
DAL-5	VIe	6	0	5	E	6	5.963,41
DAL-6	VIIe	6	2	6	E	7	5.132,63
Total							**23.020,72**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE ISLA GRANDE, franca – Símbolo Cartográfico: IGR

La Serie Isla Grande es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Histic Duraquands (Andisol).

La Serie Isla Grande está constituida por suelos moderadamente profundos y profundos, derivados de cenizas volcánicas, que ocupan planicies altas, con apariencia de lomajes debido a los procesos de erosión geológica, mostrando las caídas hacia ríos y canales pendientes muy

fuertes de 30 a 50% y más. Estas planicies tienen una altura de 100 a 150 m sobre el nivel del mar en los sectores más próximos a la costa y de 150 a 250 m en los sectores interiores.

El perfil modal tiene un espesor de 85 cm, de textura uniforme franco arcillo limosa y con buen arraigamiento hasta los 70 cm; son suelos de color negro hasta los 26 cm, pardo oscuro hasta los 53 cm y pardo amarillento oscuro en los horizontes más profundos. Hasta 15 cm la estructura es granular fina; hasta 70 cm son bloques subangulares, y macizo en el horizonte BC. La porosidad es abundante hasta los 53 cm. En profundidad los poros son comunes y escasos.

El drenaje del suelo es bueno, sólo los suelos más planos presentan un drenaje moderado. Estos suelos están relacionados estrechamente con los suelos de la Series Mechaico (sector Norte) y Aituí (sector Sur).

La Serie Isla Grande se encuentra ocupando planicies altas, con apariencia de lomajes a causa de procesos de erosión antiguos.

Tabla 3.2-82: Variaciones de la Serie Isla Grande

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
IGR-1	VIIe	6	0	5	E	6	33.920,27
IGR-2	IIe	2t	0	4	C	2	4.928,47
IGR-3	IIIe	3t	0	5	D	3	843,60
IGR-4	IVe	4t	0	5	E	4	18.528,27
IGR-5	VIIe	6	0	5	E	7	56.405,57
Total							**114.626,18**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE MAYAMŌ, franco arcillo limosa – Símbolo Cartográfico: MAY

La Serie Mayamó es un miembro de la Familia media, Mixta, isomésica de los Acrudoxic Durudands (Andisol).

Esta Serie está constituida por suelos moderadamente profundos, evolucionados a partir de cenizas volcánicas. El suelo tiene como substrato un fierrillo bajo el cual se encuentra un

depósito fluviogacial cementado de arenas y gravas, a profundidades variables entre 60 y 90 cm. Ocupa una posición topográfica más alta que los suelos de ñadi, especialmente en el sector norte de la isla, en las terrazas fluvioglaciales que tienen entre 70 y 110 m sobre el nivel del mar. Se encuentra asociada a las Series Calonje que ocupa las partes más deprimidas y a las series Mechaico, Coipomó y Coquiao que ocupan sectores más altos. Suelo bien drenado en pendiente superiores a 3%; en pendientes inferiores a 2% el drenaje es imperfecto. El escurrimiento superficial es rápido y la permeabilidad interna es moderadamente lenta.

Presenta una topografía de lomajes suaves con pendientes máximas de 30%, pero los dominantes son de 15 a 20%. Existen sectores planos de drenaje imperfecto en los cuales la pendiente dominante es inferior a 2%.

Tabla 3.2-83: Variaciones de la Serie Mayamó

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MAY-1	IVe	4t	0	5	D	4	619,57
MAY-2	IIIw	3w	0	3	E	3	1.751,37
MAY-3	IIIe	3t	0	5	C	3	1.757,79
MAY-4	VIIe	6	2	5	E	7	2.994,32
MAY-5	IVe	3t	1	5	D	3	5.322,92
MAY-8	VIIe	6	2	5	E	7	622,22
Total							**13.068,19**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE MECHAICO, franco arenosa fina – Símbolo Cartográfico: MCH

La Serie Mechaico es un miembro de la Familia media, mixta, isomésica de los Acrudoxic Durudands (Andisol).

Esta Serie está constituida por suelos moderadamente profundos, derivados de cenizas volcánicas y que ocupan terrazas altas, antiguas, donde los procesos de erosión geológica les han dado la apariencia de lomajes, cuyas pendientes, hacia ríos y quebradas, son muy abruptas, generalmente entre 30 y 50%. Estas terrazas, probablemente de origen fluvioglacial, se presentan entre 100 y 180 m sobre el nivel del mar.

Tabla 3.2-84: Variaciones de la Serie Mechaico

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MCH-1	IIIe	3t	0	5	C	3	28.454,54
MCH-2	IIe	2t	0	4	B	2	3.166,62
MCH-3	IIw	2w	0	5	C	2	650,97
MCH-4	IIIe	3t	0	5	C	3	459,69
MCH-5	VIe	6	0	5	E	6	2.439,51
MCH-6	VIe	6	1	5	E	6	26.645,83
MCH-7	VIIe	6	0	5	E	7	32.072,95
MCH-8v	IIIw	3w	0	3	E	3	314,04
MCH-9	IVe	4t	0	5	D	4	543,80
Total							**94.747,95**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

El perfil del suelo tiene una profundidad promedio de 90 cm y puede presentar un recubrimiento de materiales de carácter andesítico más reciente. El suelo hasta una profundidad de 63 cm es de textura moderadamente fina, de color negro y pardo oscuro, de estructura de bloques subangulares. Entre los 63 cm y los 100 cm la textura es franco arcillo limosa, con estructura de bloques bien desarrollados y con colores pardo oscuro.

El drenaje es bueno y sólo los suelos planos presentan un drenaje moderado a imperfecto. Estos suelos están estrechamente relacionados con los suelos de las Series Aituí e Isla Grande. La Serie Mechaico ocupa una posición de terrazas altas disectadas por efecto de la erosión geológica que le da la apariencia de lomajes.

SERIE MOCOPULLI, franco limosa – Símbolo Cartográfico: MOC

La Serie Mocopulli es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Histic Duraquands (Andisol).

La Serie Mocopulli está constituida por suelos moderadamente profundos, derivados de cenizas volcánicas, formados en condiciones de humedad excesiva. La textura es franco arcillo limosa y franco arcillo arenosa en los horizontes B. Generalmente el arraigamiento no llega más profundo que los 80 cm. Ocupa terrazas planas con pendientes inferiores a 2% al occidente de Dalcahue y hasta la base del macizo de San Pedro. Esta Serie se encuentra asociada a las Series Pachabrán, que ocupa una posición ligeramente más alta y dentro de las

mismas terrazas y con la Serie Piruquina, que ocupa una posición más baja dentro de esta misma topografía. El drenaje del suelo es imperfecto. El escurrimiento superficial es moderadamente lento y la permeabilidad interna es moderada.

Suelo en posición de terraza aluvial, plana, con un ligero micro relieve y en pendientes inferiores a 2%.

Tabla 3.2-85: Variaciones de la Serie Mocopulli

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MOC-1	IIIw	3w	0	3	E	3	4.357,24
MOC-2	IIIs	3s	0	4	D	3	818,56
Total							**5.175,80**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PACHABRÁN, franco arenosa fina – Símbolo Cartográfico: PAC

La Serie Pachabrán es un miembro de la Familia media, amórfica, isomésica de los Histic Duraquands (Andisol).

La Serie está constituida por suelos derivados de cenizas volcánicas evolucionadas en condiciones de mejor drenaje que el resto de los suelos de la Isla de Chiloé. Son suelos más antiguos que ocupan las terrazas fluvioglaciales más altas y próximas a la Cordillera de la Costa en el sector que se extiende entre Piruquina y Castro. Suelos de texturas gruesas desde la superficie hasta el substrato, que se encuentra a una profundidad media de 75 cm.

El suelo presenta una topografía de lomajes suaves con caídas de pendientes fuertes hacia el curso de los esteros y ríos. El arraigamiento es bueno en todo el perfil. Bien drenado en pendientes superiores a 3% y de drenaje excesivo en pendientes superiores a 45%. Los suelos planos presentan drenaje moderado. Moderadamente rápido a rápido escurrimiento superficial y permeabilidad interna siempre rápida.

Presenta una topografía de lomajes suaves con pendientes muy fuertes hacia los ríos y quebradas. La pendiente dominante es de 8 a 15% aunque la última terraza antes de la

cordillera de la Costa presenta pendientes dominantes mayores de 45%, debido a que se encuentra fuertemente disectada.

Tabla 3.2-86: Variaciones de la Serie Pachabrán

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PAC-1	IIIe	3t	0	5	C	3	493,48
PAC-2	IIs	2s	0	5	B	2	949,12
PAC-3	VIIe	6	0	5	E	7	1.007,22
PAC-4	VIIe	6	0	5	E	7	1.809,64
Total							**4.259,46**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE PIRUQUINA, franco limosa – Símbolo Cartográfico: PRQ

La Serie Piruquina es un miembro de la Familia media, amórfica, mésica de los Acraquoxic Duraquands (Andisol).

La Serie Piruquina se encuentra ubicada en los alrededores de la localidad de Piruquina. Ocupa terrazas fluvioglaciales antiguas de posición topográfica intermedia. Está constituida por suelos moderadamente profundos, de textura franco limosa en los primeros 35 cm y franco arcillo arenosa en profundidad. Los suelos derivan de cenizas volcánicas evolucionadas en condiciones de humedad excesiva y su drenaje es imperfecto con un escurrimiento superficial lento y permeabilidad moderadamente lenta. Presenta nivel freático sobre la arenisca la cual se encuentra generalmente a los 80 cm de profundidad.

Esta Serie se presenta en terrazas fluvioglaciales planas, que se encuentran 30 ó 40 m por encima del curso de los ríos.

Tabla 3.2-87: Variaciones de la Serie Piruquina

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PRQ-1	IIIw	3w	0	3	E	3	1.436,44
Total							**1.436,44**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

SERIE TEPUHUEICO, franco arenosa – Símbolo Cartográfico: TEP

La Serie Tepuhueico es un miembro de la Familia media, amórfica, mésica de los Duric Histic Placaquands (Andisol).

La Serie Tepuhueico está constituida por suelos delgados, derivados de cenizas volcánicas. Ocupa las planicies más altas, junto a la formación de esquistos correspondientes a la Cordillera de la Costa. Estas planicies tienen una altura que fluctúa entre los 80 y 300 msnm. La topografía es compleja con pendientes de 30 a 65%.

El perfil dominante tiene unos 45 cm de profundidad, de texturas franco arenosa en superficie y franco arcillo limosa en profundidad. De color pardo grisáceo muy oscuro y estructura granular en la superficie y de color negro y estructura prismática gruesa en el subsuelo. El substrato está constituido generalmente por un fierrillo que puede tener hasta 1 cm de espesor, bajo el cual se encuentra un depósito fluvioglacial de cementación variable.

El drenaje es bueno; sólo un pequeño sector de los suelos más planos muestra un drenaje moderado a imperfecto. Este suelo está relacionado con la Serie Villatasmo, ocupando posiciones topográficas similares, próximo a las formaciones de esquistos.

La Serie Tepuhuieco ocupa una posición de planicies altas en las proximidades del Lago Huillinco y del Lago Tepuhueico, junto a la formación de esquistos de la Cordillera de la Costa.

Tabla 3.2-88: Variaciones de la Serie Tepuhueico

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TEP-1	VIIe	6	0	6	E	7	15.635,87
TEP-2	VIe	6	0	5	E	6	9.926,55
TEP-3	VIw	6	0	3	E	6	527,11
TEP-4	VIw	6	0	3	E	6	1.174,55
Total							**27.264,08**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-89: Variaciones de Asociación Piuchén de Chiloé

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
PHN-1	VIIe	6	0	5	E	7	256.642,45
PHN-2	VIe	6	0	5	E	6	3.064,39
PHN-3	VIe	6	0	5	E	6	970,21
Total							**260.677,05**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-90: Terrazas Aluviales y Fluvioglaciales de Chiloé

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
CH-1	IIIs	3s	0	5	C	3	54,92
CH-2	IVw	4w	0	3	E	4	155,88
CH-3	VIw	6	0	2	E	6	10.741,98
CH-4	VIIw	6	0	2	E	6	8.626,90
CH-5	V	6	0	1	E	8	24.745,84
CH-6	V	6	0	1	E	8	5.322,71
CH-7	V	6	0	1	E	8	758,39
Total							**50.406,62**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-91: Variaciones de Terrazas de Ríos

Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
TP-1	V	6	0	1	E	8	153,69
TS-1	V	6	0	1	E	8	8.565,68
Total							**8.719,37**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

Tabla 3.2-92: Suelos Misceláneos

Tipo Misceláneo	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie (ha)
MISCELÁNEO QUEBRADA	MQ	VIIe	6	2	5	E	7	39,60
MISCELÁNEO PANTANO	MP	VIII	6	0	1	E	8	1.530,35
MISCELÁNEO DUNA	MD-1	VIIe	6	0	6	E	7	1.987,16
MISCELÁNEO DUNA	MD-2	VIII	6	3	6	E	8	634,84
MISCELÁNEO VEGA	MV-1	V	6	0	1	E	8	17.166,18
MISCELÁNEO ESCARPE	E	VIII	6	2	5	E	8	30.821,43
TERRENOS ROCOSOS	R	VIII	6	1	6	E	8	14.714,02
LAGOS Y LAGUNAS	LA							13.022,66
PLAYA	PLY							681,33
RÍO	CDR/CDE							7.764,35
URBANO	UR							1.353,06
NO RECONOCIDO	NR							34.179,90
Total	**Total**							**123.894,89**

Fuente: Elaborado con antecedentes de CIREN CORFO

3.2.4. Provincia de Palena

De la Tabla 3.2-93 se desprende que los suelos correspondientes a la clasificación III y IV de Capacidad de Uso suman el 52,1% del área de estudio con más de 27 mil ha; los clasificados como V agrupan el 6,4%; los suelos VI de Capacidad de Uso agrupan el 20,9% y los no cultivables del orden del 19%. De esta manera, el área con potencial agrícola alcanza a más de 19 mil ha.

En cuanto a la categoría de riego (Tabla 3.2-94), de debe tener presente que no existen suelos son apropiados para el regadío, ya que los existentes presentan restricciones a esta práctica, por lo que en ellos no se pueden utilizar métodos tradicionales de riego con algunas prácticas de conservación.

De hecho, el 19,1% de los suelos se clasifican como pobremente adaptados al riego, en éstos es necesario realizar un manejo cuidadoso de esta práctica, en tanto que en cultivos más exigentes es adecuado el uso de riego tecnificado. Aquellos suelos que presentan serias limitaciones al regadío cubren 33,1% de la superficie, en tanto que el 20,9% de los suelos no son apropiados para el regadío.

Tabla 3.2-93: Capacidad de Uso

Capacidad de Uso	Superficie	
	ha	%
III cl	327,79	0,63
III e	796,21	1,52
III s	3.491,04	6,66
III w	5.392,77	10,28
IV cl	1.228,30	2,34
IV e	3.651,86	6,96
IV s	4.457,71	8,50
IV w	7.994,07	15,24
V w	3.327,66	6,35
VI cl	4.252,08	8,11
VI e	1.854,51	3,54
VI s	2.089,45	3,98
VI w	2.777,91	5,30
VII	29,71	0,06
VII s	12,40	0,02
VII w	9.804,31	18,69
Otros Suelos	956,28	1,82
Total	**52.444,06**	**100,00**

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

Tabla 3.2-94: Categoría de Riego

Categoría de Riego	Superficie		Leyenda
	ha	%	
3	10.007,81	19,08	Pobremente adaptado
4	17.331,95	33,05	Muy pobremente adaptado
6	10.973,94	20,93	No apto
Otros Suelos	14.130,36	26,94	Sin clasificación
Total	**52.444,06**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

En el ámbito del drenaje, tal como se aprecia en la Tabla 3.2-95, cabe señalar que en la provincia de Palena sólo 35,1 ha poseen buen drenaje, en tanto que más de 10 mil ha, equivalentes al 19,7%, poseen un drenaje moderado. Las situaciones más adversas de drenaje abarcan del orden de 4.573 ha, es decir, el 8,7% de los suelos del sector.

Tabla 3.2-95: Clase de Drenaje

Clase de Drenaje	Superficie		Leyenda
	ha	%	
2	495,42	0,94	Pobremente drenado
3	4.077,76	7,78	Drenaje imperfecto
4	10.312,86	19,66	Drenaje moderado
5	35,10	0,07	Buen drenaje
Otros Suelos	37.522,93	71,55	Sin clasificación
Total	**52.444,06**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

En la Tabla 3.2-96 se presenta la Aptitud Frutal de los suelos, en donde se constata que el 20,1% de la superficie de la provincia de Palena no presenta severas limitaciones al desarrollo de las especies frutales. Entretanto los suelos que presentan severas limitaciones para el desarrollo de especies frutales agrupan el 45,7% de la superficie y aquellos que no tienen aptitud frutícola suman más del 7,5%.

Tabla 3.2-96: Aptitud Frutal

Aptitud Frutal	Superficie		Leyenda
	ha	%	
B	57,66	0,11	Ligeras limitaciones
C	10.466,23	19,96	Moderadas limitaciones
D	23.978,48	45,71	Severas limitaciones
E	3.946,62	7,53	Sin aptitud frutal
Otros Suelos	13.995,09	26,69	Sin clasificación
Total	**52.444,06**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

En la Tabla 3.2-97se presenta la Aptitud Agrícola de los suelos del área de estudio, en donde se aprecia que del orden del 19,1% presentan moderadas limitaciones para cultivos. En tanto que el 33,1% presentan severas limitaciones; el 20% puede ser sólo cultivado con praderas.

Tabla 3.2-97: Aptitud Agrícola

Aptitud Agrícola	Superficie		Leyenda
	ha	%	
3	10.007,81	19,08	Moderadas limitaciones
4	17.331,95	33,05	Severas limitaciones
6	10.507,33	20,04	Aptitud praderas
Otros Suelos	14.596,97	27,83	Sin clasificación
Total	**52.444,06**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

Por último, en la Tabla 3.2-98 se presenta la clasificación según Erosión, determinándose que el 14% de los suelos del área de estudio posee una erosión ligera; el 12% una erosión moderada y el 0,3% una erosión severa.

Tabla 3.2-98: Clase de Erosión

Erosión	Superficie		Leyenda
	ha	%	
1	7.335,20	13,99	Ligera erosión
2	6.291,55	12,00	Moderada erosión
3	136,78	0,26	Severa erosión
Otros Suelos	38.680,53	73,75	Sin clasificación
Total	**52.444,06**	**100,00**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

En la Tabla 3.2-99 se presenta un resumen de la totalidad de las variaciones de series que conforman el estudio del SAG en la provincia de Palena.

Tabla 3.2-99: Variaciones de la Provincia de Palena

Serie	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie
Alto Palena	APA-1	IIIw5	3		4	D	3	825,85
Alto Palena	APA-2	IIIw5	3		4	C	3	1.424,14
Alto Palena	APA-3	IIIw5	3		4	C	3	523,42
Alto Palena	APA-4	IIIw5	3		4	D	3	70,17
Alto Palena	APA-5	IIIs5	3			D	3	599,66
Alto Palena	APA-6	IIIe5	3	1	4	C	3	44,46
Alto Palena	APA-7	IVw5	4		3	D	4	413,42
Alto Palena	APA-8	IVe1	4	1		D	4	1.236,74
Alto Palena	APA-9	IVe5	4	1	4	C	4	40,67
Alto Palena	APA-10	IVe5	4	2	4	D	4	262,63
Alto Palena	APA-11	VIs0	6			D	6	208,47
Alto Palena	APA-12	VIw2	6		3	D	6	113,19
Alto Palena	APA-13	VIe1	6	2		D	6	272,28
Alto Palena	APA-14	VIe1	6	2		D	6	400,76
Alto Palena	APA-15	VIe1	6	3		D	6	14,98
Alto Palena	APA-16	VIe1	6	3		D	6	34,26
AUL	AUL-1	VIw2	6			D	6	185,17
AUL	AUL-2	IVs0	4			D	4	64,56
AUL	AUL-3	IVs0	4			D	4	24,07
AUL	AUL-4	IVw2	4			D	4	109,91
AUL	AUL-5	IVw2	4			E	4	112,12
AUL	AUL-6	VIw2	6			D	6	122,32
AUL	AUL-7	VIs0	6			D	6	144,16
AUL	AUL-8	VIs0	6			D	6	20,53
AUL	AUL-9	VIs0	6			E	6	30,64
CFA	CFA-1	IVcl1	4	1	4	E	4	338,09
CFA	CFA-2	IVcl1	4	2		D	4	406,04
CFA	CFA-3	VIcl1	6	2	4	D	6	46,85
CFA	CFA-4	VIcl1	6	2		D	6	94,54
CFA	CFA-5	VIcl1	6	3	4	D	6	36,78
CFA	CFA-6	VIcl1	6	3		D	6	50,75
CFB	CFB-1	IIIcl0	3			E	3	248,70
CFB	CFB-2	IIIcl0	3	1		E	3	79,09
CFB	CFB-3	IVcl2	4		4	D	4	31,44
CFB	CFB-4	IVcl2	4		3	D	4	85,97
CGL	CGL-1	IVe1	4			D	4	153,68
CGL	CGL-2	VIe1	6			D	6	113,46
CGL	CGL-3	VIw3	6			D	6	59,23
CHQ	CHQ-1	IIIs8	3			D	3	197,78
CHQ	CHQ-2	IVs0	4			D	4	370,01
CHQ	CHQ-3	IVs0	4			E	4	31,96
CHQ	CHQ-4	IVs0	4			D	4	77,10
CHQ	CHQ-5	IVw8	4			D	4	885,84
CHQ	CHQ-6	IVw8	4			D	4	142,92
CHQ	CHQ-7	VIw8	6			D	6	60,58
CHQ	CHQ-8	VIw8	6			D	6	521,51
CHQ	CHQ-9	VIs0	6			E	6	19,74

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

Tabla 3.2-100: Variaciones de la Provincia de Palena

Serie	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie
Chaiten	CHT-1	IVs3	4			D	4	80,24
Chaiten	CHT-2	IVw2	4		4	D	4	47,49
Chaiten	CHT-3	IVs2	4			E	4	110,39
Chaiten	CHT-4	VIw2	6		3	E	6	790,10
CHV	CHV-1	IVw3	4		3	C	4	735,59
CHV	CHV-2	VIw2	6		3	C		466,61
CTA	CTA-1	IVw2	4			C	4	57,26
EAZ	EAZ-1	IVs0	4			D	4	573,73
EAZ	EAZ-2	IVs0	4			C	4	22,35
EAZ	EAZ-3	IVs0	4			E	4	32,61
EAZ	EAZ-4	IVe1	4	2		E	4	91,94
EAZ	EAZ-5	VIe1	6	1		E	6	153,56
Futaleufú	FTF-1	IVe5	4	2		D	4	281,77
Futaleufú	FTF-2	IIIe5	3	1	4	C	3	683,57
Futaleufú	FTF-3	IIIw5	3		4	C	3	277,96
Futaleufú	FTF-4	IIIw5	3		4	C	3	191,01
Futaleufú	FTF-5	IVe5	4	1	4	D	4	288,52
Futaleufú	FTF-6	IVe5	4	1	4	C	4	107,51
Futaleufú	FTF-7	IVw2	4		4	D	4	98,10
Futaleufú	FTF-8	VIw5	6		2	C	6	104,75
Futaleufú	FTF-9	VIe5	6	1		D	6	55,08
Futaleufú	FTF-10	VIe5	6	1		D	6	100,83
Futaleufú	FTF-11	VIe5	6	2	4	C	6	73,48
FZL	FZL-1	IIIw5	3		4	C	3	306,25
FZL	FZL-2	IVe5	4	2		C	4	39,89
FZL	FZL-3	IVe5	4	2		C	4	92,64
Hualaihue	HUA-1	IVw3	4			D	4	866,12
Hualaihue	HUA-2	IIIe1	3			C	3	2,40
Hualaihue	HUA-3	IIIs0	3			D	3	359,34
Hualaihue	HUA-4	IVw5	4			D	4	333,35
Hualaihue	HUA-5	IVw3	4			D	4	79,22
Hualaihue	HUA-6	IVw2	4			D	4	344,08
Hualaihue	HUA-7	IVe3	4			D	4	22,35
Hualaihue	HUA-8	VIw2	6			D	6	68,72
LVD	LVD-1	IVcl0	4	1		E	4	111,44
LVD	LVD-2	VIcl1	6	2		D	6	4.023,15
LWT	LWT-1	IVs4	4			C	4	1.454,46
LWT	LWT-2	IVs4	4	1		C	4	53,77
LWT	LWT-3	VIe4	6	2		C	6	47,95

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

Tabla 3.2-101: Variaciones de la Provincia de Palena

Serie	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie
Mechaico	MCH-1	IVe1	4	1		D	4	928,49
Mechaico	MCH-2	IIIs3	3		4	D	3	254,63
Mechaico	MCH-3	IIIs0	3			D	3	464,16
Mechaico	MCH-4	IVs3	4		4	D	4	15,36
Mechaico	MCH-5	IVs3	4			E	4	664,12
Mechaico	MCH-6	IVw3	4		4	D	4	681,91
Mechaico	MCH-7	IVs0	4			D	4	11,15
Mechaico	MCH-8	IVw3	4		4	D	4	90,18
Mechaico	MCH-9	IVw3	4		3	D	4	25,77
Mechaico	MCH-10	IVw3	4	1	3	D	4	146,26
Mechaico	MCH-11	IVw5	4		2	D	4	318,84
Mechaico	MCH-12	VIs0	6	1		D	6	1.009,40
Mechaico	MCH-13	VIe1	6	1		D	6	86,71
MPN	MPN-1	IIIs3	3			D	3	189,70
MPN	MPN-2	IIIs3	3			D	3	7,50
MPN	MPN-3	IIIs3	3			C	3	267,89
MPN	MPN-4	IIIs3	3			C	3	82,53
MPN	MPN-5	IIIs3	3	1		C	3	208,48
MPN	MPN-6	IIIs3	3			C	3	41,94
MPN	MPN-7	IVw3	4	1	4	C	4	38,80
MPN	MPN-8	VIe3	6	2	4	C	6	17,55
MSC	MSC-1	IIIs5	3			C	3	24,26
MSC	MSC-2	IIIw5	3		4	C	3	9,06
MSC	MSC-3	IVcl0	4			E	4	21,18
MSC	MSC-4	IVw3	4		3	D	4	64,90
MSC	MSC-5	IVw2	4		3	D	4	535,72
MSC	MSC-6	IVw0	4		3	D	4	39,81
MSC	MSC-7	IVe1	4		4	E	4	27,44
MSC	MSC-8	IVw0	4		3	D	4	28,97
MSC	MSC-9	IVw2	4		4	E	4	738,40
MSC	MSC-10	IV w3	4	1	4	C	4	119,50
MSC	MSC-11	VIw2	6		3	D	6	64,54
MSC	MSC-12	VIs0	6		4	D	6	152,85
MSC	MSC-13	VIw2	6		2	C	6	71,83
MSC	MSC-14	VIs0	6			D	6	23,17
MSC	MSC-15	VIs2	6	1		E	6	5,95
MSC	MSC-16	VII		1				12,18
MSC	MSC-17	VII		1		E		17,53
MSC	MSC-18	VIIs7						12,40

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

Tabla 3.2-102: Variaciones de la Provincia de Palena

Serie	Variación	C. de Uso	C. Riego	Erosión	C. Drenaje	A. Frutal	A. Agrícola	Superficie
REN	REN-1	IVw8	4	1	3	C	4	372,72
REN	REN-2	IVs1	4	1		D	4	294,55
REN	REN-3	IVs3	4	1	4	C	4	280,58
REN	REN-4	IVcl1	4	1	3	D	4	128,32
REN	REN-5	IVe1	4	2		D	4	3,12
REN	REN-6	VIw2	6		3	D	6	8,22
REN	REN-7	VIe1	6	1	4	C	6	60,42
REN	REN-8	VIe5	6	2		D	6	136,97
RES	RES-1	IVcl0	4			D	4	71,37
RES	RES-2	IVcl1	4	1		E	4	34,44
RLC	RLC-1	IVs3	4			D	4	296,70
RLC	RLC-2	IVw2	4			D	4	66,34
RLC	RLC-3	IVw3	4			D	4	188,99
RLC	RLC-4	VIw3	6			D	6	125,06
RLC	RLC-5	VIe3	6			D	6	286,21
Río Palena	RPA-1	VIw3	6	1	3	B	6	16,10
Río Palena	RPA-2	IIIs3	3			C	3	19,87
Río Palena	RPA-3	IVw5	4		3	B	4	41,56
TIG	TIG-1	IIIs0	3			D	3	561,52
TIG	TIG-2	IIIs0	3			E	3	155,74
TIG	TIG-3	IIIs0	3			D	3	56,06
TIG	TIG-4	IVe1	4	1		D	4	47,16
TIG	TIG-5	IVe0	4	1		D	4	27,34
TIG	TIG-6	VIs0	6			D	6	343,10
TIG	TIG-7	VIs2	6	1		E	6	23,43
TIG	TIG-8	VIs0	6		4	E	6	72,89
TIG	TIG-9	VIs2	6		5	E	6	35,10
Tranquilo	TRQ-1	IIIw5	3		4	C	3	1.764,91
Tranquilo	TRQ-2	IIIe1	3	1		C	3	65,78
Tranquilo	TRQ-3	IVw2	4		4	C	4	269,99
Misceláneo	M1	VIIw2						9.804,31
Misceláneo	M2	Vw2						3.327,66
Playa	PLY-1			1		D		117,74
Cerro	Ce							162,73
URBANO	UR							269,20
NO RECONOCIDO	NR							406,61
Total								**52.444,06**

Fuente: Elaborado con antecedentes del SAG

3.3. Caracterización Hidrológica

La información hidrológica, pluviometría y fluviometría, que ha sido recopilada de los registros de medición provenientes de la red hidrometeorológica nacional (Banco Nacional de Aguas de la DGA, BNA) se presenta en el siguiente punto 4.1, por lo que en este subcapítulo no se ahondará en este tema.

En general, respecto a las estaciones pluvio y fluviométricas se puede afirmar lo siguiente:

a) Con relación a las estaciones pluviométricas, en toda la X Región se ubican 49 estaciones pluviométricas, de las cuales 9 se encuentran suspendidas (18%).

b) En la X Región de Los Lagos existen 48 estaciones fluviométricas, de las cuales 13 se encuentran suspendidas (27%).

En el Plano 8.1-1 se ha incluido la ubicación de las estaciones pluvio y fluviométricas.

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

La mayoría de las veces en gran parte de sus cursos inferiores se hace posible la navegación por la presencia de lagos precordilleranos en su curso superior, los cuales regulan sus cursos de agua en forma natural y además son receptores de los sedimentos arrastrados desde las montañas. Estos ríos también presentan una gran potencialidad hidroeléctrica con los desniveles que existen entre la cordillera y la depresión intermedia.

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

Río Maullín: tiene una longitud de 85 km. Su caudal medio es de 100 m3/s, y un régimen de alimentación netamente pluvial. Nace en el lago Llanquihue y desemboca en la amplia bahía de Maullín, y sólo es navegable en su curso inferior por naves de poco calado. Su hoya hidrográfica tiene una superficie de 4.300 km2.

Río Petrohué: posee una longitud de 36 km. Nace en el extremo occidental del lago Todos los Santos hasta su desembocadura en el fiordo de Reloncaví, en la bahía de Ralún. Su hoya hidrográfica es de 2.640 km2, su régimen de alimentación es pluvial y está regulado por el lago Todos los Santos; su caudal medio es de 278 m3/s.

Río Puelo: nace en el lago Puelo y desemboca en el estuario de Reloncaví después de recorrer 120 km. Tiene un régimen de alimentación pluvial y su caudal medio es de 670 m3/seg. Sus aguas se utilizan en la producción de energía hidroeléctrica en la central Puelo. La hoya del río Puelo es de 8.830 km2, de las cuales sólo 2.990 km2 están en territorio chileno.

Río Yelcho: nace en el lago Yelcho y desemboca en la ensenada de Chaitén en el golfo de Corcovado. Es alimentado por los ríos Futaleufú, Correntoso, Cascada, Enredadera y Malito. Tiene una extensión de 246 km y una hoya hidrográfica transandina de 11.000 km2. Su régimen de alimentación es pluvial y su caudal medio es de 360 m3/seg. Es navegable a excepción en el sector de su desembocadura.

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

En el continente, al sur del estero de Reloncaví, los ríos desarrollan la mayor parte de sus hoyas en territorio argentino. Sus nacientes se ubican en la vertiente andina oriental, corriendo dilatadamente por el ámbito trasandino para luego cortar la cordillera por estrechos valles. Presentan rápidos en su curso inferior y desembocan en amplios fiordos. Aquí se ubican los sistemas de los ríos Puelo, Yelcho y Palena.

3.4. Caracterización Hidrogeológica

3.4.1. Geología Regional

3.4.1.1. Rocas Fundamentales

En general, la cuenca del río Bueno abarca una amplia zona de la Región de los Lagos, desde la Cordillera de los Andes a la Cordillera de la Costa. En general, en la región de Los Lagos las unidades geológicas de rocas fundamentales se encuentran ubicadas tanto en la Cordillera de los Andes, como en la Cordillera de la Costa, mientras que en el sector central, correspondiente a la Depresión Intermedia, se observan predominantemente unidades sedimentarias.

a) Cordillera de los Andes

De acuerdo con el Mapa Geológico de Chile[1], la cordillera de los Andes en la región de Los Lagos está formada en superficie por diversas unidades de rocas fundamentales correspondientes a los períodos Carbonífero-Pérmico, Jurásico, Cretácico Inferior, Oligoceno-Mioceno, Mioceno, Mioceno-Plioceno, Plioceno-Pleistoceno, Pleistoceno y Cuaternario. En los Mapas Temáticos 3.4-1 y 3.4-2 se presenta la geología con las unidades señaladas.

Considerando su edad, las formaciones de rocas fundamentales son las siguientes:

- Kig: granitos, granodioritas y tonalitas de hornblenda y biotita existentes en algunos sectores ubicados al norte del lago Todos los Santos y principalmente en la cordillera de la provincia de Palena. Estas rocas corresponden al Cretácico Inferior, con una edad de 144 a 90 millones de años.

- OM2c: secuencias volcanosedimentarias del Oligoceno-Mioceno: lavas basálticas a dacíticas, rocas epiclásticas y piroclásticas, en zonas reducidas al este del lago Rupanco.

[1] "Mapa Geológico de Chile", hoja Nº2, escala 1:1.000.000 (Sernageomin, 2002).

- Mg: desde el punto de vista del área cubierta, se trata de la formación más extensa en la zona andina de la cuenca del río Bueno, cubriendo gran parte de la cordillera de los Andes, excepto frente a los lagos Puyehue y Rupanco. Corresponde al Mioceno (18 a 6 millones de años de edad) y está formada por granodioritas, dioritas y tonalitas.

- PPl3: Formación Malleco, que se evidencia en una zona relativamente amplia entre los lagos Rupanco y Llanquihue, del período Plioceno-Pleistoceno. Está conformada por secuencias y centros volcánicos parcialmente erodados: lavas principalmente basálticas con intercalaciones de tobas y conglomerados.

- Pl3t: depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso, del Pleistoceno, ubicados en una zona amplia de la precordillera andina y la Depresión Intermedia entre los lagos Puyehue y Ranco.

- Pl3: secuencias lávicas y centros volcánicos básicos e intermedios, además de depósitos piroclásticos andesítico-basálticos, del Pleistoceno, ubicados en una extensa zona de la cordillera de los Andes, entre los lagos Ranco y Rupanco.

- Q3i: estratovolcanes y complejos volcánicos del Cuaternario: lavas basálticas a riolíticas, domos y depósitos piroclásticos andesítico-basálticos a dacíticos, principalmente calcoalcalinos. Estas rocas se encuentran a lo largo de todo el sector andino de la cuenca del río Bueno.

b) Cordillera de la Costa

En la cordillera de la costa se observan unidades de rocas más antiguas que en el sector andino. En efecto, a lo largo de la costa de las provincias de Osorno y Llanquihue existen extensos afloramientos de rocas paleozoicas correspondientes al basamento metamórfico.

Sin embargo, en la vertiente oriental de esa cadena montañosa, existen cuatro unidades principales, que corresponden a rocas del Paleozoico, Pleistoceno, Mioceno y Oligoceno-Mioceno.

Ordenados cronológicamente, las unidades aludidas son:

- PzTr4 (a): Complejo Metamórfico Bahía Mansa, formado por metapelitas, metacherts, metabasitas y, en menor proporción, neises y rocas ultramáficas con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. Esquistos pécticos. Esta unidad cubre la vertiente occidental de la cordillera de la costa y de la Isla Grande de chiloé.

- Pl3t: depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso, del Pleistoceno, ubicados en una pequeña zona de la cordillera de la costa, próxima a la ciudad de Osorno.

- M1m: secuencias sedimentarias marinas transgresivas plataformales: areniscas finas, arcillolitas y limolitas asociadas a la Formación Cholchol, del Mioceno. Corresponde a la unidad más extensa en esta zona de la cuenca del río Bueno, ocupando la vertiente oriental de la cordillera de la costa. Además, se encuentra en la zona sur occidental de la Isla Grande de Chiloé.

- OM1c: Estratos de Parga, formados por secuencias sedimentarias continentales parálicas o aluviales del Oligoceno-Mioceno; conglomerados, areniscas, lutitas, calizas y mantos de carbón. Se observan en un sector reducido del extremo sudoccidental de la cuenca del río Bueno, próximo a Parga.

- Om3b: Complejo volcánico de Ancud, formado por secuencias y centros volcánicos básicos; lavas, brechas y rocas piroclásticas.

3.4.1.2. Depósitos Sedimentarios No Consolidados

De acuerdo con lo observado en el Mapa Geológico de Chile del 2002, la Depresión Intermedia presenta una amplia cobertura de rellenos sedimentarios correspondientes al Pleistoceno-Holoceno, que abarcan la cuenca de los ríos Bueno y Maullín e Isla de Chiloé, en un ancho

medio de unos 60 km desde las estribaciones orientales de la cordillera de la costa hasta las primeras formaciones rocosas andinas.

Estos rellenos corresponden a depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glacilacustres: damictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Se trata de lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales, abanicos fluvioglaciales frontales o varves en la ribera de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del Pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue (Q1g1, de 35.000 a 14.200 años de edad), Santa María (Q1g2, de 262.000 a 132.000 años de edad), Río Llico (Q1g3, de 480.000 a 338.000 años de edad) o Caracol (Q1g4, de 687.000 a 512.000 años de edad), según se observa en los Planos 3.4-1 y 3.4-2.

Sin embargo, esta secuencia de rellenos cuaternarios se ve interrumpida, en superficie, en la Depresión Intermedia, por extensas áreas de depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso, del Pleistoceno. Estos sectores se ubican en el sector occidental de la Depresión Intermedia, en torno a Osorno, entre las ciudades de Río Bueno y Río Negro.

Por otro lado, entre Quilacahuín y Futahuente, al pie de la Cordillera Nevada o Cordón de Caulle, esta unidad interrumpe, en superficie, la continuidad de los rellenos cuaternarios, con excepción de las zonas aledañas a los cursos de los ríos Bueno, Chirre, Pilmaiquén, Damas y Negro, como se puede observar en los Planos 3.4-1 y 3.4-2.

Por otro lado, debe señalarse que en un estudio realizado por Enap en 1983[2] se determinó que la cuenca geológica de Osorno – Llanquihue presenta una notoria profundización del basamento rocoso, alcanzando los rellenos del Cuaternario más de 1.000 m de espesor en la zona próxima a Puerto Montt, y de unos 500 m de espesor hacia el sector sudoccidental de la cuenca hidrográfica del río Bueno (sector Fresia). En ese mismo estudio se determinó, además, que en el sector central de la cuenca del río Bueno, en las proximidades de Osorno, los rellenos cuaternarios alcanzan espesores de 600 m.

[2] "Posibilidades Petrolíferas de las Cuencas de Osorno y Llanquihue", Empresa Nacional del Petróleo, 1983

3.4.2. Geomorfología

En relación los aspectos geomorfológicos, en la región de Los Lagos se presentan las siguientes formas de relieve:

- Planicie Litoral: se encuentran presentes principalmente al norte de la desembocadura del río Maullín en donde alcanzan su máximo desarrollo con una longitud aproximada de 60 km hundiéndose en el mar para posteriormente aparecer en la Isla de Chiloé, principalmente en el sector sur occidental y la Península de Taitao.

- Cordillera de la Costa: se identifica en tres secciones y bajo tres nombres diferentes que corresponden a Cordillera Pelada (a partir de la desembocadura del río Valdivia hasta la desembocadura del río Maullín), Cordillera del Zarao (se localiza en las cercanías del río Maullín) y Cordillera de Piuchén (al sur del Canal de Chacao en la isla de Chiloé, en el sector occidental, hasta el norte del lago Cucao).

- Depresión Intermedia o Valle Central: se manifiesta hasta la provincia de Llanquihue, en donde hacia el oeste se confunde con la planicie costera, presentando altitudes bajas y hacia el este, diversos lagos la colocan en contacto con la Cordillera de Los Andes hasta el seno de Reloncaví en donde se hunde pero como rasgo estructural continúa sumergida en el mar.

- Cordillera de Los Andes: La región, se encuentra interrumpida por valles de origen glaciar, que junto con materiales volcánicos, han originado relieves redondeados y suaves con alturas promedio de 1.000 msnm; las principales alturas corresponden a conos volcánicos. El cordón de lagos existentes, fue producto del avance y retroceso de hielos en sentido oeste – este. En Palena, la cadena de lagos se transforma en valles, que son penetrados por el mar, dando origen a fiordos como los de Comau y Riñihue.

Respecto a la red de drenaje, la región de Los Lagos se divide en territorio continental y territorio insular, el que esencialmente corresponde a la Isla Grande de Chiloé. La DGA elaboró un "Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos", el cual se puede descargar de su

sitio web. En base a este inventario, se definieron las principales cuencas y subcuencas de la región de Los Lagos, que se detalla a continuación.

En el territorio continental, las principales cuencas que la conforman son: río Bueno, cuencas e islas entre río Bueno y río Puelo, el río Puelo, costeras entre ríos Puelo y Yelcho, río Yelcho, cuencas costeras entre el río Yelcho y el límite regional y la cuenca del río Palena.

Por otro lado, está la Isla de Chiloé que por sí sola es definida como una única cuenca, a pesar de que en este territorio existe un número importante de cauces de diversa envergadura.

En el Mapa Temático 3.5-3 se pueden ver los principales cauces de la región y la delimitación de las cuencas, mientras que en la Tabla 3.4-1 se consignan éstas con el código asignado por la DGA.

Tabla 3.4-1: Principales Cuencas y Subcuencas de la Región de Los Lagos

Tipo	Código DGA	NOMBRE
CUENCA	**103**	**Río Bueno**
SUBCUENCA	1030	Afluentes Lago Ranco
	1031	Rio Bueno entre Lago Ranco y Rio Pilmaiquen
	1032	Rio Pilmaiquen
	1033	Rio Bueno entre Rio Pilmaiquen y Rio Rahue
	1034	Río Rahue hasta junta Río Negro
	1035	Río Negro
	1036	Río Rahue Bajo
	1037	Río Bueno Bajo (también forma parte de las cuencas de la región de Los Ríos
CUENCA	**104**	**Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo**
SUBCUENCA	1040	Costeras entre ríos Bueno y Maullín
	1041	Río Maullín
	1042	Costeras e Islas entre ríos Maullín y Chamiza
	1043	Río Chamiza
	1044	Costeras entre ríos Chamiza y Petrohué
	1045	Río Petrohué
	1046	Costeras entre río Petrohué y Puelo
CUENCA	**105**	**Río Puelo**

Tipo	Código DGA	NOMBRE
SUBCUENCA	1050	Río Manso
	1051	Río Puelo Alto
	1052	Río Puelo Bajo
CUENCA	**106**	**Costeras entre Río Puelo y Río Yelcho**
SUBCUENCA	1060	Costeras entre río Puelo y Punta Trentelhue
	1061	Costeras entre Punta Trentelhue y río Negro
	1062	Islas Pelada y Llancahue
	1063	Costeras entre ríos Negro y Vodudahue
	1064	Río Vodudahue
	1065	Península Huequi
	1066	Río Reñihue
	1067	Costeras entre ríos Reñihue y Negro
	1068	Costeras entre ríos Negro y Yelcho
	1069	Archipiélago Desertores
CUENCA	**107**	**Río Yelcho**
SUBCUENCA	1070	Río Futaleufú
	1071	Río Yelcho
CUENCA	**108**	**Costeras entre Río Yelcho y límite Regional**
SUBCUENCA	1080	Costeras entre ríos Yelcho y Corcovado
	1081	Río Corcovado
	1082	Costeras entre río Corcovado y Límite Regional
CUENCA	**109**	**Islas Chiloé y Circundantes**
SUBCUENCA	1090	Isla Chiloé
	1091	Islas al este de Quemchi
	1092	Islas entre Punta Chillidque y Punta Ahoni
	1093	Isla Tranqui
	1094	Islas frente a Quellón
	1095	Islas al Sur de Chiloé
	1096	Isla Guafo
CUENCA	**110**	**Río Palena y Costeras Límite Décima Región**
SUBCUENCA	1101	Lago Palena
	1102	Río Palena entre frontera y río Rosselot
	1103	Río Rosselot
	1104	Río Palena Bajo

3.4.3. Hidrogeología

3.4.3.1. Catastro de Captaciones Subterráneas

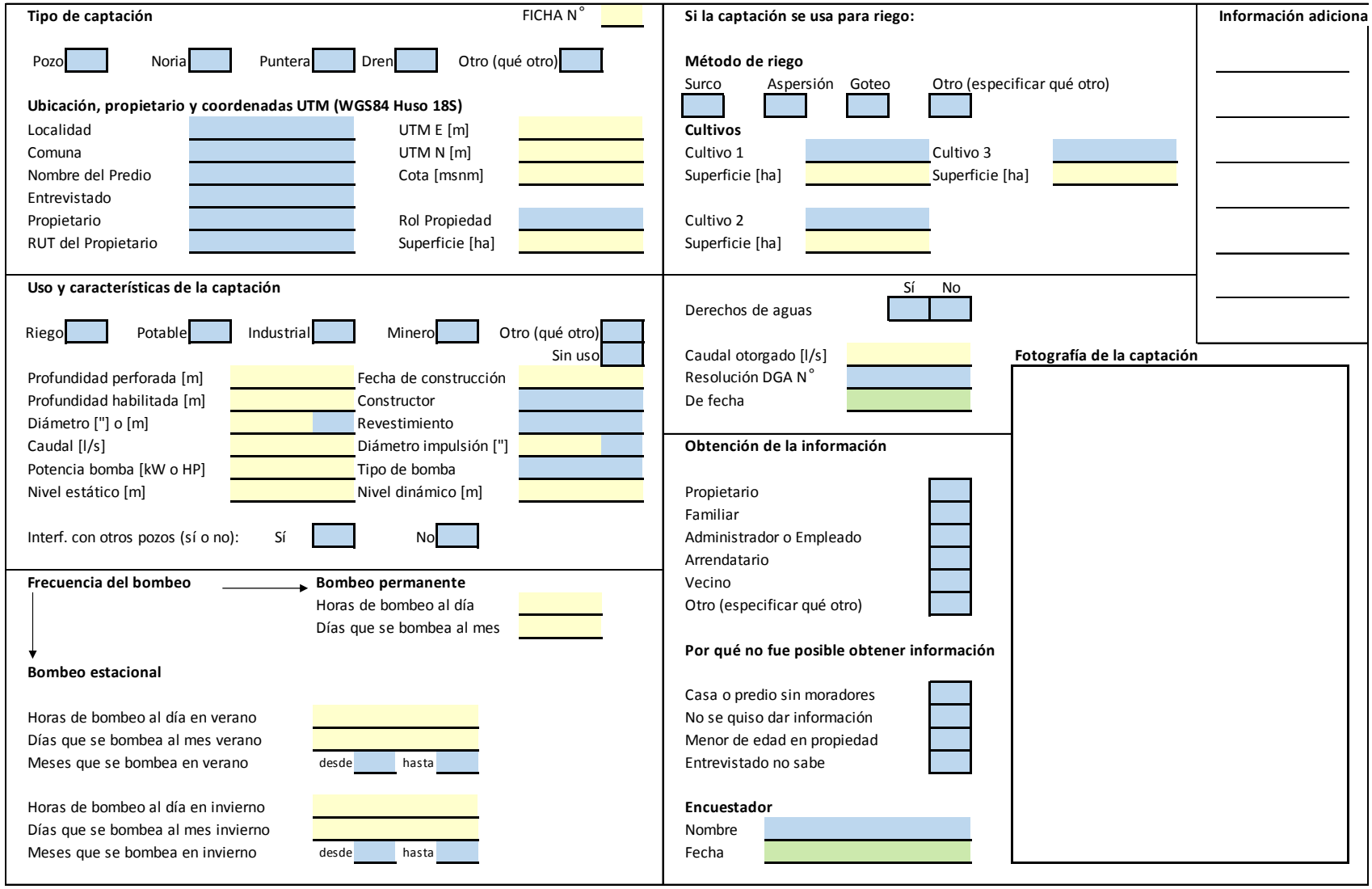
Para efectos de elaborar un catastro de captaciones subterráneas en terreno, se elaboró una ficha cuyo formato se presenta en la Figura 3.4-1

Puesto que el objetivo del catastro de captaciones subterráneas es esencialmente obtener un mayor conocimiento de los acuíferos más atractivos para la extracción de aguas y de esta forma poder definir la ubicación de nuevas captaciones y los caudales que sería posible extraer desde éstas, el catastro está enfocado a captaciones del tipo pozo profundo, que son las que permiten la explotación de los acuíferos más profundos y que cuentan con un mayor respaldo hídrico.

Los trabajos de terreno se iniciaron en la zona norte de área de estudio, es decir, entre la ciudad de Osorno y el río Pilmaiquén. Una vez cubierta esta área, se procedió a catastrar las captaciones de la Isla Grande de Chiloé. Cabe señalar que, de acuerdo con el conocimiento que se tiene de esta área, existe un número importante de norias en la isla.

El resultado de este catastro se presenta en el capítulo 9.

Figura 3.4-1: Formato Ficha de Catastro



3.4.3.2. Definición de Acuíferos, Características Principales y Parámetros Hidrogeológicos

Dentro de los antecedentes recopilados, uno de los más relevantes para el desarrollo de este acápite es el de la Referencia Bibliográfica Nº7 "Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la depresión central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos".

En dicho trabajo se definen los sistemas acuíferos, según el grado de relevancia, desde el punto de vista de la posibilidad de obtener recursos hídricos de ellos.

Los acuíferos de mayor atractivo hidrogeológico se ubican en el sector geomorfológico denominado Depresión Intermedia. Esta formación es la que alberga los Depósitos Sedimentarios No Consolidados, que es donde se desarrollan los acuíferos de mejor calidad.

Considerando los objetivos del presente trabajo, a continuación, se describen los acuíferos que, según el estudio señalado anteriormente, fueron catalogados como de alta y media importancia.

En particular en la Región de Los Lagos, se definieron los siguientes acuíferos o sistemas acuíferos:

a) Acuífero //A1

Corresponde a un acuífero confinado, semiconfinado o libre cubierto en depósitos glaciofluviales. En el entorno de las ciudades de Osorno y San Pablo Bueno, el acuífero está cubierto por depósitos de permeabilidad baja a muy baja. Hacia el sur, al poniente de Frutillar y en torno a la ciudad de Los Muermos, este acuífero se encuentra cubierto por limos, arcillas y arenas finas laminadas de depósitos glaciolacustres y en partes por depósitos morrénicos.

Constituye un acuífero importante, tanto por su extensión en superficie, como por su productividad y calidad del agua. Abastece el 95% de los pozos profundos y tiene conexión hidráulica con los ríos principales. Incluye arenas y gravas, con intercalaciones de arcillas y

limos, y forma estratos y cuerpos lenticulares con extensiones laterales limitadas de 20 m a 1 km.

En el sector de San Pablo, donde el nivel piezométrico tiende a aflorar, el acuífero confinado se convierte en artesiano y las perforaciones que alcanzan al acuífero se convierten en pozos surgentes.

Cerca de los escarpes de los valles de los ríos principales (Pilmaiquén, Rahue, Negro, Damas), el nivel piezométrico desciende hacia el nivel del río y deja una zona no saturada entre la superficie del acuífero y la base de la cubierta impermeable.

Los valores de transmisividad para este acuífero varían entre 50 y 2.000 m^2/d, correspondiente a una transmisividad baja a muy alta. Los valores de la permeabilidad fluctúan entre 10^{-5} y 10^{-3} m/s, lo que indica una permeabilidad media a alta, equivalente a la de un depósito de arena. La distribución espacial de estos valores indica un aumento de la permeabilidad hacia el este, que corresponde con el aumento de la fracción gruesa de los sedimentos glaciofluviales. La transmisividad aumenta, generalmente, hacia el norte, debido al aumento del espesor del acuífero en esta dirección. Los niveles estáticos varían entre los 7 y 43 m de profundidad. En general este acuífero tiene un espesor mayor a 10 m y está ubicado a una profundidad que varía de 10 a 77 m.

Los caudales específicos varían entre 0,2 y 2,9 l/s/m. Los caudales máximos de pozos operativos se encuentran entre 5 y 63 l/s.

b) Sistema de Acuíferos A2/A1

Corresponde a depósitos de gravas y arenas, que constituyen un acuífero libre. Se extiende en los márgenes de valles profundos de los ríos principales, como el Pilmaiquén, Negro, Rahue y Blanco. En general, el nivel freático varía entre 0 y 5 m de profundidad, y el espesor de la zona saturada entre 3 y 15 m, el que aumenta hacia el este.

Hacia Puerto Montt y Chiloé se extiende ampliamente en el sector oriental y en forma reducida y discontinua en el lado occidental de cada sector. Tanto en Puerto Montt como en Chiloé las gravas y arenas, con escasos limos y arcillas glaciofluviales subyacen a las gravas y arenas glaciofluviales, fluviales, litorales, bloques, gravas y arenas coluviales y/o gravas, arenas y limos aluviales o estuarinos. Localmente, se encuentran intercalaciones de arcilla entre los depósitos glaciofluviales. Los niveles estáticos se sitúan a mayor profundidad alcanzando los 69 m de profundidad.

Este sistema a nivel regional posee transmisividades bajas a muy altas (T: 50 a 3000 m^2/d), permeabilidades bajas a altas (K: 10^{-5} a 10^{-3} m/s), caudales de explotación variables entre 1 y 80 l/s y específicos entre 0,11 y 18,75 l/s/m.

c) Sistema de Acuíferos A2//A1

Este sistema está formado por un acuífero superior libre (A2) constituido por gravas y arena de los depósitos glaciofluviales y/o fluviales, litorales, eólicos y arenas y limos estuarinos, que se disponen sobre un acuífero confinado (//A1) en depósitos del mismo tipo.

El acuífero //A1 es confinado por depósitos de cenizas, lapillis, gravas, arenas y arcillas piroclásticos-epiclásticos, limos, arcillas y arenas finas glaciolacustres, o localmente por limos, arcillas, arenas finas, gravas y bloques morrénicos.

Hacia el oeste de los lagos Puyehue y Rupanco, y extendiéndose hacia los valles de la parte central, los depósitos glaciofluviales y fluviales constituyen un acuífero libre (A2), que abastece mayoritariamente norias y yace sobre los depósitos de la secuencia piroclástica-epiclástica San Pablo, que a su vez sobreyace al acuífero de mayor importancia //A1.

En tanto, hacia Puerto Montt se extienden al oeste del lago Llanquihue, hacia los valles de la parte central, teniendo su mayor exposición en el valle del río Maullín.

El acuífero A1, a nivel regional, posee transmisividades bajas a media-alta (T: 50 a 400 m^2/d), permeabilidades bajas a altas (K: 10^{-5} a 10^{-3} m/s), caudales de explotación variables entre 2 y

15 l/s y específicos inferiores a 1,98 l/s/m. El espesor de los depósitos saturados con agua es inferior a los 10 m y el nivel estático se encuentra entre 1 y 5 m bajo la superficie del terreno.

d) Sistema de Acuíferos //A2/A1

Corresponde a un sistema similar al anterior en cuanto a las formaciones permeables que lo integran y su disposición estratigráfica, pero que se encuentra en condición de confinamiento o semiconfinamiento, al estar cubierto por gravas y bloques en matriz de arenas y limos de origen volcánico

Este sistema que se extiende en la ribera sur del lago Llanquihue y entre las ciudades de Puerto Montt y Puerto Varas, a una profundidad variable entre los 12 y 73 m, con niveles estáticos entre 6 y 17 m bajo la superficie del terreno, con un espesor superior a los 20 m, posee transmisividades bajas a muy altas (T: 100 a 15000 m^2/d), permeabilidades bajas a altas (K: 10^{-5} a 10^{-3} m/s), caudales de explotación variables entre 5 y 50 l/s y específicos entre 0,53 y 4,54 l/s/m.

e) Acuífero //B1

Corresponde a un acuífero libre cubierto, semiconfinado o confinado en bloques, gravas y arenas gruesas a finas, con arcilla o arcilla limosa en algunos niveles e intercalaciones de estratos de arcilla limosa, pertenecientes a depósitos morrénicos que se intercalan y gradan lateralmente con gravas y arenas de los depósitos glaciofluviales, y que se distribuye en los frentes occidentales de los lagos Puyehue, Rupanco y Llanquihue; y en la parte oriental de la Isla Grande de Chiloé.

En ciertos sectores, estos depósitos se encuentran cubiertos por arcillas y limos laminados glaciolacustres y/o limos, arcillas y arenas finas estuarinas.

Cuando el acuífero es libre cubierto, los niveles estáticos se encuentran entre 28,9 y 74,3 m, si es confinado se registra un nivel de 6 m, y en la situación de semiconfinado los niveles varían entre 10,7 y 71,8 m bajo la superficie del terreno.

Regionalmente, posee transmisividades bajas a alta (T: 50 a 1.000 m^2/d), caudales de explotación variables entre 1 y 50 l/s y específicos entre 0,85 y 3,14 l/s/m. El espesor conocido del acuífero varía entre 4 y 115 m y se sitúa entre los 28,9 y 74,3 m (libre cubierto) y entre los 1 y 96 m (semiconfinado y confinado) de profundidad.

Los estratos semiconfinantes se componen principalmente de bloques, gravas, arena fina y arcilla-limo. En la isla de Chiloé la granulometría más gruesa corresponde a las gravas, que se encuentran en un porcentaje inferior al 10%.

f) Acuífero //B5

Este es un acuífero confinado en bloques y gravas, en matriz de limo, arcilla y/o arena gruesa a fina, compacta y cementada, pertenecientes a depósitos morrénicos de la glaciación Santa María, que se intercalan y gradan lateralmente con gravas y arenas de depósitos glaciofluviales de la glaciación Santa María, presentes en forma discontinua al oeste de los lagos Puyehue, Rupanco y Llanquihue y en la parte norte y centro de la Isla Grande de Chiloé.

Este acuífero que se encuentra cubierto principalmente por arcillas y gravas pertenecientes a los depósitos morrénicos, posee niveles estáticos entre los 9,9 y 29,0 m bajo la superficie del terreno, transmisividades bajas a alta (T: 100 a 750 m^2/d), permeabilidad baja ($8x10^{-5}$ m/s), caudales de explotación variables entre 0,01 y 7 l/s y específicos entre 0,08 y 1,5 l/s/m. El espesor del acuífero varía entre 5 y 41 m y se sitúa entre los de 24 y 57 m de profundidad.

3.4.3.3. Profundidad de Niveles Estáticos y Direcciones de Escurrimiento

Dentro de la información que se obtiene de la elaboración del catastro de captaciones subterráneas, está la medición del nivel de la napa. Este antecedente permitirá conocer el estado actual del nivel estático, bajo una condición que podría considerarse conservadora desde el punto de vista de la posibilidad de explotación de los acuíferos, puesto que en esta época los niveles se encuentran a mayor profundidad que en los meses de septiembre – octubre.

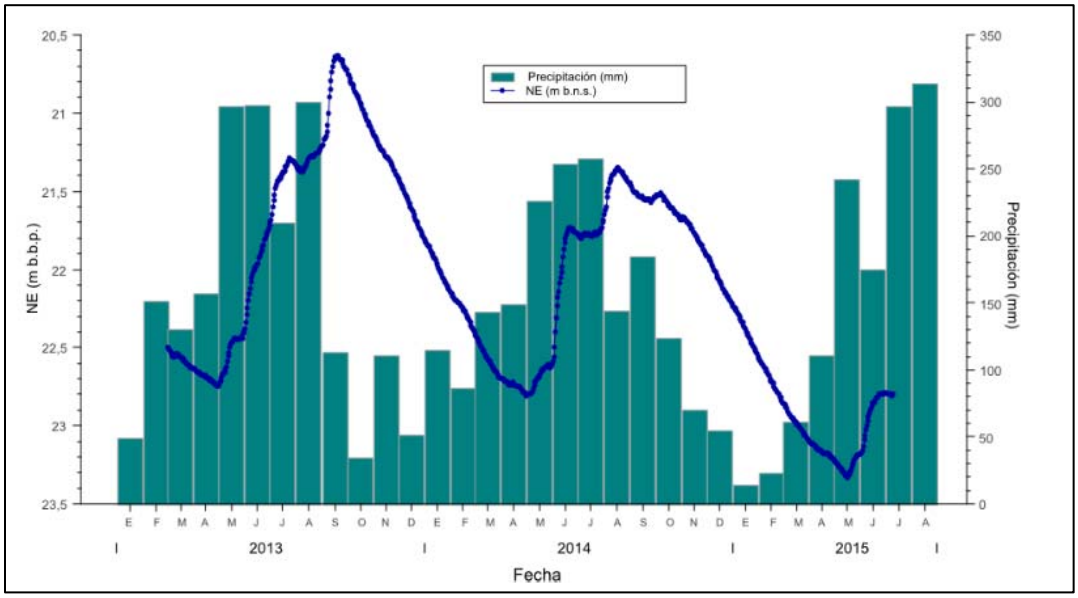
Con este nivel medido en el catastro se podrá además trazar las curvas equipotenciales actualizadas. Considerando que este trabajo de catastro está en ejecución, se contempla que una vez que se haya cubierto toda el área de estudio, se estará en condiciones de generar estas curvas con un mayor grado de precisión.

Respecto a la evolución histórica de niveles, la DGA cuenta sólo con una estación de monitoreo, la cual data del año 2016, el cual corresponde al pozo APR El Tepual-Las Quemas 2 (Cód. BNA 10410016-3). En el sitio oficial de esta repartición pública, existe un *link* para descargar la información del monitoreo, sin embargo, al ingresar a éste se detectó que no existen datos de niveles medidos para este pozo.

Si bien una alternativa para determinar la evolución histórica de niveles, podría ser los datos que se obtengan de las empresas sanitarias, de acuerdo con la experiencia de este consultor, los niveles que éstas miden no corresponden necesariamente a niveles estáticos, y más bien serían niveles dinámicos o intermedios entre éstos y el nivel estático. Esto se debe a que, por tratarse de empresas cuyo objetivo es producir agua potable, los pozos de bombeo permanecen gran parte del día en funcionamiento, o bien, si es que están detenidos, se ubican cerca de otros pozos de la empresa que bombean gran parte del día, por lo que sus niveles están influidos por dicho bombeo.

Por otro lado, el estudio denominado "Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Maullín" (Referencia 18), incluye antecedentes de la evolución de niveles de un pozo de observación de la DGA ubicado en Puerto Montt. En la Figura 3.4-2 se muestra el gráfico incluido en dicho documento.

Figura 3.4-2: Evolución Nivel Estático Puerto Montt v/s Precipitación Media



Fuente: Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca del Río Maullín. Sernageomin 2015

Se puede observar en este gráfico una variación máxima de 2,7 m en el período de 2013 a 2015, evidenciando los niveles más bajos durante los meses de marzo, abril y mayo. Se aprecia además una tendencia a la profundización de los niveles, que sin duda está relacionado con la disminución de la cantidad de precipitaciones ocurridas en el período anterior.

Con respecto al gradiente hidráulico de la napa, de manera preliminar y de acuerdo con los antecedentes recopilados (Referencia 15) es posible señalar que, en el sector de la Depresión Intermedia de la cuenca del río Bueno, el gradiente hidráulico de la napa es del orden del 0,4%, con dirección este-oeste. En la medida que se avanza hacia el poniente, hacia el sector donde comienza la Cordillera de la Costa, el agua subterránea se encuentra a escasa profundidad, hallándose incluso pozos con el nivel estático surgente, debido al estrechamiento del valle que provoca el ascenso de la napa hasta el nivel de terreno.

Para la cuenca del río Maullín, el gradiente hidráulico es muy variable, sin embargo, se observa que en la zona en torno al lago Llanquihue presenta valores altos, del orden de 2,5% en gran parte de este sector, y en el área desde la naciente del río Maullín hasta la cordillera, los gradientes son, a modo general, más bajos (menor a 1,5% en gran parte de este sector). El sentido de escurrimiento de la napa en gran parte de esta cuenca es de Oriente a poniente,

sin embargo, en algunos sectores, como hacia el norte de la cuenca, el escurrimiento subterráneo se dirige de Norte a Sur.

Por otro lado, en el estudio "Geología para el Ordenamiento Territorial: Área Castro" (Referencia 20), se trazaron curvas equipotenciales para la Isla Grande de Chiloé, desde el norte de Dalcahue, hasta el sur de Chonchi. Estas curvas no muestran una dirección preferente del escurrimiento subterráneo y más bien se adaptan a las condiciones geológicas y geomorfológicas de la isla.

3.4.4. Conclusiones de Caracterización Hidrogeológica

A partir de la recopilación de antecedentes ha sido posible realizar una caracterización regional de la hidrogeología de Los Lagos. Se describió la geología y la geomorfología de la región, incluido el territorio insular; se caracterizaron los acuíferos de mayor interés hidrogeológico, entregando los valores de los principales parámetros hidráulicos de éstos; en base a las curvas equipotenciales que han sido trazadas en los distintos estudios existentes, fue posible conocer el sentido prioritario del flujo de las aguas subterráneas, y finalmente, se pudo observar la variación de niveles que presenta la napa, en el sector de Puerto Montt.

Respecto a este último punto, cabe señalar que la red de monitoreo de la DGA cuenta con sólo un pozo ubicado en el sector de Las Quemas, a unos 18 Km al norponiente de Puerto Montt. Este pozo fue habilitado el año 2016, sin embargo, no cuenta con datos de niveles medidos. Por otro lado, tal como se señaló anteriormente, los pozos ubicados en las plantas de producción de agua potable, si bien tienen medición periódica de niveles, con seguridad que estos no corresponden a niveles estáticos, pues estarían influidos ya sea por el bombeo propio, o bien de los otros pozos ubicados dentro del mismo recinto.

4. RECOPILACIÓN DE ANTECEDENTES

4.1. Información Hidrológica

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

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

4.1.1. Información fluviométrica

Se recogió la serie de datos estadísticos de escorrentía superficial proveniente de las estaciones fluviométricas vigentes y suspendidas, considerando un horizonte temporal completo hasta la fecha actual, según la disponibilidad de datos.

Los parámetros contemplados para los análisis son los siguientes:

- ✓ Serie de caudales medios mensuales (Q_{MM})
- ✓ Serie de caudales instantáneos (Q_I)

Las estaciones fluviométricas preliminarmente consideradas y que se encuentran dentro de la Región de Los Lagos, son las que se listan en la Tabla 4.1-1.

Tabla 4.1-1: Estaciones fluviométricas Red DGA, Región de Los Lagos (datum WGS84 18S)

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
11020001-3	ESTERO LOPEZ ANTES JUNTA RIO ENCUENTRO	Suspendida	765.852	5.164.670
11020003-K	RIO ENCUENTRO DESPUES DE CONFLUENCIA	Suspendida	765.667	5.165.809
11020004-8	RIO TIGRE EN LA FRONTERA	Vigente	764.732	5.153.957
10702002-0	RIO FUTALEUFU EN LA FRONTERA	Vigente	763.772	5.214.401
10510000-0	RIO PUELO EN LA FRONTERA	Suspendida	770.287	5.333.391
10702001-2	RIO FUTALEUFU EN FUTALEUFU	Suspendida	756.639	5.212.883
10500000-6	RIO MANSO EN LA FRONTERA	Suspendida	762.761	5.400.497
10701002-5	RIO ESPOLON EN DESAGUE LAGO ESPOLON	Vigente	748.600	5.210.829
10503001-0	RIO MANSO ANTES JUNTA RIO PUELO	Vigente	748.160	5.376.434
10704002-1	RIO FUTALEUFU ANTE JUNTA RIO MALITO	Vigente	733.814	5.184.890
10514001-0	RIO PUELO ANTES JUNTA CON MANSO	Vigente	744.815	5.372.658
10520001-3	RIO PUELO EN DESAGUE LAGO TAGUA TAGUA	Vigente	735.522	5.386.093
10523002-8	RIO PUELO EN CARRERA BASILIO	Vigente	732.379	5.389.652
10454001-5	RIO PETROHUE EN DESAGUE LAGO TODOS LOS SANTOS	Suspendida	716.603	5.442.872
10431000-1	RIO BLANCO ANTE JUNTA RIO CHAMIZA	Vigente	700.913	5.410.636
10440000-0	CAPTACION LENCA	Vigente	699.565	5.401.352
10431001-K	RIO LENCA BAJO BOCATOMA	Vigente	696.254	5.401.566
10343001-1	RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE	Vigente	694.829	5.465.583
10340001-5	RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	Vigente	694.738	5.482.328
10432002-3	RIO CHAMIZA ANTE JUNTA RIO CHICO	Vigente	682.814	5.409.543
10432003-1	RIO CHICO ANTE RIO CHAMIZA	Vigente	682.031	5.409.840
10432005-8	RIO CHAMIZA FRENTE A NORIA I-7	Suspendida	680.163	5.406.645
10343002-K	RIO COIHUECO ANTES JUNTA RIO RAHUE	Vigente	675.740	5.478.713
10411003-7	RIO MAULLIN EN LLANQUIHUE	Suspendida	666.927	5.429.753
10328001-K	RIO PILMAIQUEN EN SAN PABLO	Vigente	665.645	5.418.288
10344001-7	RIO RAHUE EN CANCURA	Suspendida	670.017	5.486.686
10344004-1	RIO RAHUE EN CHAN CHAN	Vigente	667.345	5.492.052
10411002-9	RIO NEGRO EN LAS LOMAS	Vigente	661.819	5.415.921
10362001-5	RIO DAMAS EN TACAMO	Vigente	664.874	5.500.059
10411001-0	CANAL DESAGUE AEROPUERTO TEPUAL	Suspendida	657.160	5.412.924
10363002-9	RIO FORRAHUE EN AROMOS	Vigente	656.726	5.471.943
10414001-7	RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS	Vigente	650.896	5.415.945
10360001-4	RIO RAHUE EN OSORNO	Suspendida	655.836	5.508.110
10344003-3	RIO RAHUE ANTES JUNTA RIO NEGRO	Vigente	653.830	5.500.366
10356001-2	RIO NEGRO EN CHAHUILCO	Vigente	650.208	5.491.390
10364001-6	RIO RAHUE EN FORRAHUE	Vigente	646.723	5.512.103
10351001-5	RIO TORO EN TEGUALDA	Vigente	635.369	5.456.177
10401001-6	RIO TRANALLAGUIN EN CARRICO	Vigente	625.493	5.505.706

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10405005-0	RIO LA PLATA ANTES JUNTA RIO HUEYUSCA	Vigente	617.535	5.460.038
10903001-5	RIO VILCUN EN BEL-BEN	Vigente	608.844	5.343.790
10405002-6	RIO HUEYUSCA EN CAMARONES	Vigente	616.390	5.460.095
10405001-8	RIO HUEYUSCA EN NAPECO	Suspendida	613.504	5.447.065
10904001-0	RIO GRANDE EN SAN PEDRO	Vigente	595.208	5.310.271
11020002-1	RIO ENCUENTRO ANTES JUNTA ESTERO LOPEZ	Suspendida	766.483	5.164.143
11020005-6	RIO PALENA EN LA FRONTERA	Vigente	762.643	5.168.655
10355003-3	RIO FORRAHUE EN RIO NEGRO	Vigente	650.641	5.482.325
10411010-K	RIO BLANCO EN RUTA 225	Vigente	699.655	5.433.326
10683002-9	RIO BLANCO EN CHAITEN	Vigente	687.412	5.245.610

Fuente: Elaboración propia a partir de información de la DGA

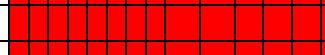
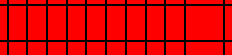
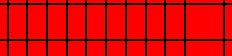
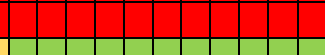
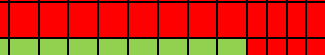
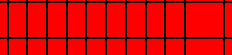
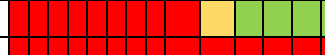
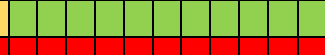
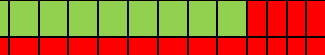
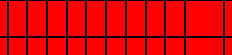
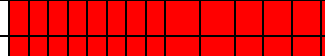
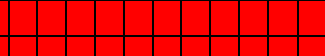
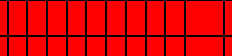
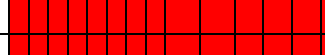
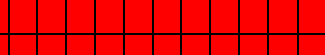
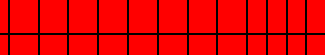
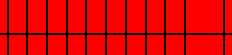
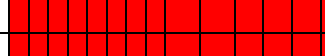
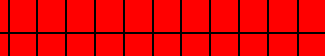
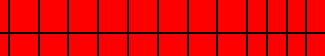
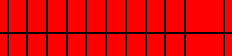
En referencia a la disponibilidad de datos fluviométricos provenientes de las estaciones señaladas, ella se aprecia en las siguientes tablas:

- Tabla 4.1-2: disponibilidad de datos fluviométricos (red DGA) entre 1920 y 1969, en términos de caudales medios mensuales registrados (Q_{MM})

- Tabla 4.1-3: disponibilidad de datos fluviométricos (red DGA) entre 1970 y 2017, en términos de caudales medios mensuales registrados (Q_{MM})

En el Anexo 4-1 se incluyen las estadísticas fluviométricas originales recopiladas de la DGA, mientras que en el Plano 8.1-1 se incluye la ubicación de dichas estaciones.

Tabla 4.1-2: Disponibilidad de datos (Q_{MM}) en estaciones fluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año, entre 1920 y 1969

NOMBRE ESTACIÓN	1920 - 1929	1930 - 1939	1940 - 1949	1950 - 1959	1960 - 1969
rio pilmaiquen en san pablo					
rio rahue en desague lago rupanco					
rio coihueco antes junta pichicope					
rio coihueco antes junta rio rahue					
rio rahue en cancura					
rio rahue antes junta rio negro					
rio rahue en chan chan					
rio toro en tegualda					
rio negro en chahuilco					
rio rahue en osorno					
rio damas en tacamo					
rio forrahue en aromos					
rio rahue en forrahue					
rio tranallaguin en carrico					
rio hueyusca en napeco					
rio hueyusca en camarones					
rio la plata antes junta rio hueyusca					
canal desague aeropuerto tepual					
rio negro en las lomas					
rio maullin en llanquihue					
rio maullin en las quemas					
rio blanco ante junta rio chamiza					
rio lenca bajo bocatoma					
rio chamiza ante junta rio chico					
rio chico ante rio chamiza					
rio chamiza frente a noria i-7					
captacion lenca					
rio petrohue en desague lago todos los santos					
rio manso en la frontera					

NOMBRE ESTACIÓN	1920 - 1929	1930 - 1939	1940 - 1949	1950 - 1959	1960 - 1969
rio manso antes junta rio puelo					
rio puelo en la frontera					
rio puelo antes junta con manso					
rio puelo en desague lago tagua tagua					
rio puelo en carrera basilio					
rio espolon en desague lago espolon					
rio futaleufu en futaleufu					
rio futaleufu en la frontera					
rio futaleufu ante junta rio malito					
rio vilcun en bel-ben					
rio grande en san pedro					
estero lopez antes junta rio encuentro					
rio encuentro antes junta estero lopez					
rio encuentro despues de confluencia					
rio tigre en la frontera					
rio palena en la frontera					
rio forrahue en rio negro					
rio blanco en ruta 225					
rio blanco en chaiten					

Fuente: elaboración propia a partir de información de la DGA

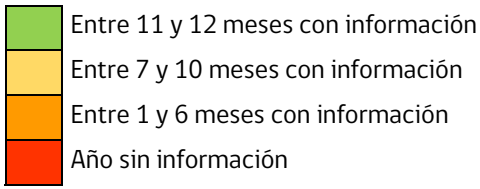
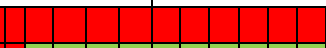
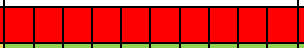
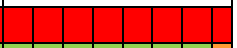
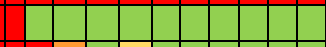
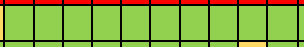
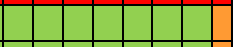
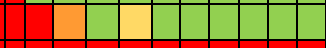
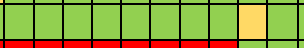
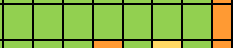
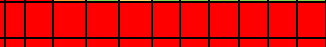
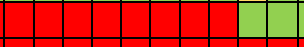
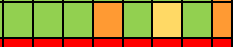
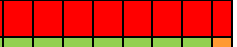
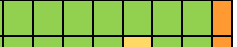
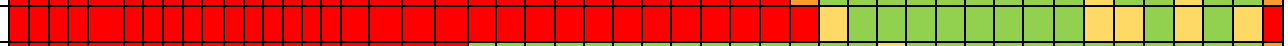
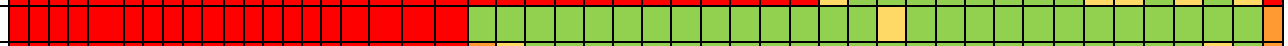
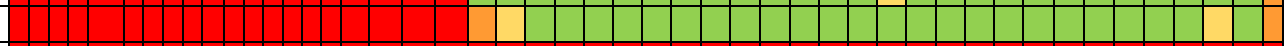
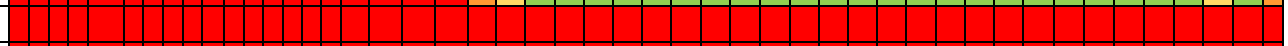
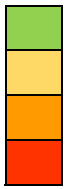


Tabla 4.1-3: Disponibilidad de datos (Q_{MM}) en estaciones fluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año, entre 1970 y 2017

NOMBRE ESTACIÓN	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2017
rio pilmaiquen en san pablo					
rio rahue en desague lago rupanco					
rio coihueco antes junta pichicope					
rio coihueco antes junta rio rahue					
rio rahue en cancura					
rio rahue antes junta rio negro					
rio rahue en chan chan					
rio toro en tegualda					
rio negro en chahuilco					
rio rahue en osorno					
rio damas en tacamo					
rio forrahue en aromos					
rio rahue en forrahue					
rio tranallaguin en carrico					
rio hueyusca en napeco					
rio hueyusca en camarones					
rio la plata antes junta rio hueyusca					
canal desague aeropuerto tepual					
rio negro en las lomas					
rio maullin en llanquihue					
rio maullin en las quemas					
rio blanco ante junta rio chamiza					
rio lenca bajo bocatoma					
rio chamiza ante junta rio chico					
rio chico ante rio chamiza					
rio chamiza frente a noria i-7					
captacion lenca					
rio petrohue en desague lago todos los santos					
rio manso en la frontera					

NOMBRE ESTACIÓN	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2017
rio manso antes junta rio puelo					
rio puelo en la frontera					
rio puelo antes junta con manso					
rio puelo en desague lago tagua tagua					
rio puelo en carrera basilio					
rio espolon en desague lago espolon					
rio futaleufu en futaleufu					
rio futaleufu en la frontera					
rio futaleufu ante junta rio malito					
rio vilcun en bel-ben					
rio grande en san pedro					
estero lopez antes junta rio encuentro					
rio encuentro antes junta estero lopez					
rio encuentro despues de confluencia					
rio tigre en la frontera					
rio palena en la frontera					
rio forrahue en rio negro					
rio blanco en ruta 225					
rio blanco en chaiten					

Fuente: elaboración propia a partir de información de la DGA



Entre 11 y 12 meses con información

Entre 7 y 10 meses con información

Entre 1 y 6 meses con información

Año sin información

4.1.2. Información pluviométrica

Análogo al caso de la información fluviométrica, se recogió la serie de datos estadísticos de pluviometría proveniente de las estaciones pluviométricas vigentes y suspendidas de la red DGA, considerando un horizonte temporal completo a la fecha actual, según la disponibilidad de datos.

Los parámetros contemplados para los análisis son los siguientes:

- ✓ Serie de precipitaciones mensuales (PP_{MM})
- ✓ Serie de precipitaciones máximas en 24h con base anual (PP_{24h}^{MAX})

Las estaciones pluviométricas preliminarmente consideradas que se encuentran dentro de la X Región de Los Lagos son las que se listan en la Tabla 4.1-4.

Tabla 4.1-4: Estaciones pluviométricas Red DGA, X Región de Los Lagos (datum de coordenadas: WGS84 H18S)

CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10360002-2	ADOLFO MATTHEI	Vigente	659.967	5.504.864
10903003-1	ANCUD	Vigente	597.772	5.364.464
10900002-7	ANCUD 2 (DOH)	Vigente	599.873	5.362.857
10322002-5	ANTICURA	Vigente	738.047	5.495.618
10401002-4	BAHIA MANSA	Suspendida	608.458	5.507.119
10410015-5	CASCADA	Vigente	698.868	5.449.798
10901002-2	CASTRO	Suspendida	600.534	5.298.285
10901004-9	CASTRO 2 (DOH)	Vigente	600.760	5.296.177
10683001-0	CHAITEN	Suspendida	686.615	5.245.762
10904005-3	CHEPU	Vigente	584.662	5.344.212
10901003-0	CHONCHI	Vigente	600.406	5.279.993
10906004-6	CUCAO	Vigente	572.916	5.280.800
10350001-K	FRESIA	Vigente	633.087	5.442.651
10410004-K	FRUTILLAR	Vigente	662.522	5.445.017
10323002-0	FUTACUHUIN	Vigente	715.977	5.488.479
10610001-2	HORNOPIREN	Vigente	712.407	5.353.536
10410005-8	LA ENSENADA	Suspendida	703.602	5.432.844
10430001-4	LAGO CHAPO	Vigente	700.688	5.411.783

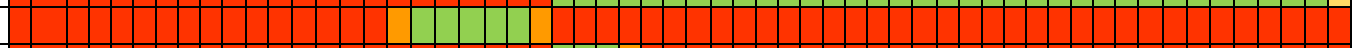
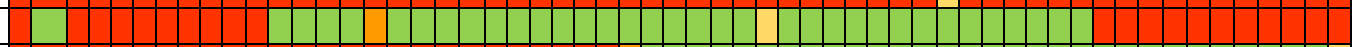
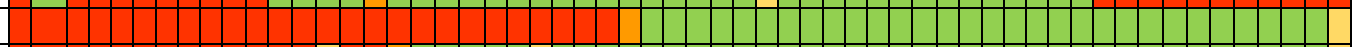
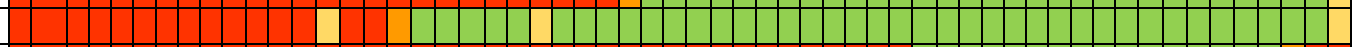
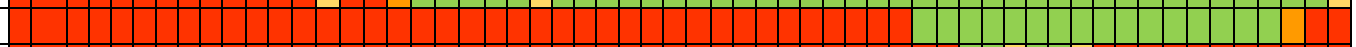
CÓD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10430005-7	LAGO CHAPO (LM)	Vigente	702.516	5.410.622
10701001-7	LAGO ESPOLON	Vigente	749.082	5.210.291
10512000-1	LLANADA GRANDE	Vigente	755.506	5.409.162
10405004-2	LLICO BAJO	Suspendida	597.297	5.428.412
10417001-3	MAULLIN	Vigente	616.409	5.391.638
10363004-5	OSORNO	Suspendida	658.806	5.506.709
10704001-3	PALENA	Vigente	759.273	5.165.232
10432004-K	PELLUCO (U. AUSTRAL)	Suspendida	675.416	5.404.232
10362004-K	PRUEBA GPRS8	Vigente	677.627	5.403.499
10523001-K	PUELO	Vigente	723.630	5.385.115
10425001-7	PUERTO MONTT	Vigente	671.997	5.407.771
10710001-6	PUERTO CARDENAS	Vigente	708.585	5.216.197
10355001-7	PURRANQUE	Vigente	656.583	5.466.249
10902002-8	QUELLON	Vigente	612.706	5.225.838
10900001-9	QUEMCHI	Vigente	625.947	5.333.107
10363003-7	RAHUE ALTO	Suspendida	655.341	5.507.430
10683002-9	RIO BLANCO EN CHAITEN	Vigente	687.412	5.245.610
10411010-K	RIO BLANCO EN RUTA 225	Vigente	699.655	5.433.326
10355003-3	RIO FORRAHUE EN RIO NEGRO	Vigente	650.641	5.482.325
10704002-1	RIO FUTALEUFU ANTE JUNTA RIO MALITO	Vigente	734.057	5.185.152
10405002-6	RIO HUEYUSCA EN CAMARONES	Vigente	616.390	5.460.095
10354001-1	RIO NEGRO	Suspendida	650.478	5.483.468
10356001-2	RIO NEGRO EN CHAHUILCO	Vigente	650.208	5.491.390
10328001-K	RIO PILMAIQUEN EN SAN PABLO	Vigente	669.388	5.527.445
10520001-3	RIO PUELO EN DESAGUE LAGO TAGUA TAGUA	Vigente	735.765	5.386.364
10344003-3	RIO RAHUE ANTES JUNTA RIO NEGRO	Vigente	654.069	5.500.642
10340001-5	RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	Vigente	694.738	5.482.328
10340002-3	RUPANCO	Vigente	695.230	5.483.470
10371001-4	TRINIDAD	Vigente	632.886	5.535.840
11023001-K	VALLE RIO FRIO	Vigente	713.828	5.183.423
11023002-8	VILLA SANTA LUCIA	Vigente	724.104	5.116.733

Fuente: elaboración propia a partir de información de la DGA

En cuanto a la disponibilidad de datos pluviométricos pertenecientes a las estaciones señaladas, ello se refleja en la Tabla 4.1-5.

En el Anexo 4-2 se incluyen las estadísticas pluviométricas originales recopiladas de la DGA, mientras que en el plano 8.1-1 se muestra la ubicación de dichas estaciones.

Tabla 4.1-5: Disponibilidad de datos en estaciones pluviométricas DGA, según cantidad de meses con información por año

NOMBRE ESTACIÓN	1960 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2017
bahía mansa						
futacuhuin						
rio rahue en desague lago rupanco						
rupanco						
fresia						
rio negro						
purranque						
rio negro en chahuilco						
adolfo matthei						
rahue alto						
osorno						
trinidad						
rio hueyusca en camarones						
llico bajo						
la ensenada						
maullin						
puerto montt						
lago chapo						
pelluco (u. austral)						
puelo						
hornopiren						
chaiten						
lago espolon						
palena						
puerto. cardenas						
quemchi						
castro						
chonchi						
frutillar						
quellon						
ancud						

NOMBRE ESTACIÓN	1960 - 1969	1970 - 1979	1980 - 1989	1990 - 1999	2000 - 2009	2010 - 2017
chepu						
cucao						
valle rio frio						
anticura						
rio rahue antes junta rio negro						
rio forrahue en rio negro						
cascada						
lago chapo (LM)						
llanada grande						
rio puelo en desague lago tagua tagua						
rio blanco en chaiten						
rio futaleufu ante junta rio malito						
ancud 2 (DOH)						
castro 2 (DOH)						
prueba GPRS8						
rio blanco en ruta 225						
rio pilmaiquen en san pablo						
villa santa lucia						

Fuente: elaboración propia a partir de información de la DGA

Entre 11 y 12 meses con información
Entre 7 y 10 meses con información
Entre 1 y 6 meses con información
Año sin información

4.2. Información Hidrogeológica

Desde el punto de vista de la hidrogeología, los antecedentes que aportan la mayor y más relevante información para el presente trabajo corresponden a los siguientes estudios:

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 7

Titulo	:	Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la depresión central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos
Tipo de Documento	:	Estudio
Autor	:	Subdirección Nacional de Geología
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2008

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 10

Titulo	:	Geología para el Ordenamiento Territorial: Área de Osorno, región de Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
Mandante	:	Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)
Fecha Edición	:	2003

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 11

Titulo	:	Estimación Preliminar de las Recargas de Agua subterránea y Determinación de los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en las Cuencas de las Regiones del Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	Departamento de Administración de Recursos Hídricos (DARH)
Mandante	:	Dirección General de Aguas (DGA)
Fecha Edición	:	Julio 2014

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA N° 15

Titulo	:	Exploración de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno, X Región
Tipo de Documento	:	Estudio Básico
Autor	:	AC Ingenieros Consultores Limitada
Mandante	:	Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
Fecha Edición	:	2004

En todos ellos se pueden encontrar antecedentes de la geología regional y con más detalle en algunas cuencas, estudios geofísicos, catastro de captaciones subterráneas, medición de niveles de napa, análisis de pruebas de bombeo, antecedentes de calidad del agua, información de derechos de agua constituidos, etc.

Uno de los documentos más relevantes para el estudio a nivel regional, lo constituye el "Levantamiento hidrogeológico y potencial de agua subterránea de la depresión central de las regiones de Los Ríos y Los Lagos" (Ref. 7). En él se pueden encontrar antecedentes de más de 2.000 captaciones subterráneas (ubicación, descripción litológica y estratigráfica, pruebas de bombeo y análisis químicos y fisicoquímicos), además de una caracterización de los principales acuíferos de la región. Además, de dicho informe también es posible obtener antecedentes acerca de la calidad del agua subterránea y de la vulnerabilidad de los acuíferos.

Por otro lado, además de los antecedentes recopilados y revisados en el capítulo 2 de este informe, se ha obtenido del sitio oficial de la DGA (www.dga.cl) la planilla actualizada (Diciembre de 2017) de derechos de agua registrados en dicha repartición pública.

De acuerdo con este antecedente, en la región de Los Lagos existe un total de 2.971 derechos subterráneos constituidos por un caudal de más de 30 m^3/s. La mayor parte de estas captaciones tienen coordenadas UTM; sin embargo, existen cerca de 50 derechos que no tienen coordenada por lo que no es posible ubicarlos geográficamente. No obstante, algunos de éstos tienen la descripción de dónde se ubica la captación, por lo que se intentará obtener las coordenadas a partir de esta descripción, mediante el uso de imágenes satelitales (Google Earth).

En el Anexo 4-3 se incluye un resumen de la información de derechos descargada desde la página web de la DGA.

A partir de esta información, se descargará del mismo sitio web de la DGA los expedientes que se encuentren digitalizados, con el objetivo de contar con más antecedentes de la estratigrafía de pozos y las pruebas de bombeo que se incluyen como antecedentes técnicos, a las solicitudes de derechos.

Con respecto a los niveles del agua subterránea, se obtendrá de las mediciones del nivel estático que se haga en terreno y de los expedientes de los derechos de agua subterránea constituidos, mientras que la medición histórica de agua subterránea se puede obtener de la red de mediciones de agua subterránea que maneja la DGA, que en le región de Los Lagos es sólo 1:

Pozo Red de Medición de Niveles de Agua Subterránea de la DGA

Código BNA	10410016-3
Nombre Pozo	POZO APR EL TEPUAL LAS QUEMAS 2
UTM Este	652067
UTM Norte	5414728
Altitud	72
Latitud	41° 24' 14"
Longitud	73° 10' 51"
Vigencia	VIGENTE
Fecha Inicio	08/04/2016
Código Cuenca	104
Código Subcuenca	1041
Código SubSubcuenca	10410
Región	DE LOS LAGOS
Provincia	LLANQUIHUE
Comuna	PUERTO MONTT

Debido a que la red de medición sólo 1 captación con información histórica de niveles de agua subterránea, será fundamental la recopilación de información de niveles de agua subterránea que se haga en las empresas sanitarias Essal, Aguas San Pedro y Sanitaria Sur, las que llevan un registro continuo (mensual) de los niveles de sus captaciones subterráneas.

Con relación al catastro de captaciones subterráneas, el avance hasta el 18 de diciembre de 2017 es de 270 captaciones catastradas. El área donde se ubican estas captaciones es en el valle central, entre el río Pilmaiquén y la ciudad de Osorno. Si bien ha habido casos de propietarios que no han querido dar información de las captaciones que poseen, la mayoría si ha respondido a la encuesta, entregando la información necesaria y permitiendo al personal de terreno, acceder a la captación y medir niveles de la napa.

Desde el punto de vista de la situación legal de los acuíferos de la región de Los Lagos, no existen áreas de restricción o zonas de prohibición declaradas por la DGA, por lo que no habría impedimentos para la constitución de nuevos derechos de aguas subterráneas.

4.3. Fuentes de Agua Potable Rural (APR)

4.3.1. Generalidades

En este apartado se procede a estudiar los términos generales que caracterizan a las fuentes de Agua Potable Rural (APR) existentes en la X Región de Los Lagos, entendidas como aquellos sistemas que prestan servicios en zonas no urbanas -de acuerdo a los respectivos Planes Reguladores Comunales- y que son organizados a través de Comités y/o Cooperativas, con administración de las propias comunidades beneficiarias. Estos sistemas se construyen con fondos usualmente públicos, en el contexto de denominado Programa APR de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH-MOP).

Cabe agregar que, dentro de la definición de sistema APR, se contemplan dos subtipos, a saber:

a) Sistemas APR concentrados: sirven a localidades con una población entre 150 a 3.000 habitantes, con una concentración mínima de 15 viviendas por km de red de agua potable.

b) Sistemas APR semi concentrados: aquéllos que sirven a comunidades constituidas por una población mínima de 80 habitantes y una densidad de a lo menos 8 viviendas por km de futura red.

4.3.2. Caracterización regional de sistemas APR y distribución geográfica

A nivel de región, la existencia de APRs es la que se caracteriza a través de la Tabla 4.3-1, en términos de cantidad de sistemas, número de arranques y cantidad aproximada de beneficiarios:

Tabla 4.3-1: Caracterización global sistemas APR, X Región de Los Lagos

Región	N° Sistemas APR	N° Arranques	N° Beneficiarios (aprox.)
X Los Lagos	167	30.272	120.895

En términos de la cantidad de sistemas APR concentrados y semi concentrados, la situación regional se indica en la Tabla 4.3-2.

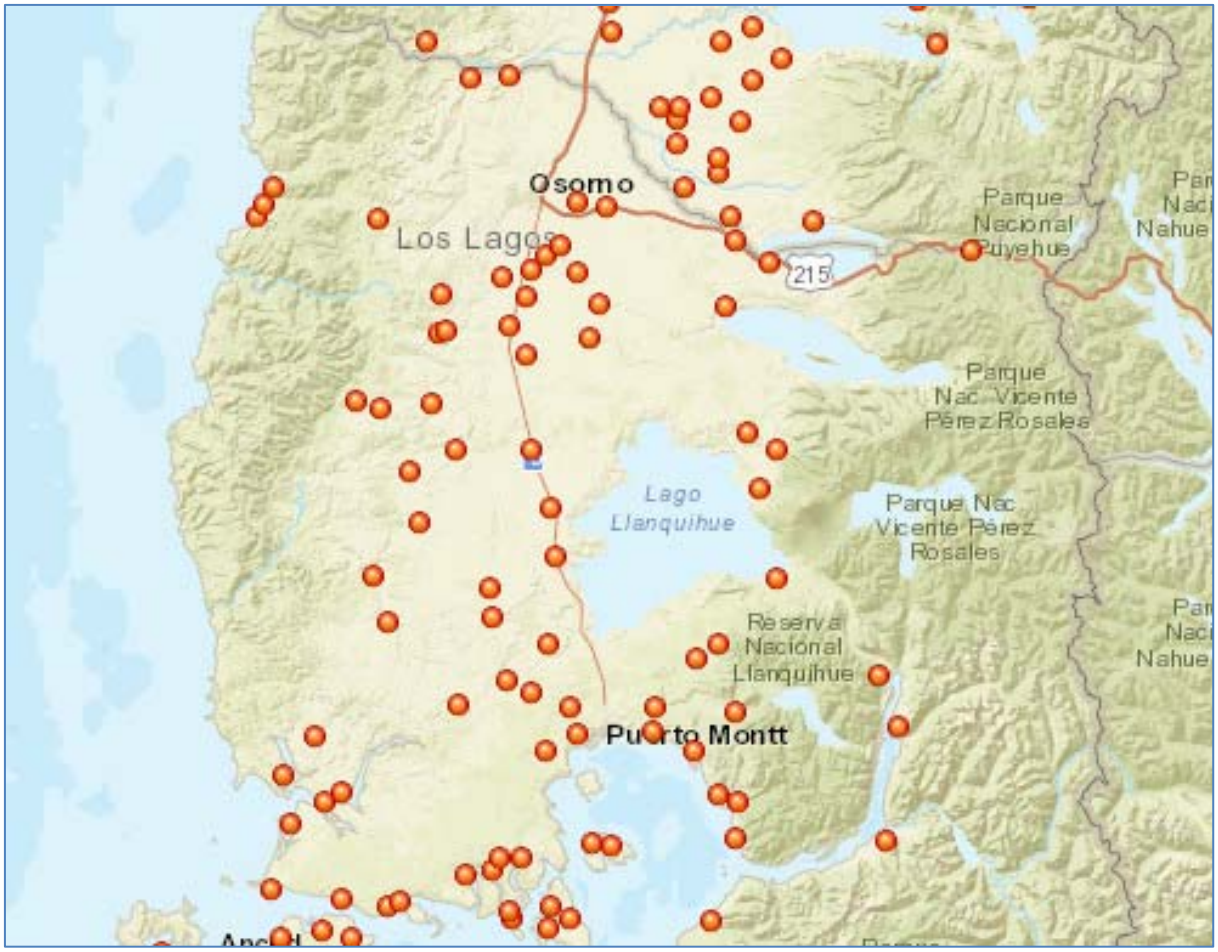
Tabla 4.3-2: Sistemas APR concentrados y Semi Concentrados, X Región de Los Lagos

Región	N° APR Concentrados	N° APR Semi Concentrados	Total Sistemas APR
X Los Lagos	124	43	167

En cuanto a la distribución espacial de los sistemas APR identificados dentro de la X Región, se recoge la información entregada por la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP, a través de su portal "Sistemas de Agua Potable Rural a Nivel Nacional[3]", el cual despliega, en plataforma SIG, la posición georreferenciada de los APR. A partir de dicha plataforma, se aprecia la distribución de APRs según se indica:

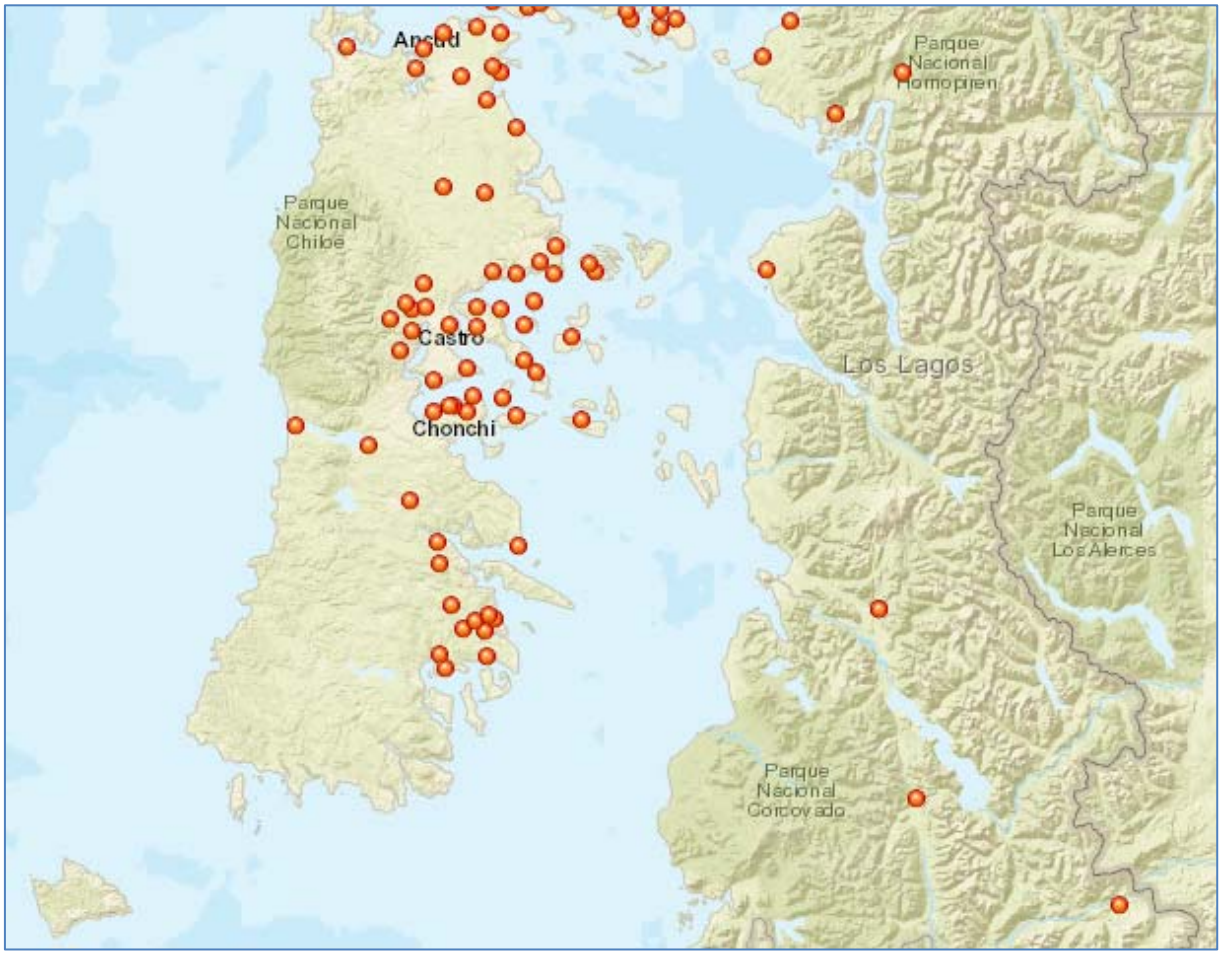
[3] http://www.doh.gov.cl/APR/Paginas/MapaSistemasAPR.aspx

Figura 4.3-1: Distribución sistemas APR, Región de Los Lagos, entre límite regional norte y Pargua



Ref.: http://www.doh.gov.cl/APR/Paginas/MapaSistemasAPR.aspx

Figura 4.3-2: Distribución sistemas APR, Región de Los Lagos, entre Ancud y límite regional sur



Ref.: http://www.doh.gov.cl/APR/Paginas/MapaSistemasAPR.aspx

4.3.3. Información y Estimación de Número de APR en la Región de Los Lagos

Las principales fuentes de información en la estimación del número y ubicación de los Sistemas de APR serán:

- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). La SISS, en su base de datos técnicos, mantiene actualizada la información de los sistemas APR donde presta asesoría técnica a Comités y Cooperativas.

- PR039001. Formulario correspondiente a los Informes APR. Año 2015.

- Sistemas APR de la Subdirección de Agua Potable Rural de la DOH. Dispone de una base de datos georreferenciada (*shapefile*), con fecha de actualización hasta agosto de 2016, de estos sistemas a nivel nacional y escala comunal, identificando el año de puesta en marcha, el número de arranques y los beneficiarios estimados[4]. Este archivo registra los sistemas instalados desde 1960 hasta 2016.

- Base de datos DOH de agosto de 2016 con el registro de los sistemas APR a la fecha.

- Localidades a nivel nacional. Disponible en un shapefile en la mapoteca de DGA.

- "Manual de Soluciones de Saneamiento Sanitario para Zonas Rurales", editado por la SUBDERE (2009). Incluye referencia de dotaciones en sistemas APR de Chile.

La metodología para ubicar los sistemas de APR será la siguiente:

➢ Se tomarán los sistemas de APR de la base de datos DOH (2016) para la región de Los Lagos, donde por medio de los códigos de cada APR, se georreferenciarán utilizando el shapefile de DOH del año 2015. Para los sistemas de DOH (2016) que no se encuentren en el shapefile 2015, se utilizará el shapefile de localidades para georreferenciarlos. Se considerarán, además, sólo los sistemas puestos en marcha del año 2015 hacia atrás.

➢ Una vez georreferenciados en su totalidad, se utilizará la información de SISS (2015) para actualizar la información. En caso de no encontrar información de algún sistema APR en esta fuente, se utilizará la información de DOH (2016).

La demanda actual (con año base en 2015) por los sistemas APR se distribuye en 18 subcuencas consideradas para de la región de Los Lagos. En la Tabla 4.3-3 se presentan los valores de demanda de APR, por subcuenca, en términos de caudal medio anual (en m3/s y l/s) y volumen anual demandado (miles de m3 al año, Mm3/año).

[4] Sobre este *shapefile* cabe mencionar que no existe certeza si la georreferenciación corresponde a la fuente (sondaje o toma de agua superficial) o bien al estanque y/o caseta del servicio.

Tabla 4.3-3 Demanda de Agua Potable Rural (año base 2015) por Subcuencas Región de Los Lagos

CÓDIGO SUBCUENCA	SUBCUENCAS X REGIÓN DE LOS LAGOS	DDA HÍDRICA APR (2015)		
		Mm³/año	m³/s	l/s
1034	Río Rahue hasta antes junta Río Negro	195	0,006	6,2
1035	Río Negro	485	0,015	15,4
1036	R. Rahue Bajo	168	0,005	5,3
1040	Costeras entre Rio Bueno y Río Maullin	537	0,017	17,0
1041	Rio Maullin	1.299	0,041	41,2
1042	Costeras e Islas entre Rio Maullin y Rio Chamiza	898	0,028	28,5
1043	Río Chamiza	431	0,014	13,7
1044	Costeras entre Rio Chamiza y Río Petrohué	283	0,009	9,0
1046	Costeras entre Rio Petrohué y Río Puelo	61	0,002	1,9
1052	R. Puelo Bajo	56	0,002	1,8
1060	Costeras entre Rio Puelo y Punta Trentelhue	118	0,004	3,8
1061	Costeras Entre Pta. Tentelhue y Río Negro (incl.)	346	0,011	11,0
1065	Península Huequi	28	0,001	0,9
1071	Rio Yelcho	46	0,001	1,5
1090	Isla Chiloé	1.806	0,057	57,3
1091	Islas al Este de Quenchi	33	0,001	1,1
1092	Islas entre Punta Chillidque y Punta Ahoni	417	0,013	13,2
1102	Rio Palena entre Frontera y Río Rosselot	141	0,004	4,5
TOTAL DDA AGUAS CONTINENTALES PARA APR, X REGIÓN		7.349	0,233	233,04

Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la demanda a nivel de cuenca se incluye en la Tabla 4.3-4 siguiente.

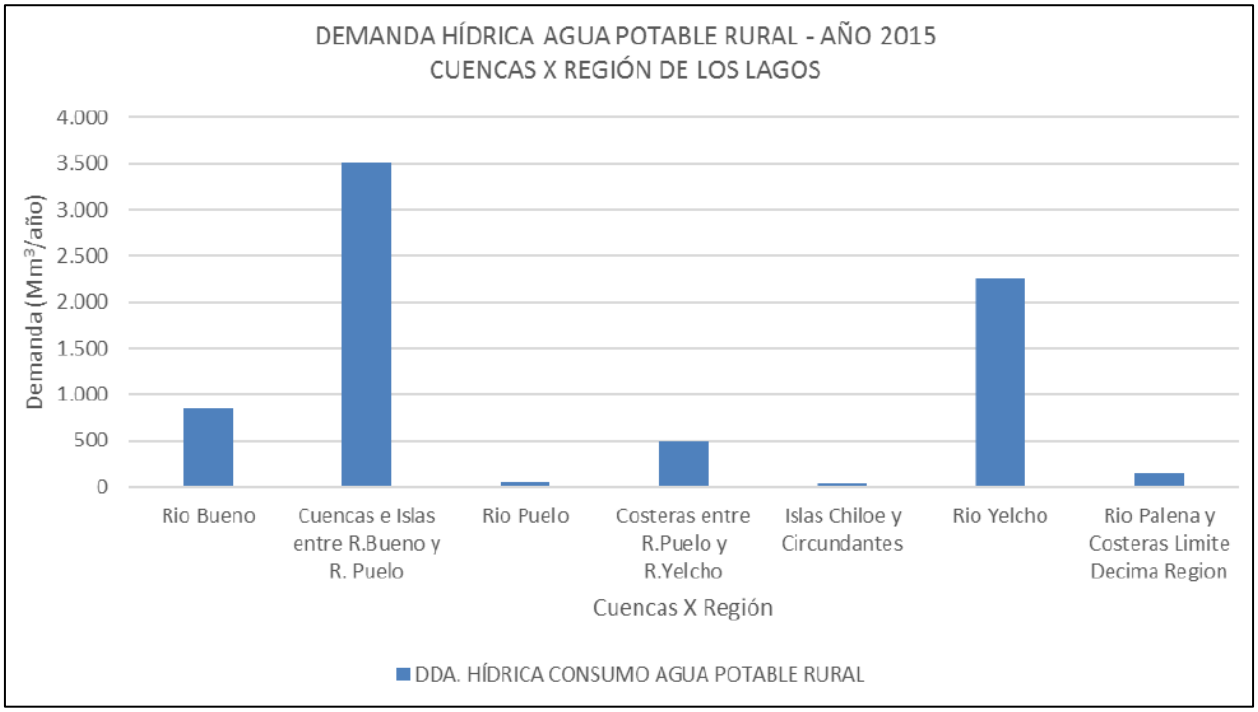
Tabla 4.3-4 Demanda de Agua Potable Rural (año base 2015) por Cuencas Región de Los Lagos

CÓDIGO CUENCA	CUENCAS X REGIÓN DE LOS LAGOS	DDA HÍDRICA APR (2015)		
		Mm³/año	m³/s	l/s
103	Río Bueno	848	0,027	26,9
104	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	3.509	0,111	111,3
105	Rio Puelo	56	0,002	1,8
106	Costeras entre R.Puelo y R.Yelcho	493	0,016	15,6
107	Islas Chiloé y Circundantes	46	0,001	1,5
109	Río Yelcho	2.257	0,072	71,6
110	Río Palena y Costeras Limite Décima Región	141	0,004	4,5
TOTAL DDA AGUAS CONTINENTALES PARA APR, X REGIÓN		7.349	0,233	233,04

Fuente: elaboración propia

Para mayor claridad, en la siguiente figura se muestra la distribución de la demanda por cuenca.

Figura 4.3-3: Demanda Agua Potable Rural en la Región de Los Lagos



Fuente: elaboración propia

Tal como se muestra en las tablas anteriores, la demanda de agua total de la región de Los Lagos asociada a los sistemas de agua potable rural (APR) asciende a 233 l/s continuos, valor bastante bajo si se compara por ejemplo con demandas de uso en riego, industriales, etc.

La mayor demanda de APR se produce en la denominada cuenca "Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo", con un monto de 111 l/s; luego viene la demanda de la cuenca del río Yelcho, con una demanda que asciende a 72 l/s.

En conclusión, dado los bajos montos de la demanda asociada a los sistemas de agua potable rural, es que los nuevos proyectos de riego que se desarrollen no debiesen afectar a los sistemas de APR. No obstante lo anterior, se tendrá especial cuidado en que la fuente a utilizar para el nuevo proyecto de riego, no se localice cercano a algún APR.

4.4. Fuentes de Energía Renovable No Convencional (ERNC)

Para el sector silvoagropecuario las ERNC son algo nuevo y el potencial que posee este sector para el desarrollo de ellas es muy grande. Los desechos agrícolas, la radiación solar, el viento, la biomasa y el agua son recursos que a lo largo del territorio agrícola nacional abundan, con los cuales se puede producir energía en forma limpia, confiable y competitiva. El sector silvoagropecuario cuenta con un sinnúmero de recursos y oportunidades para transformar las empresas del sector en empresas incluso autosostenibles desde un punto de vista energético y económicamente más eficiente.

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

- Evaluación global de las fuentes renovables para generación eléctrica dentro de la región, aplicada a la energía solar fotovoltaica, eólica e hidroeléctrica.

- Penetración regional de la generación renovable a escala industrial.

- Penetración regional de la generación renovable a micro escala, especialmente al servicio de la actividad agropecuaria.

4.4.1. Evaluación de los Recursos Renovables de la Región

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

- Para generación solar fotovoltaica → radiación global horizontal (kWh/m^2/día)

- Para generación eólica → velocidad del viento (m/s), a una elevación dada sobre el nivel de terreno

- Para hidro-generación → capacidad instalable (MW), tanto a nivel de cuenca como de sub-subcuenca

A partir del rango de valores para cada fuente de generación, se caracteriza, a nivel global, el potencial del recurso renovable correspondiente, tal como se presenta en los numerales sucesivos.

4.4.1.1. Recurso Solar para Generación Fotovoltaica

La generación fotovoltaica consiste básicamente en una conversión directa de la energía proveniente en la luz solar en energía eléctrica (en corriente continua), basada en el efecto fotovoltaico sobre materiales semiconductores. Destacan en el mercado los paneles solares de silicio poli y monocristalino (este último de mayor eficiencia de conversión, pero de considerable mayor costo).

Como sistema de generación, tiene como ventaja la ubicuidad de la energía solar, la simplicidad de sus componentes (modularidad) y layout, bajos costos de mantención, durabilidad de los paneles (20 a 25 años bajo condiciones adecuadas de operación), tendencia a la baja de los precios de la tecnología, bajo requerimiento de obras civiles y amplia presencia de soporte técnico.

Dentro de sus desventajas, se encuentran: intermitencia de generación (supeditada al ciclo diario de irradiación solar y condiciones atmosféricas), baja eficiencia de conversión (en torno al 20%) y mayor uso de suelo (en caso de proyectos con mayor potencia instalada) y bajo factor de planta.

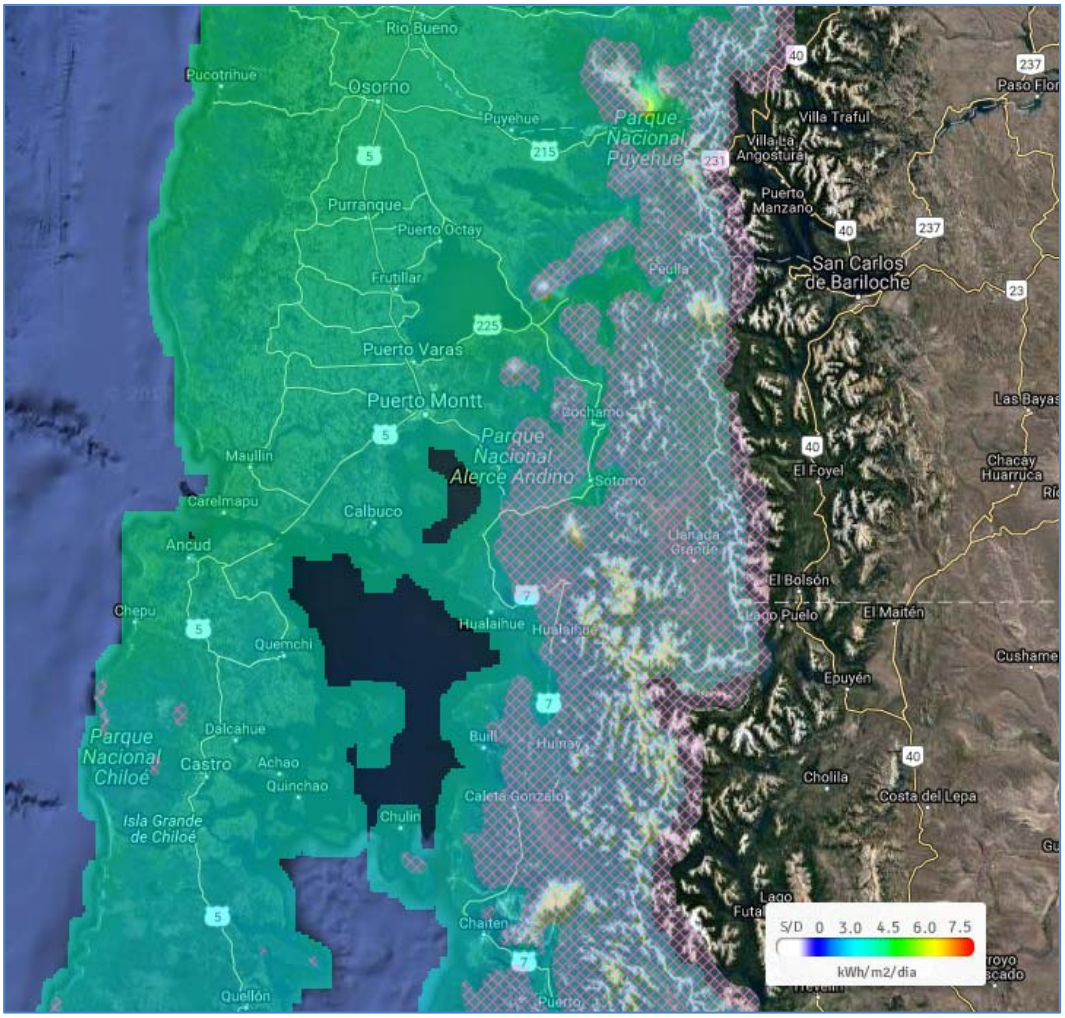
Con base en la información que despliega la plataforma web "Explorador Solar[5]", del Ministerio de Energía y la Universidad de Chile, se genera un mapa de irradiación enfocado en la X Región de Los Lagos, lo cual se aprecia en la Figura 4.4-1. Tal como en ella se aprecia, la radiación (global horizontal) media anual que recibe la región, expresada a nivel diario, oscila entre los 3,2 y 4 kWh/m^2/día.

[5] http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/exploracion

Para efectos de referencia, el rango de radiación señalado para la X Región representa, en término medio, el 50% de la radiación global horizontal que recibe la zona norte del país, alcanzando esta última valores de 7,3 kWh/m^2/día. Sin embargo, como punto a favor para la X Región, la menor temperatura de operación de los paneles, respecto a la zona norte del país -de la más elevada radiación solar-, implica una mayor eficiencia de generación fotovoltaica, ya que dicha eficiencia es inversamente proporcional al grado de calentamiento de los paneles.

Sólo a modo de ejemplo, para un punto localizado en las cercanías de la localidad de Trumao, una instalación fotovoltaica de 100 kW de potencia nominal (lo que supone un uso de suelo del orden de 0,06 Ha), con una radiación global horizontal de 4 kWh/m^2/día, sería capaz de generar -al inicio de su fase de operación- un estimado de 126.230 kWh/año, con un factor de planta de 14%.

Figura 4.4-1: Mapa de Radiación Global Horizontal (kWh/m²/día), Región de Los Lagos



Fuente: Explorador Solar, Ministerio de Energía – FCFM, U. de Chile

4.4.1.2. Recurso Eólico para Aerogeneración

La generación eólica consiste básicamente en una conversión indirecta de la energía eólica en energía eléctrica, a través de un aerogenerador. Este elemento obtiene su potencia de entrada convirtiendo la energía del viento en un torque sobre las palas del rotor, el cual se transfiere al generador. Destacan en el mercado los aerogeneradores de eje horizontal, los que se instalan sobre una torre, en cantidad y lugar adecuados. Para consumos menores, se consideran microturbinas eólicas, con diámetros de rotor que varían entre los 1,1 m (0,4 kW de potencia nominal) y los 6,7 m (10 kW de potencia nominal).

Dentro de sus ventajas, se encuentran la modularidad del sistema, mejor alternativa a explorar para lugares de menor radiación solar, disponibilidad de equipos en el mercado, vida útil de 20 años, costos de mantención relativamente bajos, tendencia a la baja en precios de la tecnología y buen nivel de madurez.

Como desventajas, la generación eólica presenta: alta especificidad de sitio (disponibilidad del recuro eólico), mayor requerimiento de obras civiles (creciente con el tamaño del rotor y la altura de la torre), intermitencia de generación con mayor grado de incertidumbre, emisión de ruido, efecto "shadow flicker" (significativo en sistemas de mayor envergadura).

A partir de la información que proporciona el "Explorador Eólico[6]" del Ministerio de Energía y la Universidad de Chile, es factible caracterizar el recurso eólico de la X Región de Los Lagos, en términos de las velocidades del viento que se determinan para la zona en cuestión.

Previo a la caracterización, cabe comentar que, dado que el foco del presente estudio se concentra en proyectos pequeños de generación, el recurso se evalúa en términos de una elevación acotada, lo que es coherente con infraestructura de generación eólica de tamaño reducido. Esto resulta del todo relevante, ya que:

i. La velocidad del viento es función de la altura

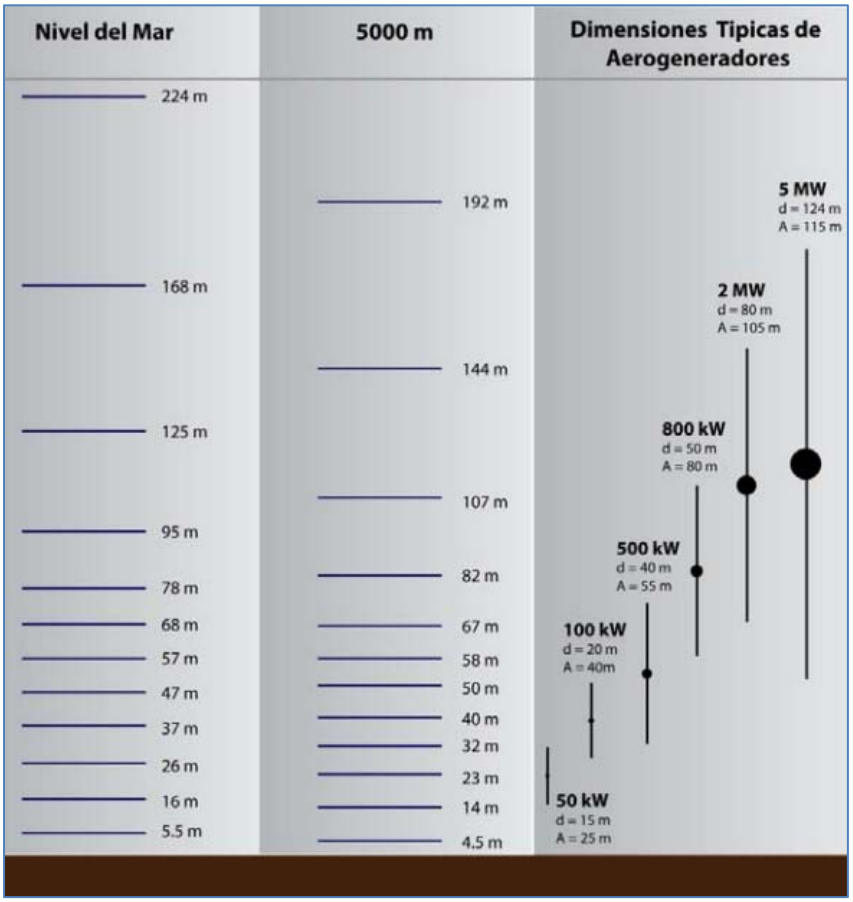
ii. La potencia instalada de un aerogenerador depende de sus dimensiones

iii. Las dimensiones del generador eólico dependen de su altura respecto de la línea de terreno

Como consecuencia de lo descrito, se evalúa el recurso para una alturas de 16 y 26 m sobre el nivel de terreno para elevaciones absolutas cercanas al nivel del mar, lo que aplica a generadores eólicos de hasta 15 kW potencia, con diámetros en torno a los 15 m y altura máxima del rotor del orden de 25 m, tal como lo indica la Figura 4.4-2.

[6] http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Eolico2/

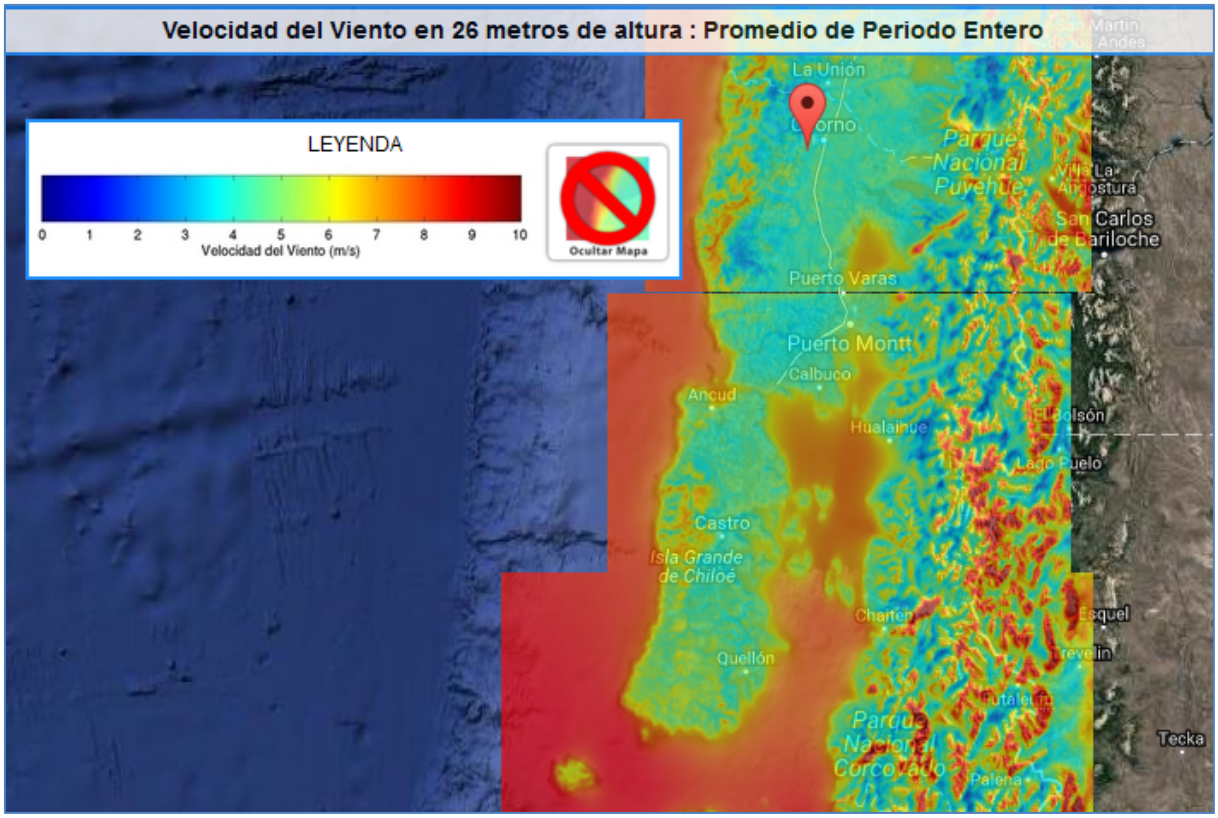
Figura 4.4-2: Relación entre Nivel Vertical y Dimensiones Típicas de Aerogeneradores



Fuente: Explorador Eólico 2012, Manual de Uso – FCFM U. de Chile

Al inspeccionar las velocidades que arroja el modelo de simulación, para una altura en torno a los 26 m, respecto de la línea de terreno, el Explorador Eólico muestra un rango predominante de velocidades entre los 3,5 y 5 m/s (ver Figura 4.4-3), aun cuando se observan, para dicha elevación, valores extremos -límites mínimo y máximo- en torno a los 2,6 y 6 m/s, respectivamente.

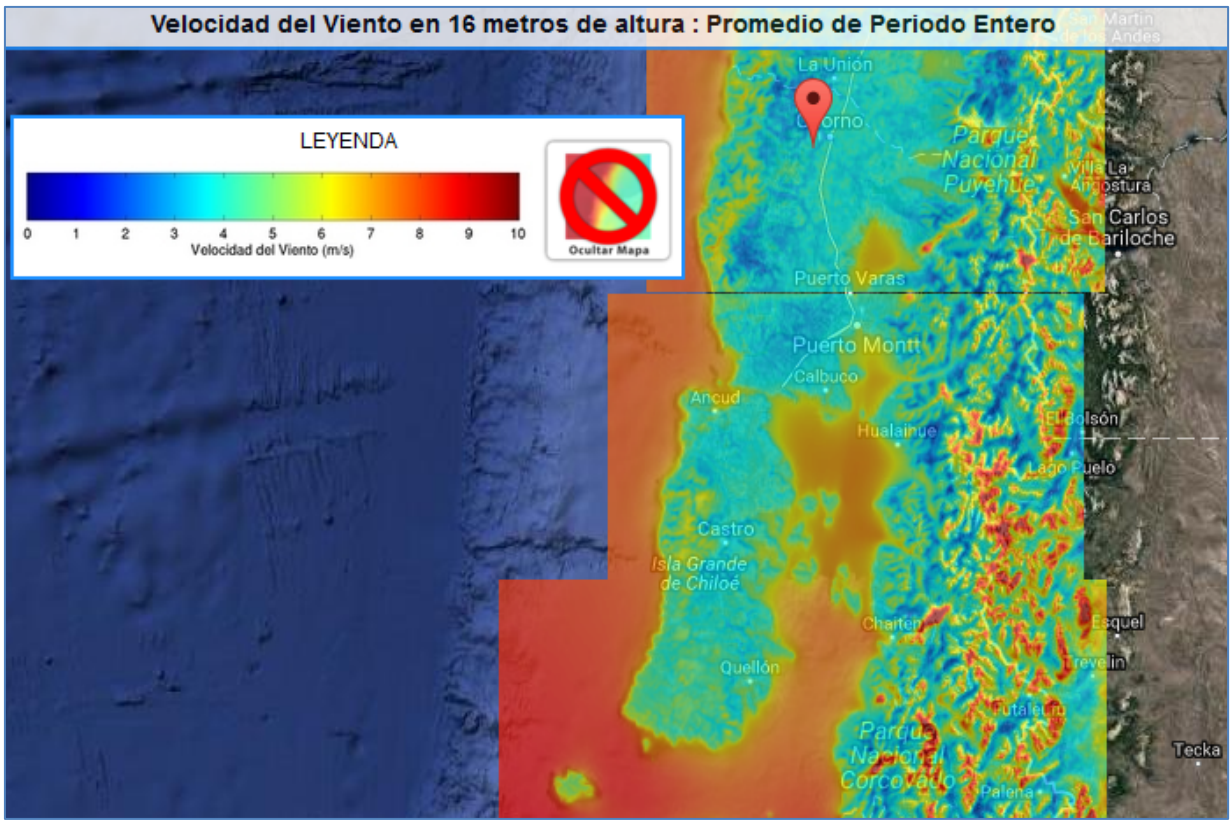
Figura 4.4-3: Mapa Velocidad del Viento para Simulación a 26 m de Elevación sobre la Línea de Terreno



Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía – FCFM, U. de Chile

Para el caso de las velocidades simuladas a 16 m de altura sobre el nivel de terreno, el rango oscila entre los 3 y 4 m/s (ver Figura 4.4-4), con mínimos y máximos puntuales observados en torno a los 2,7 y 5,3 m/s, respectivamente.

Figura 4.4-4: Mapa Velocidad del Viento para Simulación a 16 m de Elevación sobre la Línea de Terreno



Fuente: Explorador Eólico, Ministerio de Energía – FCFM, U. de Chile

Para efectos de ilustración, se ha simulado un proyecto de generación considerando los siguientes aspectos:

- Lugar : localidad de Fresia, X Región
- Velocidad media del viento (h = 16m) : 3,5 m/s
- Velocidad media del viento (h = 26m) : 4,1 m/s
- Turbina eólica : Modelo Enair 70
- Potencia nominal : 3,5 kW
- Diámetro rotor : 4,1 m
- Viento de arranque : 2 m/s
- Cantidad de aerogeneradores : 1

Como consideración previa, cabe destacar que, dentro de los resultados que arroja, el reporte del Explorador Eólico entrega la estadística de potencia media diaria estimada a nivel mensual, para los parámetros comentados; de esta forma, los resultados correspondientes son los que se muestran en la Tabla 4.4-1.

Tabla 4.4-1: Resultados de Potencia y Energía de Generación Eólica, Según Altura del Rotor (localidad de Fresia / turbina Enair 70 / 1 generador)

Mes	Potencia Media Diaria (kW)		Energía media mensual (kWh/mes)	
	16 m	26 m	16 m	26 m
Ene	0,3	0,3	216	216
Feb	0,4	0,5	288	360
Mar	0,2	0,3	144	216
Abr	0,2	0,3	144	216
May	0,2	0,3	144	216
Jun	0,6	0,8	432	576
Jul	0,6	0,9	432	648
Ago	0,5	0,7	360	504
Sep	0,2	0,3	144	216
Oct	0,3	0,4	216	288
Nov	0,3	0,4	216	288
Dic	0,3	0,4	216	288
Energía media anual (kWh/año)			**2.952**	**4.032**

Adicionalmente, si se asume que existe proporcionalidad entre la potencia nominal del generador contemplado y la energía que se obtiene de su operación, es posible establecer que, para una potencia total instalada de 100 kW (lo que requiere del orden de 29 aerogeneradores de 3,5 kW c/u, con un uso de suelo total estimado de 1 Ha, ello suponiendo una densidad de potencia de 100 kW/Ha), la energía media anual generada para alturas de rotor de 16 y 26 m, serían, respectivamente, de 84.343 kWh/año y 115.200 kWh/año.

4.4.1.3. Recurso Hídrico para Generación Hidroeléctrica

La generación micro-hidroeléctrica corresponde a la generación hidráulica de electricidad, a partir de turbinas pequeñas diseñadas para ser dispuestas en línea o en paralelo con cauces menores y canales de riego. Esta opción de generación puede hacerse viable para el caso de organizaciones de usuarios o un conjunto de particulares no organizados, al contar con el recurso hidráulico, puedan generar y vender energía eléctrica a usuarios que requieran de ella para sus sistemas de riego, o para otros fines como la alimentación para sistemas de elevación mecánica, de telemetría, control remoto de compuertas, sistemas de tratamiento de aguas, etcétera.

Dependiendo de la disponibilidad de caudal y de la altura de caída, además de las características específicas de la infraestructura hidráulica a utilizar para este fin, se puede recurrir a dos tipos de sistemas:

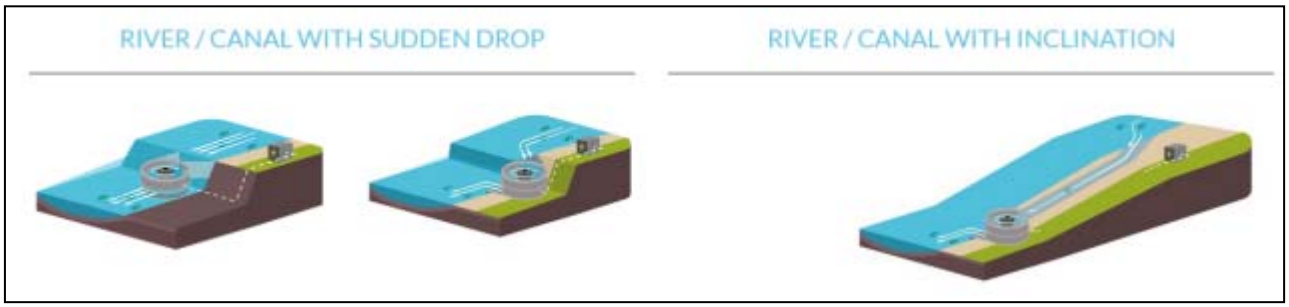
a) Medios de generación hidráulica adaptados a cauces o canales de riego que no requieren caídas o de peraltar el eje hidráulico para obtener la energía. Dentro de las opciones asociadas a este tipo de generación, dentro del mercado destacan conceptos tecnológicos nuevos como los que presentan los sistemas Turbulent Hydro★ y Capta Hydro★. En las siguientes figuras se muestran los conceptos mencionados.

Figura 4.4-5 Sistema Capta Hydro



Fuente: http://www.captahydro.com/

Figura 4.4-6 Sistema Turbulent Hydro



http://www.turbulent.be/in-river

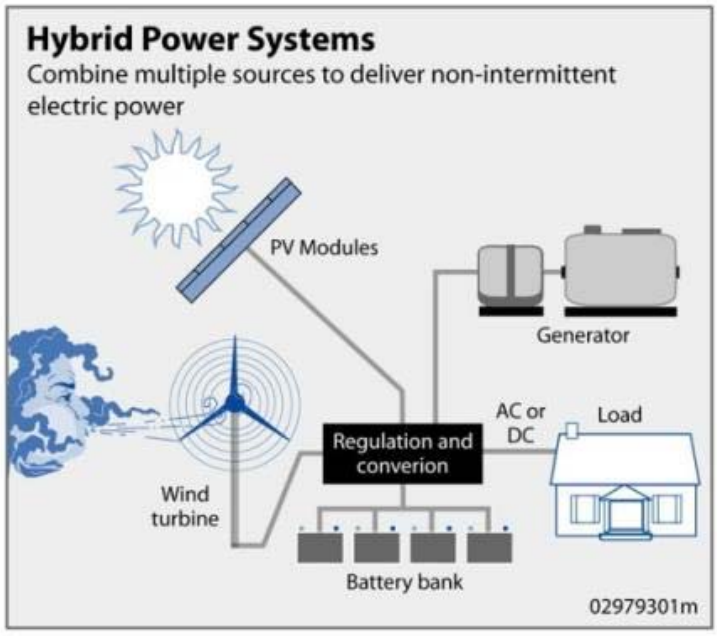
b) Medios de generación hidráulica que requieren de condiciones mínimas de operación que justifique su instalación: caudal y/o altura de caída. Destacan para estos efectos el uso de turbinas Pelton y Francis.

Por su parte, la capacidad de generación dependerá de las variables hidráulicas del curso que se utilice, como de la cantidad de unidades que sea necesario instalar.

Entre las ventajas de estos sistemas se encuentran: oportunidad de aprovechamiento de infraestructura existente para la generación de energía limpia; para el caso de sistemas tipo Capta Hydro★, destaca el bajo requerimiento de obras civiles y rapidez de instalación. Las desventajas están asociadas a la eventual escasez de recursos hídricos superficiales y el hecho de constituir conceptos de diseño relativamente nuevos; para el caso de Turbulent Hydro★, proyectos asociados implican un mayor requerimiento de obras civiles (similar al caso de turbinas Pelton o Francis).

c) Sistemas ER híbridos: aquellos que integran distintas fuentes de energía renovable, pudiendo combinarse cada una de las tres opciones señaladas. Su conveniencia dependerá de la disponibilidad de cada recurso, los requerimientos de uso, la factibilidad técnica y los costos de inversión. En la siguiente figura se esquematiza un sistema híbrido eólico-solar tipo Off-Grid.

Figura 4.4-7 Sistema ER Híbridos



Fuente: https://energy.gov/energysaver/hybrid-wind-and-solar-electric-systems

Tal como se ha comentado previamente, se evalúa la potencia de generación hidroeléctrica en términos de la potencia instalable, cuantificada en mega watts (MW),

según lo indica el "Explorador de Derechos de Aprovechamiento de Aguas No Consuntivos[7]", del Ministerio de Energía y la FCFM de la U. de Chile.

De esta manera, para la cuenca Río Bueno (compartida entre las regiones XIV y X), las subcuencas correspondientes que se ubican en la X Región de Los Lagos -incluyendo aquéllas que contienen el límite administrativo entre las regiones XIV y X-, poseen el potencial instalable que indica la Tabla 4.4-2, alcanzando un total de 301,1 MW.

Tabla 4.4-2: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de la Cuenca Río Bueno, Región de Los Lagos

Sub-Subcuencas - Cuenca Río Bueno, X Región de Los Lagos	Potencia instalable (MW)
Lago Rupanco	67,30
Río Pilmaiquén entre Lago Puyehue y Río Chirre	47,40
Río Pilmaiquén entre Río Chirri y Río Bueno	44,10
Río Golgol entre Río Pajarito y Lago Puyehue	42,20
Río Coihueco bajo junta Río Blanco	37,90
Lago Puyehue	27,90
Río Golgol hasta junta Río Pajarito	16,80
Río Coihueco entre Río Blanco y Río Rahue	8,60
Río Bueno entre Río Rahue y Laguna de La Trinidad	3,50
Río Bueno entre Río Pilmaiquén y Río Rahue	2,40
Río Negro Entre Río Lopez y Bajo Estero Riachuelo	1,80
Río Rahue entre Río Coihueco y Río Negro	1,00
Río Bueno Entre Laguna de La Trinidad y Bajo Estero Molino	0,20
TOTAL (MW)	**301,10**

Por su parte, para la Cuenca denominada "Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo", el potencial instalable en MW, a nivel de sub-subcuencas, es la que se indica en la siguiente tabla, totalizando 138,4 MW.

[7] http://ernc.dgf.uchile.cl/Explorador/DAANC2016/

Tabla 4.4-3: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de Cuencas e Islas entre Río Bueno y Río Puelo, Región de Los Lagos

Subsubcuencas - Cuencas e Islas entre R. Bueno y R. Puelo, X Región de Los Lagos	Potencia instalable (MW)
Lago Llanquihue y afluentes	22,00
Costeras Entre Río Hueyelhue y Río Guayusca (Excluido)	17,40
Río Lenca	14,20
Costeras entre Río Petrohué y Río Cochamó	10,10
Río Llico	9,40
Lago Chapo	9,10
Río Chamiza Entre Desagüe Lago Chapo y Bajo Estero Pangal	8,50
Río Maullín entre Río Calabozo y Río Gómez	7,80
Río Hueyelhue	6,70
Costeras Entre Río Chilco (Excluido) y Río Petrohué	6,20
Costeras entre Río Llico y Río Quenuir	5,90
Costeras Entre Río Chamiza y Río Lenca (Excluido)	4,60
Costeras Entre Río Lenca y Río Chilco (Incluido)	3,50
Río Cochamó	2,60
Río Petrohué Entre Río Hueu-Hueu y Desembocadura	2,40
Río Hueu-Hueu	2,40
Río Quenuir	2,30
Costeras Entre Río Guayusca (Incluido) y Río Llico	1,80
Río Maullín Entre Desagüe Lago Llanquihue y Río Calabozo	1,00
Costeras Entre Río Llesquehue (Incluido) y Río Hueyelhue (Río Tranallaguín)	0,50
TOTAL (MW)	**138,40**

Para el caso de la cuenca "Islas Chiloé y Circundantes, la potencia instalable a nivel de sub-subcuenca, se entrega en la Tabla 4.4-4, con un potencial total de 51,1 MW.

Tabla 4.4-4: Potencial Instalable (MW) sub-subcuencas de Cuenca Islas Chiloé y Circundantes, Región de Los Lagos

Subsubcuencas - Cuenca Islas Chiloé y Circundantes, X Región de Los Lagos	Potencia instalable (MW)
Río Chepu	22,00
Costera Vertiente Oeste Entre Río Cucao (Incluido) y Río Medina (Incluido)	13,90
Costeras Vertientes Oeste Entre Río Chepu y Río Cucao	5,60
Costeras Vertientes este Entre Punta Ahoni y Punta Yatac	5,20
Costeras Vertiente este Entre Estero San Juan y Punta Ahoni	3,50
Costeras Vertiente este Entre Punta Quetrelquén y Estero San Juan (Incluido)	0,90
TOTAL (MW)	**51,10**

Para las demás cuencas de la X Región, se tiene que las potencias instalables correspondientes son:

- Cuenca Río Puelo : 450,1 MW
- Cuenca Costeras entre Río Puelo y Río Yelcho : 166,8 MW
- Cuenca Río Yelcho : 110,2 MW
- Cuenca Costeras entre Río Yelcho y Límite Regional : 40,2 MW

4.4.2. ERNC en la Región de Los Lagos

4.4.2.1. ERNC a Gran Escala

Con el fin de obtener una imagen general de la manera en que las energías renovables se han instalado o se proyecta instalar dentro de la X Región de Los Lagos, se procede a la identificación de los proyectos ERNC en operación, en construcción, en calificación y aprobados, con sus respectivas potencias.

La fuente de consulta corresponde al denominado Centro de Información que provee ACERA (Asociación Chilena de Energías Renovables A.G.) en su sitio web[8]. Esta fuente, a

[8] http://www.acera.cl/centro-de-informacion/

través de la aplicación de filtros, organiza y asocia la información referida en el párrafo anterior.

Por otro lado, tal como se aprecia más adelante, cabe adelantar que en la región en estudio sólo se presentan dos fuentes renovables de generación a gran escala, a saber: energía mini-hidroeléctrica y energía eólica.

Para el particular de los proyectos eólicos, la situación actual de la X Región es la que muestra en la Tabla 4.4-5.

Tabla 4.4-5: Potencia Bruta (MW) Centrales Eólicas en Operación, Construcción, Calificación y Aprobadas, X Región de Los Lagos

Nombre Proyecto	Aprobado	En Calificación	En Construcción	En Operación	Potencia Bruta (MW)
Parque Eólico San Pedro				36,0	36,0
Parque Eólico Calbuco		42,5			42,5
Parque Eólico Llanquihue	74,0				74,0
Parque Eólico Cateao		100,0			100,0
PARQUE EOLICO CHILOE	100,8				100,8
Parque Eólico Ancud	120,0				120,0
Proyecto Parque Eólico Aurora			126,4		126,4
Parque Eólico Puelche Sur		153,0			153,0
Parque Eólico San Pedro II	151,0			65,0	216,0
Totales Potencia Bruta (MW)	**445,8**	**295,5**	**126,4**	**101,0**	**968,7**

En cuanto a la generación mini-hidroeléctrica, el panorama actual de los proyectos correspondientes es el que se indica en la Tabla 4.4-6; cabe destacar que, para este tipo de generación, no se identificaron proyectos en construcción.

Tabla 4.4-6: Potencia Bruta (MW) Centrales Minihidro de Pasada en Operación, Calificación y Aprobadas, X Región de Los Lagos

Nombre Proyecto	Aprobado	En Calificación	En Operación	Pot. Bruta (MW)
Captación Adicional Cheto - Mini Central de Pasada Dongo		0,3		0,3
Los Colonos			0,6	0,6
Cuchildeo			0,7	0,7
Los Corrales			1,0	1,0
Ensenada			1,2	1,2
Callao U2			1,7	1,7
Callao U1			1,7	1,7
Ampliación central de pasada La Arena	3,0			3,0
La Arena			3,0	3,0
Hidrobonito MC2			3,2	3,2
Central Hidroeléctrica de Paso La Flor	5,4			5,4
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Blanco Rupanco	5,5			5,5
Pequeña central hidroeléctrica Dongo			6,0	6,0
Minicentral Hidroeléctrica de Pasada Río Chanleufu			6,0	6,0
Nalcas			6,8	6,8
Hidroeléctrica de Pasada Collil			7,0	7,0
Central hidroeléctrica del Río Chaica		7,3		7,3
Minicentral Hidroeléctrica Piruquina	7,6			7,6
Mini Central Hidroeléctrica de Pasada Río Negro	8,0			8,0
Hidrobonito MC1			9,0	9,0
Central Hidroeléctrica Pulelfu			9,0	9,0
Capullo			12,0	12,0
Mini Centrales de Pasada Palmar - Correntoso	13,0			13,0
Central Hidroeléctrica Pilmaiquén			40,8	40,8
Totales Potencia Bruta (MW)	**42,5**	**7,6**	**109,7**	**159,8**

Con base en la información entregada, es posible notar que:

- En términos de centrales en operación dentro de la X Región, la potencia total instalada tanto en centrales eólicas como minihidro, es muy similar (difieren en menos de 10 MW).

- Para el resto de las categorías de proyectos (construcción, calificación y aprobados), la energía eólica muestra un desarrollo considerablemente mayor que la minihidro, lo que permite establecer una preponderancia futura muy marcada del recurso eólico por sobre el hidroeléctrico.

4.4.3. ERNC a Pequeña Escala

4.4.3.1. Asociadas a la Ley 18.450

Se consultó a fuentes de información provenientes de instituciones ligadas al fomento al riego, en referencia a los proyectos de integración "Riego + ERNC" y que hayan sido financiados o bonificados por dichas instituciones; todo ello, con el fin de asociar la penetración local de este tipo de proyectos con los resultados de apoyo económico de parte de instrumentos de fomento, sean ellos públicos y/o privados.

De las fuentes consultadas, se obtuvo información por parte de la Comisión Nacional de Riego, la que, a través de la aplicación de la Ley N° 18.450, bonifica a proyectos de riego y, en el particular de este caso, a proyectos de riego con integración ERNC. Los datos a 2017 se muestran en la Tabla 4.4-7, mostrada a continuación:

Tabla 4.4-7: Proyectos de riego con componente ERNC bonificados vía Ley 18.450 al año 2017 – X Región de Los Lagos

Comuna	Cultivo	Año Resolución	Tecnología ERNC	# de Proyectos	# Beneficiados	Sup. Tecnif. (ha)	$ Bonific.	$ Total
Los Muermos	Pradera Mejorada	2017	S/I	1	1	1	$ 9.563.451	$ 10.626.027
Osorno	Hortalizas	2017	S/I	1	1	0,05	$ 7.652.114	$ 8.502.320
TOTALES				**2**	**2**	**1,05**	**$ 17.215.565**	**$ 19.128.347**

4.4.3.2. Proyectos Particulares

En la zona de estudio no se tiene conocimiento de proyectos de riego particulares que utilicen ERNC.

4.4.4. Normativa

La legislación nacional define a las Energías Renovables No Convencionales (ERNC) como aquellas generadoras que utilizan como fuente la energía solar, eólica, hidráulica de pequeña escala (< 20MW), geotérmica, biogás y biomasa.

La incorporación de las ERNC se ha concentrado especialmente en el SIC, que actualmente posee casi el 90% del total de ERNC instalada en el país, correspondientes a centrales del tipo eólica, centrales minihidráulicas biomasa, solar y biogás. El SING posee a noviembre de 2015, poco más del 8 % de la capacidad instalada total, destacando dos pequeñas centrales hidroeléctricas (El Toro y Alto Hospicio) con una capacidad de 1,1 MW cada una y Chapiquiña de 10,1 MW, así como el parque eólico Valle de los Vientos de 90 MW y centrales fotovoltaicas, donde destaca Pozo Almonte con una potencia instalada de 23,5 MW.

Algunos hitos relevantes para las ERNC en los últimos años, ha sido la puesta en operación de la planta Amanecer Solar de CAP (Región de Atacama), hasta la fecha, la fotovoltaica más grande de Latinoamérica, el inicio de la construcción de la primera planta de Concentración Solar de Potencia (CSP) en la región y que tendrá una potencia de 100 MW y la construcción del parque eólico El Arrayán, cuya generación de energía está íntegramente destinada a la industria minera.

El 20 de marzo de 2008 se promulgó la Ley 20.257 sobre la obligación de generar en base a fuentes ERNC, la cual estableció que el 5% de los retiros efectuados por empresas generadoras que mantengan contratos de suministros firmados con fecha posterior al 1 de agosto de 2007, debía provenir de fuentes no convencionales. Este porcentaje debía incrementarse 0,5% cada año a partir de 2015, llegando al 10% en el 2024. Asimismo, la energía acreditada debía provenir de centrales ERNC que hayan iniciado su operación a partir del 1 de enero de 2007.

Para cumplir con lo impuesto por la Ley, las empresas generadoras que no poseían centrales ERNC propias, tenían la facultad de tranzar con empresas ERNC la energía requerida, pactando un precio de compra por unidad de energía, lo que es conocido como "atributo ERNC". En caso de no cumplir con la obligación o no acreditar la compra del atributo, la empresa quedaba afecta a una multa de 0,4 UTM/MWh.

En octubre de 2013, se promulgó la Ley 20.698 que propicia la ampliación de la matriz energética mediante ERNC, modificando la Ley 20.257 y fijando una nueva obligación de penetración ERNC aplicable a los nuevos contratos de suministro o modificaciones, con

fecha posterior al 1 de julio de 2013. Esta ley establece una cuota de 6% en el año 2014, llegando al 20% en el año 2025.

Así, a partir del marco legal vigente, se estudiarán de manera clara los pasos a seguir para la inscripción, aprobación y operación de proyectos ERNC, sean ellos con o sin conexión a la red.

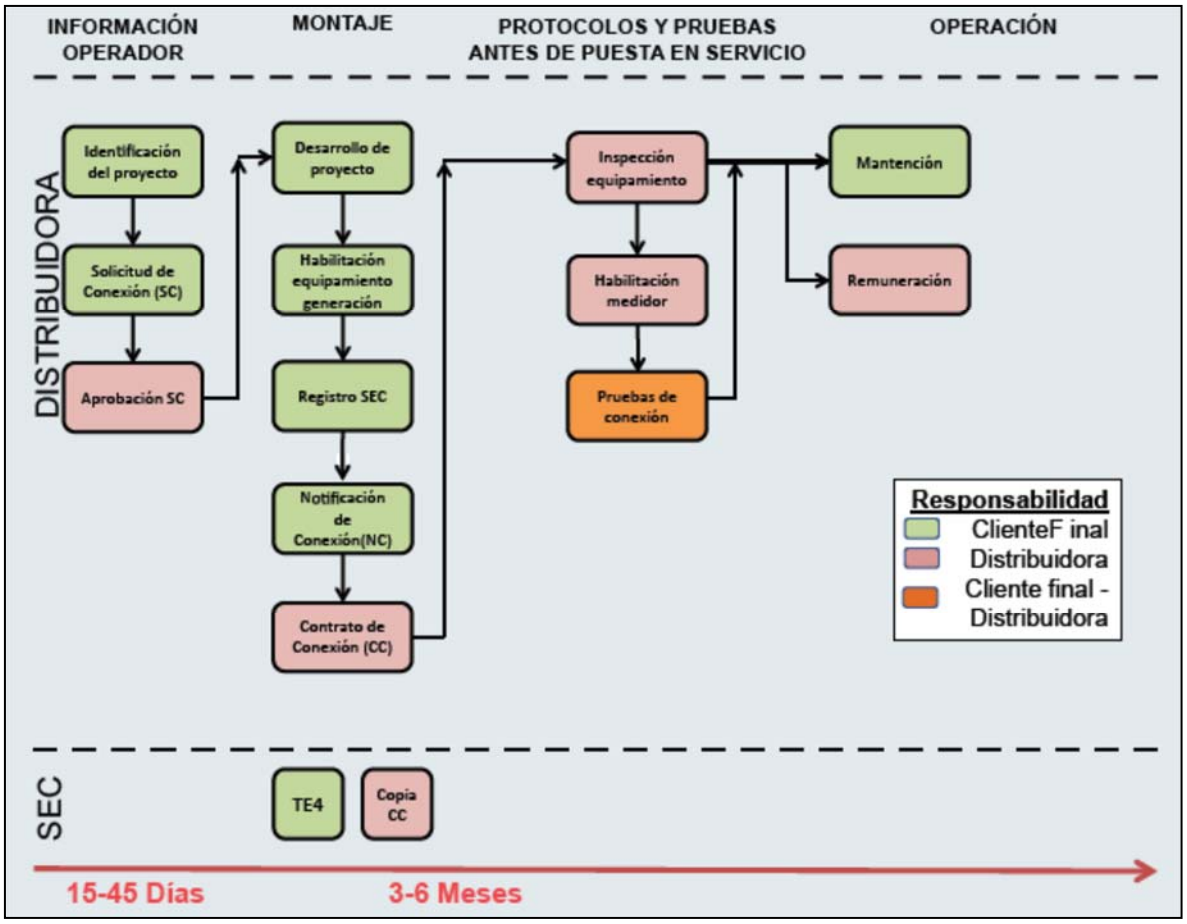
En términos generales, entendiendo que la mayoría de los proyectos a generar serán de pequeña escala, el énfasis procedimental se focalizará a dicha escala, sin perjuicio de la eventual elaboración de proyectos de generación ERNC que se acerquen a lo que se denomina PMGD (sistemas ERNC con excedentes de potencia de hasta 9 MW), para los cuales el marco legal vigente establece reglas y procedimientos diferentes.

Para los efectos, objetivos y alcances del presente estudio, se ligarán los proyectos generados con los requerimientos procedimentales establecidos en las siguientes guías y cuerpos legales, según corresponda:

- "Guía de Gestión – Aspectos claves en el desarrollo de proyectos ERNC" / www.cer.gob.cl
- "Guía de conexión de proyectos ERNC" / www.cifes.gob.cl
- Ley 20.571
- DS 244
- DS 71
- Norma Técnica Eléctrica N°4

Como ejemplo, el documento "Guía de conexión de proyectos ERNC" establece en detalle el procedimiento que debe cumplirse para la conexión de proyectos ERNC de pequeña escala a la red de distribución, resumido en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 4.4-8 Figura Guía de Conexión de Proyectos ERNC



Fuente: Guía de conexión de proyectos ERNC (www.cifes.gob.cl)

En él se aprecia que, para hacer efectiva la conexión de proyectos pequeños, se presentan cuatro etapas:

- Información al operador
- Montaje
- Protocolo y pruebas antes de la puesta en servicio
- Operación, en las que intervienen dos instituciones, siendo ellas (a) la empresa distribuidora local y (b) la Superintendencia de Servicios Eléctricos (SEC).

4.4.5. Productos Entregables para Proyectos con ERNC

Cada proyecto generado a lo largo del estudio se entregará a través de un set de documentos, conjunto documental que se considerará suficiente para su posterior presentación a instancias de postulación a fondos concursables.

El set de documentos que se ofertan por proyecto son los siguientes:

- Cuadro de información base del proyecto:

    a. Datos generales del proyecto → N° de proyecto, nombre de proyecto, código.

    b. Datos propietario/beneficiario del terreno

    c. Información del terreno → nombre del predio, rol, ubicación (región, provincia, comuna, localidad, datum, huso, coordenadas UTM), superficie total

    d. Tipo de fuente hídrica para riego (superficial o subterránea).

    e. Nombre del cauce o acuífero fuente

    f. Parámetros hidrológicos relevantes asociados a la fuente hídrica y al clima local

    g. Parámetros fundamentales de caracterización pozo o noria de extracción.

    h. Tenencia de derechos de agua y caudal asociado.

    i. Infraestructura existente (agrícola y de energía) y cultivos actuales.

    j. Breve resumen del proyecto riego + ERNC

k. Datos fundamentales del proyecto de riego → cultivo proyectado, área regada, sectores de riego, método de riego, tiempo diario de riego, volumen de riego, etc.

l. Componentes del proyecto de riego

m. Parámetros hidráulicos del diseño

n. Tipo de generación renovable

o. Componentes del proyecto ERNC

p. Obras complementarias → estanques, decantadores, mejoramientos, etc.

q. Presupuesto valorizado en UF (valor UF en CLP a la fecha)→ proyecto de riego, proyecto ERNC.

r. Todo otro campo de informacional adicional que sea requerido, en acuerdo con la Comisión Nacional de Riego

- Minuta descriptiva del proyecto: como complemento a la Ficha de Información Base del Proyecto, ella se acompañará de una breve minuta que explicará los fundamentos del proyecto, los objetivos que persigue, además de la descripción de los sistemas diseñados, modo de operación, etcétera.

- Cuadro de cubicaciones y de presupuesto: se proporcionará un cuadro con el desglose separado de las partidas correspondientes a los proyectos de riego y de generación renovable. La información contenida es la siguiente:

s. Cubicación de los ítems identificados en cada partida del proyecto, expresada en unidades adecuadas

t. Precio unitario de cada ítem en unidades coherentes con la cubicación

u. Presupuesto por ítem y partida

v. Presupuesto total del proyecto

- Planos de Proyecto:

  - Layout de Proyecto: disposición en planta localizada sobre el área de proyecto, con las unidades/componentes contempladas en el proyecto (riego + ERNC). Este plano contendrá, junto con lo ya señalado, la siguiente información adicional:

    i. Viñeta tipo estándar CNR
    ii. Escala gráfica
    iii. Cuadro de PRs
    iv. Esquema general de cabezal de riego
    v. Esquema general de obras específicas
    vi. Cuadros de válvulas y cañerías
    vii. Cuadro agronómico de proyecto
    viii. Cuadro de obras generales
    ix. Cuadro de parámetros hidráulicos
    x. Cuadro de simbología

    w. Diagrama unilineal del sistema eléctrico proyectado

- Anexos: con el objetivo de dar respaldo adicional a la documentación de proyecto, se entregarán como anexo los siguientes documentos:

  - Memoria de cálculo → documento abreviado proveniente de las planillas de cálculo que sirvan para el dimensionamiento de los componentes del proyecto. Permitirá efectuar el seguimiento de los parámetros y criterios de cálculo utilizados y los resultados finales.

- Brochure técnico de equipos: en función de las características requeridas para cada uno de los componentes definidos en cada proyecto, se entregará, con fines netamente referenciales, el brochure de los equipos que se encuentren disponibles y que coincidan con las especificaciones técnicas de proyecto.

5. IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ZONAS DE EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS Y SU PRODUCCIÓN

5.1. Evolución Patrón de Cultivos

Con el propósito de caracterizar el uso y producción histórica del área de estudio, se utilizó como fuente de información el VI y VII Censo Nacional Agropecuario realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas, INE, en las temporadas 1996/97 y 2006/07. Para ambas temporadas se analizó el uso general del suelo en cada una de las provincias que conforma la Región de Los Lagos, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.1-1 a la Tabla 5.1-4.

En términos generales, cabe señalar que en la provincia de Osorno la superficie dedicada a la agricultura disminuyó considerablemente entre los dos períodos, al pasar de más de 86 mil ha a 64 mil ha. En efecto, como se aprecia en la Tabla 5.1-1, la mayoría de los rubros registró un descenso, especialmente el grupo correspondiente a forrajeras, cultivos industriales, leguminosas y tubérculos, hortalizas y cereales; sólo frutales tuvo una expansión importante, ya que si bien flores anotó un crecimiento, dentro del patrón productivo no es relevante.

Al analizar el patrón productivo de la temporada 2006/07, se aprecia que el grupo constituido por forrajeras, es el más importante, con el 63,3% de la superficie. Le sigue cereales, frutales y cultivos industriales, entre otros.

Tabla 5.1-1: Uso del Suelo provincia de Osorno

Rubro	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Cereales	15.952,5	14.530,5	-8,9%	22,6%
Legumbres-tubérculos	2.576,7	1.815,2	-29,6%	2,8%
Cultivos Industriales	3.263,0	2.273,1	-30,3%	3,5%
Hortalizas	1.237,5	974,1	-21,3%	1,5%
Flores	6,4	156,7	2347,8%	0,2%
Forrajeras	60.075,7	40.734,8	-32,2%	63,3%
Frutales	2.767,4	3.225,3	16,5%	5,0%
Viñas	0,0	6,0	---	0,0%
Viveros	41,2	11,8	-71,4%	0,0%
Semilleros	604,9	600,3	-0,8%	0,9%
Total	**86.525,3**	**64.327,8**	**-25,7%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Asimismo, en la provincia de Llanquihue, se evidenció una reducción del área dedicada a la agricultura de más de un 43%, como se aprecia en la Tabla 5.1-2. Cabe señalar que todos los rubros mostraron un descenso, a excepción de flores, cuya participación es irrelevante en este contexto.

Dentro del patrón productivo de la temporada 2006/07, se aprecia que el grupo constituido por forrajeras, es el más importante, con el 58,1% de la superficie. Le sigue, en orden de importancia, leguminosas y tubérculos, cereales y frutales.

Tabla 5.1-2: Uso del Suelo provincia de Llanquihue

Rubro	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Cereales	8.049,8	4.620,0	-42,6%	13,5%
Legumbres-tubérculos	9.178,1	5.967,6	-35,0%	17,5%
Cultivos Industriales	95,0	53,0	-44,2%	0,2%
Hortalizas	1.068,2	657,2	-38,5%	1,9%
Flores	6,1	34,3	462,6%	0,1%
Forrajeras	38.330,8	19.842,2	-48,2%	58,1%
Frutales	3.353,0	2.565,2	-23,5%	7,5%
Viñas	0,0	2,0	---	0,0%
Viveros	25,8	4,0	-84,5%	0,0%
Semilleros	476,5	411,8	-13,6%	1,2%
Total	**60.583,3**	**34.157,3**	**-43,6%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En la provincia de Chiloé, también se evidenció una reducción superficie dedicada a la agricultura entre los períodos 1996/97 y 2006/07, pero en menor magnitud que las constatadas en los casos anteriores. Así, los aumentos anotados en forrajeras, lograron contrarrestar los exhibidos en los grupos de cereales, leguminosas y tubérculos, hortalizas y frutales. Si bien, tuvo lugar una expansión de cultivos industriales, flores y semilleros, su participación es irrelevante dentro del contexto provincial.

Tabla 5.1-3: Uso del Suelo provincia de Chiloé

Rubro	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Cereales	1.786,3	390,4	-78,1%	3,1%
Legumbres-tubérculos	4.501,8	3.320,6	-26,2%	26,2%
Cultivos Industriales	0,0	5,3	100,0%	0,0%
Hortalizas	967,2	557,7	-42,3%	4,4%
Flores	1,4	2,5	80,0%	0,0%
Forrajeras	3.831,3	6.809,2	77,7%	53,7%
Frutales	1.905,3	1.588,9	-16,6%	12,5%
Viñas	0,0	0,0	---	0,0%
Viveros	2,9	1,8	-37,9%	0,0%
Semilleros	6,7	9,8	46,3%	0,1%
Total	**13.002,9**	**12.686,2**	**-2,4%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En la temporada 2006/07, dentro del patrón productivo de Chiloé, destaca la participación de forrajeras, leguminosas y tubérculos y, finalmente, frutales.

En el caso de Palena, a pesar del aumento exhibido en forrajeras, los descensos de cereales, leguminosas y tubérculos, hortalizas y frutales, fueron más relevantes y la superficie dedicada a la agricultura descendió en 36,1%, entre ambas temporadas. En 2006/07 el rubro con mayor participación fue forrajeras, seguido por frutales, leguminosas y tubérculos, hortalizas y cereales.

Tabla 5.1-4: Uso del Suelo provincia de Palena

Rubro	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Cereales	166,2	65,2	-60,8%	6,9%
Legumbres-tubérculos	304,1	92,9	-69,5%	9,8%
Cultivos Industriales	0,0	0,0	---	0,0%
Hortalizas	111,9	85,0	-24,0%	9,0%
Flores	0,0	0,0	---	0,0%
Forrajeras	528,3	610,5	15,6%	64,3%
Frutales	374,5	95,2	-74,6%	10,0%
Viñas	0,0	0,0	---	0,0%
Viveros	0,3	0,0	-100,0%	0,0%
Semilleros	0,1	1,0	900,0%	0,1%
Total	**1.485,4**	**949,8**	**-36,1%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

5.2. Superficie Regada

Otro aspecto interesante de destacar es el incremento de la superficie regada en las cuatro provincias que conforman la Región de Los Lagos. En efecto, en la correspondiente a Osorno se constató un importante aumento, al pasar desde 2.281,9 ha en 1996/97 a 3.231,9 ha en 2006/07, lo que equivale a una expansión de 41,6%, como se aprecia claramente en la Tabla 5.2-1.

Tabla 5.2-1: Superficie de Riego, Provincia de Osorno

Sistema de Riego	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Gravitacional	21,0	25,8	22,9%	0,8%
Mecánico Mayor	1.978,0	1.938,4	-2,0%	60,0%
Microriego	282,9	1.267,7	348,1%	39,2%
Total	**2.281,9**	**3.231,9**	**41,6%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Las áreas regadas con método gravitacional y tecnificado registraron tendencias contrapuestas, ya que la primera anotó un crecimiento de 22,9% y, la segunda, un incremento de 348,1%, en el caso del micro riego, pero una baja de 2% en los sistemas de mecánico mayor.

En este ámbito, cabe señalar el uso más eficiente del recurso hídrico que se constató en la información recopilada, ya que las eficiencias de riegos de equipos presurizados oscilan entre el 80 a 90%, en tanto que la de los métodos tradicionales no superan el 40%. Esta tendencia debiera prevalecer en las próximas temporadas.

En Llanquihue, tuvo lugar una expansión de todos los sistemas de riego, siendo los mecanizados los más importantes. Como se aprecia en la Tabla 5.2-2, la superficie de riego se incrementó en 194%, al pasar desde 297,4 ha a 874,8 ha en 2006/07, destacando la participación de sistema mecánico mayor, con más de 750 ha.

Tabla 5.2-2: Superficie de Riego, Provincia de Llanquihue

Sistema de Riego	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Gravitacional	0,0	33,0	100,0%	3,8%
Mecánico Mayor	265,5	750,5	182,7%	85,8%
Microriego	31,9	91,3	186,2%	10,4%
Total	**297,4**	**874,8**	**194,1%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Tanto en Chiloé como en Palena tuvo lugar un cambio cultural importante, ya que en la primera provincia desde 1 ha regada en 1996/97 pasó a 78,8 ha en 2006/07; en la segunda desde 0 a 232,1 ha en 2006/07. En ambas provincias con predominio de los sistemas

mecanizados, especialmente del mecánico mayor. Esto antecedentes se presentan en las Tabla 5.2-3 y Tabla 5.2-4.

Tabla 5.2-3: Superficie de Riego, Provincia de Chiloé

Sistema de Riego	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Gravitacional	0,0	0,3	100,0%	0,4%
Mecánico Mayor	1,0	66,7	6570,0%	84,6%
Microriego	0,0	11,8	100,0%	15,0%
Total	**1,0**	**78,8**	**7780,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Tabla 5.2-4: Superficie de Riego, Provincia de Palena

Sistema de Riego	Superficie (Ha)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Gravitacional	0,0	19,0	100,0%	8,2%
Mecánico Mayor	0,0	197,6	100,0%	85,1%
Microriego	0,0	15,5	100,0%	6,7%
Total	**0,0**	**232,1**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

5.3. Rubros Productivos y Potencialidad

Como se constató en la Tabla 5.1-1, la superficie destinada a cultivos forrajeros, en la provincia de Osorno, descendió entre 1996/97 y 2006/07 en un 32%. En la masa ganadera se evidenció una tendencia contrapuesta, en ambos períodos, ya que ésta aumentó en 3,5%, en bovinos, tipo de ganado que es el más importante en el área de estudio. Esta situación sería atribuible a que la masa ganadera es sostenida en una menor superficie de praderas y forrajeras, pero de mayor productividad y calidad, ya que con el tiempo ha mejorado la conservación de forraje y el rendimiento de las praderas, con la adopción de tecnología de producción.

Tabla 5.3-1: Existencia de Ganado, provincia de Osorno

Tipo de Ganado	Cabezas (N°)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Bovinos	510.400	528.410	3,5%	88,2%
Ovinos	81.075	65.953	-18,7%	11,0%
Caprinos	4.859	4.925	1,4%	0,8%
Total	**596.334**	**599.288**	**0,5%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

La misma tendencia tuvo lugar en Llanquihue, donde el grupo de praderas y forrajeras descendió en más de 48% y la masa ganadera bovina, aumento en 7,3%, como se aprecia claramente en la Tabla 5.3-2.

Tabla 5.3-2: Existencia de Ganado, provincia de Llanquihue

Tipo de Ganado	Cabezas (N°)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Bovinos	356.535	382.454	7,3%	82,0%
Ovinos	81.075	80.637	-0,5%	17,3%
Caprinos	4.859	3.488	-28,2%	0,7%
Total	**442.469**	**466.579**	**5,4%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En contraposición, tanto en las provincias de Chiloé como en Palena, se registró un aumento de la superficie de praderas y forrajeras, lo que derivó en una expansión de la ganadería de todos los tipos en Chiloé, pero en Palena se constató un descenso en bovinos y ovinos; sólo caprinos anotó una expansión de más de 44%, pero dentro del total, su participación es irrelevante (Ver Tabla 5.3-3 y Tabla 5.3-4).

Tabla 5.3-3: Existencia de Ganado, provincia de Chiloé

Tipo de Ganado	Cabezas (N°)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Bovinos	106.228	111.589	5,0%	43,6%
Ovinos	112.367	142.931	27,2%	55,8%
Caprinos	1.466	1.478	0,8%	0,6%
Total	**220.061**	**255.998**	**16,3%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Tabla 5.3-4: Existencia de Ganado, provincia de Palena

Tipo de Ganado	Cabezas (N°)		Evolución (%)	Participación en 2006/07
	1996/97	2006/07		
Bovinos	29.404	24.734	-15,9%	47,9%
Ovinos	27.221	25.639	-5,8%	49,7%
Caprinos	864	1.249	44,6%	2,4%
Total	**57.489**	**51.622**	**-10,2%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En la Tabla 5.3-5, se presenta la información correspondiente a la superficie de cultivos anuales informada por INE en la provincia de Osorno, temporada 2006/07. Estos antecedentes involucran cereales, leguminosas y tubérculos. Estos grupos, como se observó en la Tabla 5.1-1 de uso del suelo, experimentaron un descenso entre 1996/97 y 2006/07. Cabe señalar que el 98,8% de la superficie se cultiva en condiciones de secano y sólo 199,5 ha fueron regadas en esa temporada, específicamente el cultivo de papa y algo de trigo.

Dentro del patrón productivo general, las especies más relevantes, en orden de importancia, son trigo, avena, papa y cebada (Tabla 5.3-5).

Tabla 5.3-5: Cultivos Anuales, provincia de Osorno

Cultivos Anuales	Superficie (Ha)		Superficie Total	Rendimiento qqm/ha
	Riego	Secano		
Avena	0,0	3.505,4	3.505,4	48,3
Cebada	0,0	1.085,5	1.085,5	53,5
Papa	185,1	1.611,0	1.796,1	186,2
Trigo	4,0	9.336,2	9.340,2	66,7
Otros	10,4	608,1	618,5	---
Total	**199,5**	**16.146,2**	**16.345,7**	
Participación	**1,2%**	**98,8%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Asimismo, en la provincia de Llanquihue, en la temporada 2006/07 respecto de 1996/97, se registró un importante descenso de la superficie cultivada con cereales, leguminosas y tubérculos, destacando la participación de papa, avena y trigo, como se observa en la Tabla 5.3-6, donde se constata además que casi la totalidad de estas especies se desarrollan en condiciones de secano.

Tabla 5.3-6: Cultivos Anuales, provincia de Llanquihue

Cultivos Anuales	Superficie (Ha)		Superficie Total	Rendimiento qqm/ha
	Riego	Secano		
Avena	0,0	2.507,6	2.507,6	45,7
Papa	0,2	5.957,8	5.958,0	215,5
Trigo	0,0	1.858,7	1.858,7	59,6
Otros	4,5	258,8	263,3	---
Total	**4,7**	**10.582,9**	**10.587,6**	
Participación	**0,0%**	**100,0%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Entretanto, en la provincia de Chiloé, en 2006/07 también se registró una caída de la superficie cultivada con cereales, leguminosa y tubérculos, destacando la participación de papa como la especie más relevante dentro del patrón productivo. Cabe señalar que la amplia gama de variedades de papa cultivada en Chiloé es reconocida a nivel nacional y presenta una alta demanda en la gastronomía local y a nivel país. La totalidad de estos cultivos se desarrollan en condiciones hídricas de secano, como se aprecia en la Tabla 5.3-7.

Tabla 5.3-7: Cultivos Anuales, provincia de Chiloé

Cultivos Anuales	Superficie (Ha)		Superficie Total	Rendimiento qqm/ha
	Riego	Secano		
Avena	0,0	206,5	206,5	32,7
Papa	0,2	3.306,7	3.306,9	152,2
Trigo	0,0	180,5	180,5	26,9
Otros	0,0	17,1	17,1	---
Total	**0,2**	**3.710,8**	**3.711,0**	
Participación	**0,0%**	**100,0%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del VII Censo Nacional Agropecuario del INE

La misma tendencia se constató en Palena, donde el área cultivada totalizó 158,1 ha, de las cuales el 4,2% se regó en 2006/07. Los cultivos más relevantes corresponden a papa, avena y trigo.

Si se compara los rendimientos según especie, se aprecia que en el caso de trigo los más elevados se obtuvieron en Osorno con 66,7 qqm/ha, seguido por Llanquihue con 59,6 qqm/ha, Palena con 29,8 qqm/ha y, finalmente, Chiloé con 26,9 qqm/ha.

Las papas, por su parte, registraron la mayor productividad en Llanquihue, con más de 215 qqm/ha, seguido por Osorno, donde una proporción de las siembras se regó, pero obtuvo un promedio de 186,2 qqm/ha; en Chiloé fue de 152,2 qqm/ha y en Palena de sólo 106 qqm/ha. En avena la mejor producción se logró en Osorno con 48,3 qqm/ha, seguida de Llanquihue con 45,7 qqm/ha, Chiloé con 32,7 qqm/ha y Palena con 29,7 qqm/ha.

Cabe señalar que estas diferencias productivas serían atribuibles a calidad de suelo, clima y tecnología de cultivo. En esta última variable puede influir tipo de maquinaria, calidad de las semillas, fertilización y aplicación de pesticidas.

Tabla 5.3-8: Cultivos Anuales, provincia de Palena

Cultivos Anuales	Superficie (Ha)		Superficie Total	Rendimiento qqm/ha
	Riego	Secano		
Avena	0,4	52,6	53,0	29,7
Papa	6,0	86,9	92,9	106,0
Trigo	0,3	8,8	9,1	29,8
Otros	0,0	3,1	3,1	---
Total	**6,7**	**151,4**	**158,1**	
Participación	**4,2%**	**95,8%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En el caso de cultivos industriales, se debe señalar que esta es una actividad menos difundida en el área de estudio, destacando una mayor diversidad de especies en la provincia de Osorno. De hecho, según los antecedentes del INE, en esta provincia entre 1996/97 y 2006/07 registró una caída en la superficie de cultivo, totalizando 2.273,1 ha, todas cultivadas en secano. La principal especie es lupino, seguida por raps y remolacha (Tabla 5.3-9). En Llanquihue sólo se cultivaron 53 ha de remolacha, con un rendimiento

promedio de 70 toneladas por ha, monto 22% más bajo que las 90 toneladas por ha recolectadas, en promedio, en Osorno.

Tabla 5.3-9: Cultivos Industriales, provincia de Osorno

Cultivos Industriales	Superficie (Ha)		Superficie Total	Rendimiento qqm/ha
	Riego	Secano		
Lupino	0,0	648,0	648,0	29,5
Raps	0,0	150,0	150,0	33,0
Remolacha	0,0	30,0	30,0	900,0
Otros	0,0	1.445,1	1.445,1	---
Total	**0,0**	**2.273,1**	**2.273,1**	
Participación	**0,0%**	**100,0%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Frutales, corresponde a un rubro con potencial en el área de estudio, en la medida que las condiciones de clima y suelo permitan el desarrollo de algunas especies. Cabe señalar que Osorno fue la única provincia donde se constató un crecimiento de las plantaciones frutales, ya que en el resto éstas descendieron, según la información del INE, entre 1996/97 y 2006/07. Esta baja sería consecuencia del arranque de huertos caseros.

Como se aprecia en la Tabla 5.3-10, si bien la huerta casera es la más importante en términos de superficie con el 37,8%, arándano, manzano, avellano europeo, frambuesa y cerezo, corresponden a especies más rentables que los cultivos y que podrían aumentar las plantaciones, en la medida que los agricultores cuenten con agua de riego.

Tabla 5.3-10: Frutales, provincia de Osorno

Frutales	Superficie (ha)	Participación
Arándano	854,6	26,5%
Avellano Europeo	209,0	6,5%
Cerezo	58,4	1,8%
Frambuesa	275,5	8,5%
Huerta Casera	1.218,6	37,8%
Manzano	500,2	15,5%
Otros	109,0	3,4%
Total	**3.225,3**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del INE

Asimismo, en Llanquihue podría aumentar la presencia de este rubro y expandir las plantaciones de las especies existentes, como arándano, frambuesa y manzano, así como también las presentes en Osorno.

Tabla 5.3-11: Frutales, provincia de Llanquihue

Frutales	Superficie (Ha)	Participación
Arándano	32,1	1,3%
Frambuesa	61,0	2,4%
Huerta Casera	2.270,3	88,5%
Manzano	102,5	4,0%
Otros	99,3	3,9%
Total	**2.565,2**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del INE

Tanto en Palena como en Chiloé, dentro de los frutales la huerta casera es la más relevante, destacando una mayor diversidad productiva en Palena, como se observa en las Tabla 5.3-12 y Tabla 5.3-13 .

Tabla 5.3-12: Frutales, provincia de Chiloé

Frutales	Superficie (Ha)	Participación
Huerta Casera	1.420,7	89,4%
Manzano	59,1	3,7%
Otros	109,1	6,9%
Total	**1.588,9**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del INE

Tabla 5.3-13: Frutales, provincia de Palena

Frutales	Superficie (Ha)	Participación
Arándano	2,3	2,4%
Cerezo	8,0	8,4%
Huerta Casera	67,9	71,3%
Manzano	5,0	5,3%
Otros	12,0	12,6%
Total	**95,2**	

Fuente: Elaborado con antecedentes del INE

En otro ámbito, cabe señalar que la superficie destinada a cada especie de hortaliza puede variar considerablemente de una temporada a otra en respuesta al comportamiento de los precios.

No obstante, de acuerdo a la opinión de personeros de Prodesal, las especies más arraigadas en la zona son zanahoria, betarragas, ajos y lechugas, las que tradicionalmente forman parte del patrón productivo del área.

Según la información estadística del INE, en la totalidad de la Región de Los Lagos la superficie dedicada a hortalizas disminuyó entre las temporadas 1996/97 y 2006/07. Una causa podría ser la falta de agua de riego, ya que estas especies, al igual que frutales, requieren de suministro hídrico para expresar su potencial productivo.

En la provincia de Osorno en la temporada 2006/07 se constató la mayor superficie hortícola de la X Región, con más de 974 ha, cultivadas en un 99,2% al aire libre. Aparte de la huerta casera, las principales especies corresponden a arveja verde, zanahoria, habas, choclo, lechuga y poroto verde, como se aprecia en la Tabla 5.3-14 .

Tabla 5.3-14: Superficie de Hortalizas, provincia de Osorno

Hortalizas	Superficie (Ha)		Superficie Total	Participación
	Aire Libre	Invernadero		
Arveja Verde	125,6	0,0	125,6	12,9%
Choclo	24,1	0,0	24,1	2,5%
Haba	41,0	0,0	41,0	4,2%
Huerta Casera	647,3	0,0	647,3	66,5%
Lechuga	9,3	2,2	11,5	1,2%
Poroto Verde	22,8	0,0	22,8	2,3%
Zanahoria	46,2	0,0	46,2	4,7%
Otros	50,4	5,1	55,5	5,7%
Total	**966,7**	**7,4**	**974,1**	
Participación	**99,2%**	**0,8%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En Llanquihue, la huerta casera ocupa el 91% de los terrenos con hortalizas. Otras especies corresponden a ajo y zanahoria. El 99,9% de estas especies se desarrollan al aire libre, como se desprende en la Tabla 5.3-15.

Tabla 5.3-15: Superficie de Hortalizas, provincia de Llanquihue

Hortalizas	Superficie (Ha)		Superficie Total	Participación
	Aire Libre	Invernadero		
Ajo	23,7	0,0	23,7	3,6%
Huerta Casera	598,0	0,0	598,0	91,0%
Zanahoria	23,7	0,0	23,7	3,6%
Otros	11,3	0,5	11,8	1,8%
Total	**656,7**	**0,5**	**657,2**	
Participación	**99,9%**	**0,1%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

Entretanto en Chiloé, de acuerdo a lo recopilado en la Tabla 5.3-16, la huerta casera se extiende en el 91,8% de los terrenos con hortalizas. Otras especies cultivadas son ajo, lechuga y zanahoria. El 98,3% de estas especies se desarrollan al aire libre.

Tabla 5.3-16: Superficie de Hortalizas, provincia de Chiloé

Hortalizas	Superficie (Ha)		Superficie Total	Participación
	Aire Libre	Invernadero		
Ajo	21,3	0,0	21,3	3,8%
Huerta Casera	512,1	0,0	512,1	91,8%
Lechuga	1,5	5,0	6,5	1,2%
Zanahoria	7,9	0,1	8,0	1,4%
Otros	5,5	4,3	9,8	1,8%
Total	**548,3**	**9,4**	**557,7**	
Participación	**98,3%**	**1,7%**	**100,0%**	

Fuente: Elaborado con antecedentes de VI y VII Censo Nacional Agropecuario del INE

En Palena las 85 ha cultivadas con hortalizas corresponden a huertas caseras al aire libre.

Cabe señalar que esta es una región con una importante afluencia turística, principalmente en verano, cuya demanda de hortalizas podría ser satisfecha con la producción local, aumentando la diversidad de especies desarrolladas con riego bajo invernadero. Esta situación podría ser una alternativa real para los pequeños agricultores.

Es probable que en las próximas temporadas el descenso de cultivos anuales continúe materializándose, debido a la implantación de rubros más rentables como frutales y hortalizas, tendencia que debería constatarse también en el caso de cultivos forrajeros.

5.4. Descripción General de la Agricultura de la Región

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En forma preliminar se caracterizará el tamaño de la propiedad considerando la información del sitio de Gestión de Información Geográfica del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) (http://ide.minagri.cl/geoweb/), información que será posteriormente precisada con la base de datos digital que se obtendrá de Ciren Corfo.

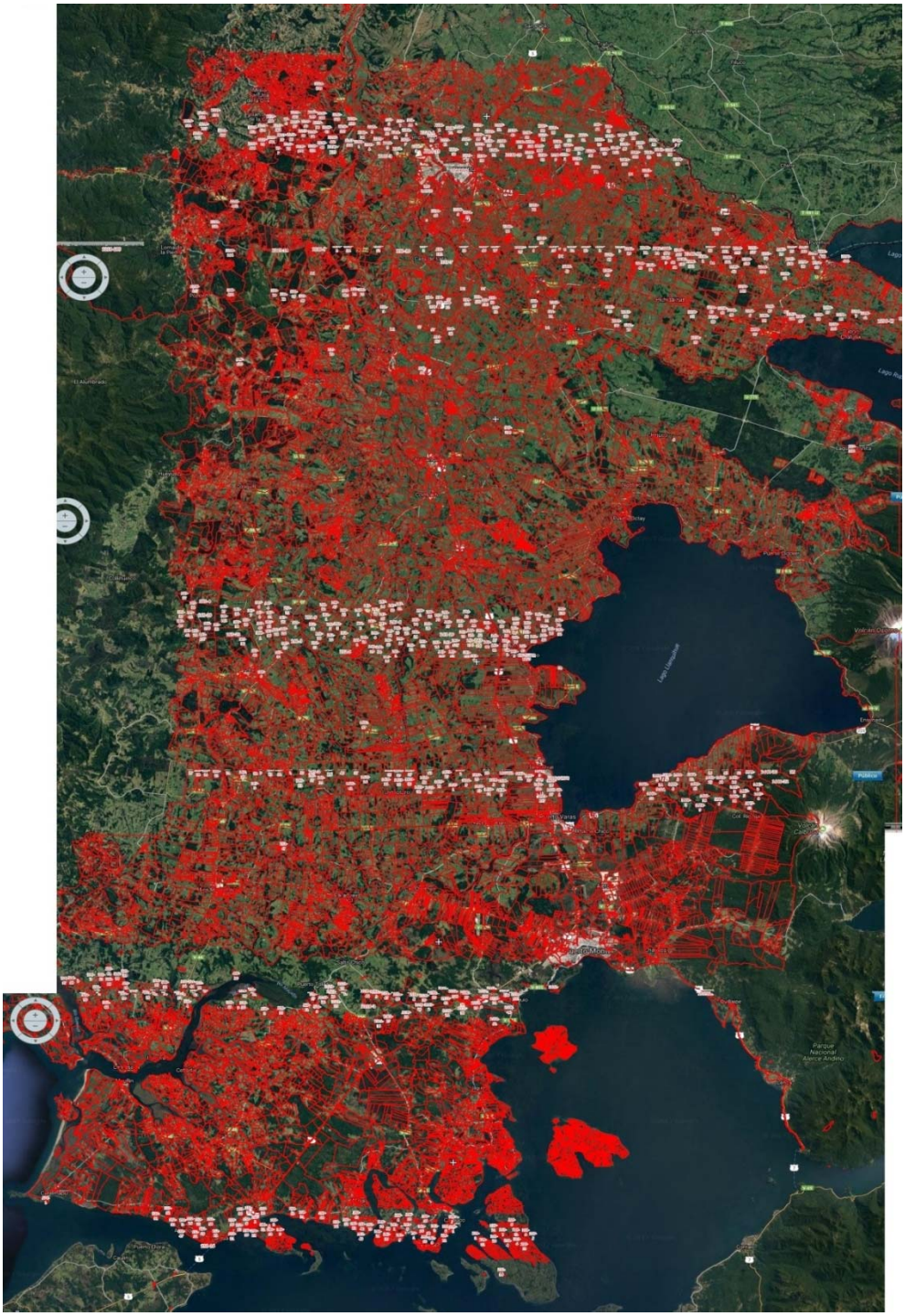
En las Figura 5.4-1 a la Figura 5.4-3 se puede apreciar que las propiedades menores de 12 H.R.B. se concentran prácticamente en la totalidad de la región, con énfasis en la zona central y en torno a los lagos existentes.

Se debe precisar que los predios afines al proyecto que se ubican hacia el área costera se concentran al en la parte sur de la provincia de Llanquihue y también en San Juan de La Costa.
En Chiloé en cambio, los predios se concentran en todo el norte de la isla, en Ancud y se van concentrando hacia el oriente a medida que se avanza hacia el sur. De esta forma, al llegar a Quellón, prácticamente se pierde la distribución predial y aparecen parques privados.

En relación a Palena, el MINAGRI no entrega información desglosada, pero según personeros de INDAP, existe presencia de predios de tamaño menor a las 12 HRB en las localidades de Hualaihue, Chaitén, Futaleufú y Palena.

Se debe señalar que la relación entre hectáreas físicas y H.R.B., según personeros de INDAP es en torno a las 70 ha físicas, pudiendo ser mayor tanto hacia la cordillera como hacia la costa, en que la calidad de los suelos es menor a la del valle central.

Figura 5.4-1: Distribución de predios menores de 12 HRB en Osorno y Llanquihue



Fuente: http://ide.minagri.cl/geoweb/

Figura 5.4-2: Distribución de predios menores de 12 HRB en Chiloé



Fuente: http://ide.minagri.cl/geoweb/

Figura 5.4-3: Distribución de predios menores de 12 HRB en Palena



Fuente: http://ide.minagri.cl/geoweb/

La fotografía 5-1 presenta una plantación de cerezos en Río Negro, regada por goteo y en pleno proceso de desarrollo. De igual forma la Fotografía incluye un huerto de arándanos regado por goteo.

Fotografía 5-1: Huerto de Cerezos



Fotografía 5-2: Huerto de Arándanos



En la Fotografía 5-3 se puede observar un huerto de manzanos de uso casero al sur de Los Muermos, en la localidad de San Antonio. Como se aprecia corresponde a árboles de avanzada edad y escaza a nula aplicación de tecnología. Cabe señalar, en el caso del

manzano, su factibilidad más al sur, sólo es como huerta casera o para la producción de chicha de manzana o sidra.

Fotografía 5-3: Huerto Casero de Manzanos



En relación a la ganadería, la región desarrolla tanto ganadería bovina como ovina. La ganadería ovina se da más en la costa y precordillera, en condiciones íntegras de secano.

La ganadería bovina concentra una buena parte de los planteles lecheros del país. Además, se da el proceso de crianza y engorda o sólo de engorda de bovinos para carne y leche, situación que más al sur, por restricciones climáticas, dificulta el proceso de engorda.

En el caso de la lechería, el proceso de producción se da prácticamente en forma permanente, sobre todo en el llano central. Presencia de planteles estacionales se ubican generalmente en Chiloé.

La implementación del riego en ganadería implica la posibilidad de mantener funcionando la mayor parte del año la producción de leche y la factibilidad de llevar a término procesos de engorda.

Para el caso específico de Chiloé, la implementación del riego traería mejoramientos en la productividad ganadera con uso de praderas mejoradas de mayor calidad y palatabilidad, enfardado de los mismos y elaboración de silos en base principalmente de avena. Además de aumentar los rendimientos unitarios de leche, se podría hacerla continua durante todo el año.

Por lo general los predios grandes manejan la entrega de la leche en forma individual, predios más pequeños generalmente se asocian en centros de acopio de leche. Esto último puede incidir tanto en la calidad como en el precio final del producto, debido a la mezcla de leche de diferentes agricultores en donde la tecnología aplicada también es diversa.

Cabe señalar que la presencia de riego, también implica la posibilidad de contar con agua suficiente para la bebida de los animales, aspecto que no está implícito en los subsidios de riego, cuya finalidad es el riego y no la bebida animal.

En el caso de la producción de ovinos, se pueden llevar a término corderos de mayor peso. Concentrar las pariciones en época primaveral, lo que permite ventas en época estival que coincidan con la mayor afluencia turística en la zona.

En la Fotografía 5-4 se puede observar ganado mixto de carne y leche en campos cercanos a la localidad de Fresia. Es común que los agricultores enfarden o ensilen parte de la producción de forraje, tal como se presenta en la Fotografía, correspondiente a un predio en Chiloé con silos redondos en plástico, que se dejan sobre los potreros.

Fotografía 5-4: Ganado Mixto de Leche y Carne



Dentro del proceso productivo ganadero, los silos son un gran aporte en la dieta de estos animales. Un silo de calidad se da generalmente con el uso de maíz de silo o avena, situación que implica necesariamente la presencia de riego, debido a las altas exigencias hídricas que presentan estas especies, sobre todo el maíz.

Otra especie factible de implementar, pero con ciertas limitaciones, es la alfalfa, cultivo que, por la falta de agua de riego en la actualidad, solo pueden efectuar dos o como máximo tres cortes en la temporada. Según agentes consultados en la zona, con la incorporación del riego sería factible la obtención de cuatro a cinco cortes dependiendo del año (Fotografía 5-5).

Fotografía 5-5: Silo de Praderas Mejoradas



Se debe señalar que en el estudio denominado Programa de Recuperación y Rehabilitación de Tierras con Riego y Drenaje; Regiones IX y X efectuado para la Dirección de Riego, por el Consorcio Ayala, Cabrera y Asociados Ltda., CONIC-BF Ingenieros Civiles Consultores Ltda. e Hydroconsult Ltda., en el año 1998, el presente consultor evaluó la implementación de esta especie de eucaliptus en los suelos antes descritos.

En el caso hortícola, tanto en Chiloé como la zona continental, es factible el incremento de riego de papas, en la zona continental con variedades tipo Desireé y en Chiloé, con una amplia gama de variedades endémicas. Las hortalizas deben considerarse al interior de invernaderos, tal como en la actualidad se efectúan dichos cultivos, generalmente de autoconsumo.

Una variación al uso de invernaderos es el uso de túneles de plástico, aspecto que se evaluará en la presente consultoría, tanto para el cultivo de hortalizas como de frutillas. Dentro de las especies a cultivar en invernadero, según agentes consultados en la zona, es factible cilantro, acelga, perejil, tomate, lechuga y porotos, entre otros.

Fotografía 5-6: Empastada de Alfalfa



En la Fotografía 5-7 se observa un campo cercano a Castro en donde se está preparando el terreno para la siembra de papas. En la actualidad este cultivo se efectúa completamente en condiciones hídricas de secano.

En relación a la tecnificación del riego, en la región ya se tiene la experiencia suficiente para concluir que su implementación debe ir acompañada de una fuente de energía renovable, que no implique un desembolso de dinero mensual y constante dentro de la estructura de costos. Lo anterior, debido a que muchos proyectos, una vez construidos, han quedado en desuso debido al alto costo que significa el uso de energía eléctrica o de diésel.

Finalmente, se debe señalar que, debido a la presencia de una gran cantidad de suelos con problemas de mal drenaje, sobre todo en terrenos ubicados en depresiones y en zonas cercanas a ríos y esteros, cualquier proyecto de riego que se identifique, si los suelos efectivamente presentan este problema, debe contemplar necesariamente un proyecto de drenaje. Se debe hacer la excepción en aquellos suelos con Clases de Capacidad de Uso IVw y VIw, donde su compleja condición de drenaje, amerita no intervenirlos y excluirlos dentro de las posibles áreas de proyectos de riego.

Fotografía 5-7: Preparación Terrenos para Siembra de Papas



6. CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PROTEGIDAS

6.1. Generalidades

En este capítulo se identifican las áreas de protección existentes en la X Región de Los Lagos tanto públicas como privadas, con el fin de precaver que los proyectos a desarrollar no generen interferencias y/o externalidades negativas (o bien, que los efectos mencionados sean los mínimos) sobre zonas con características ambientales singulares y/o relevantes, sea tanto medioambientales como culturales.

Desde el punto de vista medioambiental, en Chile se identifican tres medios de protección:

- Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE). Conformado por Parques Nacionales, Reservas Nacionales y Monumentos Naturales. Se encuentran administradas por la Corporación Nacional Forestal (CONAF).

- Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica. Corresponden a zonas o áreas en las cuales se ha detectado la presencia de especies de flora y/o fauna con problemas de conservación o bien con características particulares que los convierten en susceptibles de proteger. Dada su enorme fragilidad ecológica, estas áreas presentan urgencia en cuanto a su protección. Estos sitios son definidos a escala regional, de acuerdo con las Estrategias Regionales de Conservación de la Diversidad Biológica; en éstas se entregan los lineamientos para hacer factible la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

- Sitios Ramsar. Corresponden a aquellos humedales que han sido declarados de importancia a través de un tratado intergubernamental denominado Convención sobre los Humedales, aprobado el 2 de febrero de 1971 en la ciudad iraní de Ramsar. Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se forman donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. En Chile, se localizan en la XV, II, III, IV, V y XIV región.

La base de información utilizada para identificar las áreas de protección SNASPE, Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica y Sitios Ramsar en la región de Los Lagos corresponde a:

- Mapoteca de la Dirección General de Aguas del MOP, Unidad SIG, actualizada al año 2016.

- Ministerio del Medio Ambiente, División de Recursos Naturales y de Biodiversidad.

6.2. Identificación de Áreas Protegidas

De acuerdo con la información recopilada de las fuentes antes señaladas, a continuación se señalan las áreas protegidas que están insertas en el área de estudio.

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

ID	Nombre
SPB 1	Río Puelo
SPB 2	Bahía Tic Toc
SPB 3	Río Maullín
SPB 4	Islas Butachaques
SPB 5	Cordillera de la Costa
SPB 6	Caulín
SPB 7	Lliunco de la Montaña
SPB 8	Putemun
SPB 9	Complejo Turberas Chiloé Central
SPB 10	Llico Norte
SPB 11	Noroeste de Chiloé
SPB 12	Cuenca del Río Chepu
SPB 13	Guabun
SPB 14	Ampliación Parque Nacional Chiloé
SPB 15	Chaiguata
SPB 16	Isla Guafo

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

ID	Nombre	Categoría
RN 1	Futaleufú	Reserva Nacional
RN 2	Lago Palena	Reserva Nacional
RN 3	Llanquihue	Reserva Nacional
PN 1	Puyehue	Parque Nacional
PN 2	Vicente Pérez Rosales	Parque Nacional
PN 3	Hornopirén	Parque Nacional
PN 4	Alerce Andino	Parque Nacional
PN 5	Corcovado	Parque Nacional
PN 6	Chiloé	Parque Nacional
MN 1	Lahuén Nadi	Monumento Natural
MN 2	Islotes de Puñihuil	Monumento Natural

En el Mapa Temático 6.2-1 se muestra la delimitación de las áreas antes señaladas.

De acuerdo con la definición de las áreas antes presentadas, es factible concluir lo siguiente:

- En la zona continental, desde Puerto Montt al Norte, se presenta una faja costera, desde San Juan de la Costa hasta Maullín, que corresponde a 2 grandes Sitios Prioritarios Biodiversidad, denominados Cordillera de la Costa, Llico Norte y Río Maullín. Adicionalmente, poco al Norte de Puerto Montt se desarrolla un Snaspe denominado Lahuén Nadi, el cual nace en Llanquihue y finaliza en la desembocadura del río Maullín al océano.

- En toda la zona de Puerto Varas hacia el Norte por el sector cordillerano se desarrollan 2 grandes SNASPE denominados Parque Nacional Puyehue (PN1) y Parque Nacional Vicente Pérez Rosales (PN2).

- Yendo hacia el Sur desde Puerto Montt por el sector continental, aparece la Reserva Nacional Llanquihue, el Parque Nacional Alerce Andino, el Sitio Prioritario de la Biodiversidad Río Puelo, el Parque Nacional Hornopirén, y más hacia el Sur por la parte continental se desarrolla el denominado Parque Nacional Corcovado.

- Finalmente, con respecto a la isla de Chiloé, en el límite Norte de la Isla, en el límite Norte existe el denominado Sitio Prioritario de la Biodiversidad "Chaiguata". Adicionalmente existen 7 Sitios Prioritarios de la Biodiversidad y 1 SNASPE que es Parque Nacional.

- En términos generales, se puede señalar que en el valle central, que es donde lo más probable se desarrollen los proyectos de riego, no existen zona de protección ambiental. En Chiloé hay zonas específicas de protección ambiental, pero la mayoría se localiza en el sector costero.

Por otro lado, con relación a los pueblos originarios, en la región de Los Lagos se ubicaban, antes de la llegada de los españoles y hasta el día de hoy, 3 pueblos originarios:

- Los Huilliches: ocupaban la franja central del territorio y principalmente se asentaron en las zonas de Osorno, Llanquihue y Valdivia.

- Los Chonos: se ubicaron principalmente en la zona de Chiloé y en las Islas al Sur de ésta, llegando hasta la península de Taitao.

- Los Poyas: Ubicados más al sur, pueblo nómade, pacífico, dócil y de elevada estatura que habitó la región cordillerana y precordillerana, desde el Golfo de Reloncaví hasta el Estrecho de Magallanes.

- Los Cuncos: ubicados en la zona baja de Puerto Montt y casi la totalidad de la isla de Chiloé.

Cuando se lleven a cabo las actividades de Participación Ciudadana, se podrá tener contacto con las comunidades indígenas y delimitar de mejor forma donde están instalados actualmente.

Respecto a la contaminación de aguas superficiales, tomando en cuenta los datos de las estaciones de calidad de la DGA el MOP, y considerando los parámetros físico químicos y bacteriológicos que señala la Norma Nch 1333 of 78 (agua para uso en riego), se puede señalar lo siguiente:

- De todos los parámetros analizados, sólo cuatro de ellos se encuentran fuera de norma (NCh 1333): Molibdeno (Mo), Mercurio (Hg), Boro (B) y Sodio (Na).

- El principal problema relacionado al riego con agua que contienen altas concentraciones de molibdeno es que este compuesto es absorbido y concentrado por las plantas. Altas concentraciones de molibdeno rara vez retrasan el crecimiento de la planta, pero pueden causar problemas tóxicos a animales rumiantes que se alimentan de estas plantas.

- El Mercurio y sus componentes son absorbidos por las plantas principalmente a través de sus raíces. En general, hay una tendencia a que el mercurio se acumule

en las raíces con limitado intercambio entre el suelo y la parte aérea de la, sin embargo, hay excepciones.

- Las aguas de riego contaminadas con boro son una de las causas principales de toxicidad de boro en las plantas. Además, el uso continuo y la concentración de boro en el suelo (especialmente en zonas áridas con alta evapotranspiración) conducen a problemas de toxicidad (Gupta et al, 1985). La toxicidad del boro en las plantas se caracteriza por crecimiento lento, malformación de la hoja, colores café y amarillento, clorosis, necrosis, incremento de moho, marchitez e inhibición de germinación de polen y crecimiento de tubos de polen (Butterwick et al, 1989; Eisler, 1990).

- Cuando los cultivos son regados por aguas con presencia de Na mediante aspersión puede ocasionar toxicidades, pues estos elementos son absorbidos por las hojas. También la evaporación del agua entre rotaciones de los aspersores puede producir concentración de las sales en el agua que se deposita sobre el follaje. Cuando los cultivos son susceptibles a la presencia de iones como el Na, es importante cuidar que no existan condiciones de alta temperatura, baja humedad y viento, ya que se favorece con ello el efecto tóxico de los iones Na. Altos contenidos de iones de sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. Alto contenido de sodio en suelos arenosos no afecta tanto ya que éstos tienen una gran superficie de drenaje, en contra de otros suelos más compactos.

- Altos contenidos en sodio (Na) puede generar graves problemas, especialmente cuando el nivel de infiltración es reducida (i.e. conductividad hidráulica mínima) hasta niveles menores de la cantidad mínima necesaria para permitir la disponibilidad y absorción de agua por la planta. Otros problemas de los cultivos causados por un exceso de sodio son la formación de incrustaciones de semillas, malas hierbas, erosión del suelo, escasez de oxígeno y nutrientes disponibles para las plantas.

7. TRABAJOS DE TERRENO

7.1. Primera Selección de Sectores a Estudiar

A partir de la información que haya sido recopilada, se realizará un cruce entre los siguientes puntos:

- Puntos con potencial disponibilidad de agua superficial
- Puntos con potencial disponibilidad de agua subterránea (buenas características hidrogeológicas)
- Puntos de producción agrícola actual y/o potencial que hoy les escasea el recurso hídrico para regar
- Interés de los agricultores de que se les desarrollen proyectos de riego
- Clima.
- Calidad de los Suelos.
- Potenciales posibilidades de desarrollar proyectos con ERNC.
- Ubicación de derechos de agua superficial y subterránea constituidas y en trámite.
- Ubicación de APR

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

- Todos aquellos predios con superficie menor o igual a las 12 HRB

- En el caso de las provincias de Osorno, Llanquihue y Chiloé, debido a la presencia de suelos de buena calidad, se seleccionaron aquellos predios que contenían suelos de Capacidad de Uso I y II.

- En el caso de la provincia de Palena, debido a presentar suelos de menor calidad que en el resto de la región, se han seleccionado predios que contengan suelos de Capacidad de Uso III.

- La sectorización se efectuó en función de grupos colectivos de predios, y no en predios individuales.

- Los límites de los sectores están dados por los límites propios de cada propiedad, en función del aislamiento en que se encuentre un grupo de predios que cumple los requisitos o, en función de la existencia de esteros, ríos o carreteras.

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

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

Figura 7.1-1 Ubicación 127 Sectores de Riego Escogidos

Leyenda

- Proyectos
- Cauces Naturales
- Lagos o lagunas

División Político Administrativa

- Límite Internacional
- Límite Regional
- Límite Comunal
- Línea Costa
- Límite Provincial

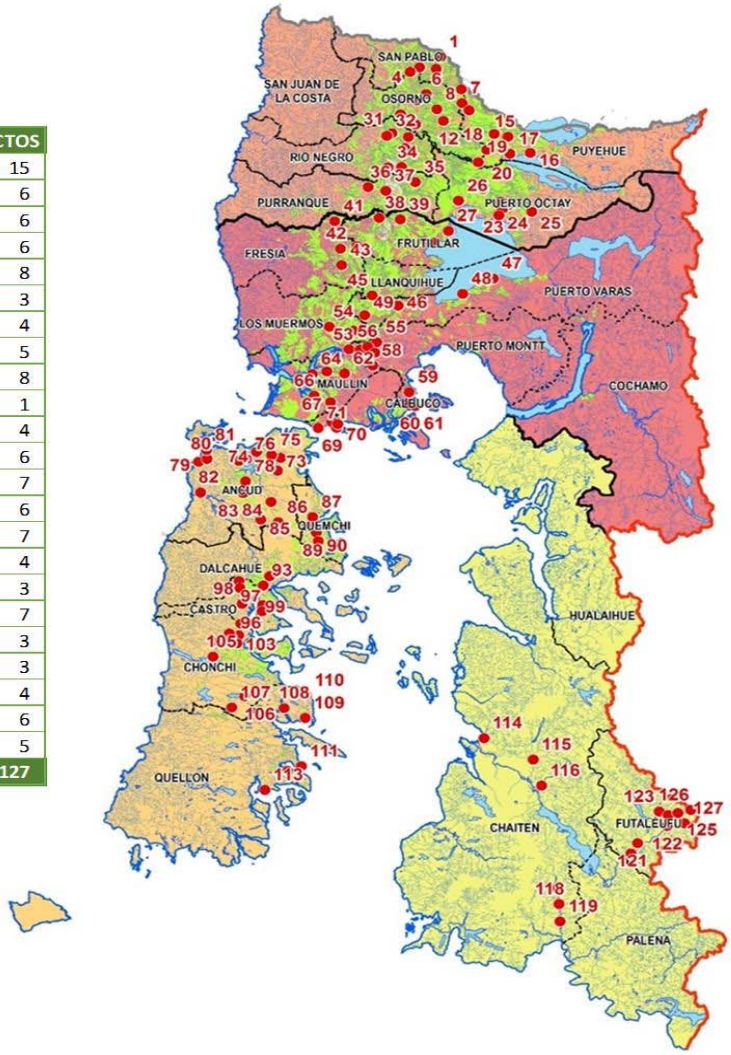
Capacidad de Uso

- I
- II
- III

Provincias

- CHILOE
- LLANQUIHUE
- OSORNO
- PALENA

COMUNA	NRO. DE PROYECTOS
Ancud	15
Calbuco	6
Castro	6
Chaitén	6
Chonchi	8
Dalcahue	3
Fresia	4
Frutillar	5
Futaleufú	8
Llanquihue	1
Los Muermos	4
Maullín	6
Osorno	7
Puerto Montt	6
Puerto Octay	7
Puerto Varas	4
Purranque	3
Puyehue	7
Queilén	3
Quellón	3
Quemchi	4
Río Negro	6
San Pablo	5
TOTAL	127



Tal como se aprecia en la figura indicada, la selección de los predios que conforman cada sector se ha efectuado en función de la cobertura de suelos de mejor calidad, dando como resultado una distribución bastante homogénea en toda la X Región de Los Lagos.

7.2. Estudio Geofísico

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

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

- Gravimetría y Modelación de la Cuencas Hidrográficas de los Ríos Maullín y Bueno. Sernageomín, 2014.

- Estudio geofísico de gravimetría y TEM para el proyecto "Exploración de Recursos Subterráneos Cuenca del Río Bueno", DOH, 2004.

- Los Andes: Orogenia de Subducción Activa, Oncken, Onno & Chong, Guillermo & Franz, Gerhard & Geise, et al, 2006.

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

En el plano 7.2-1 se incluyen las líneas gravimétricas de los otros estudios efectuados, así como las nuevas líneas gravimétricas propuestas (450 puntos gravimétricos).

De acuerdo con lo solicitado, se requiere efectuar mediciones en aproximadamente 50 sectores que corresponden a perfiles de proyectos de riego con agua subterránea. En total se

estima la medición de al menos 450 estaciones de TEM o SEV (según sea la condición de los sitios de medición) e igual número de estaciones gravimétricas a distribuirse en perfiles en los lugares identificados inicialmente.

El uso de TEM, NanoTEM o SEV depende de las condiciones de terreno y de la profundidad de investigación requerida para cada sector. En efecto, para profundidades menores que 80 m y en sectores de bajo ruido electromagnético, normalmente se usa NanoTEM con modalidad In Loop en que el Loop Transmisor es de 50m x 50m y el Loop Receptor es de 10m x 10m. Para profundidades mayores se usa TEM con la modalidad Loop Coincidente de dimensiones 100m x 100m. En sectores de alto ruido electromagnético se debe usar SEV, en ese caso es importante considerar que se requiere espacio para tender cables que permitan inyectar corriente al terreno entre dos puntos separados aproximadamente 8 veces la profundidad de exploración requerida.

En el presente trabajo se considera además la medición de estaciones gravimétricas (453) a lo largo de perfiles con el propósito de determinar la profundidad al basamento. Es importante considerar que las mediciones gravimétricas requieren de una calibración de profundidad al basamento, ya sea mediante uso de sondajes que alcancen el basamento, o bien amarrarse a afloramientos del basamento mediante mediciones gravimétricas sobre el basamento.

A continuación, se detallan los trabajos geofísicos realizadas.

7.2.1. Gravimetría

El área de estudio está inscrita en un rectángulo de 150 x 310 km2 (ver Figura 2 del Anexo 7-1) y comprende los sectores Continental, de Calbuco a Río Bueno, e Isla de Chiloé, de Quellón a Chacao, con un total planificado de 453 estaciones gravimétricas con sus correspondientes lecturas de GPS Diferencial.

La posición de las estaciones medidas en el presente estudio fue diseñada de manera de rellenar las zonas que los estudios anteriores no alcanzaron a cubrir y obtener una densidad

de información relativamente uniforme en los sectores de interés, finalmente conformada por 3532 estaciones, de las cuales 451 corresponden a las mediciones de Geodatos, 320 a los datos de las Cuencas Ríos Maullín y Bueno, y 2761 a los datos de Los Andes.

La información gravimétrica total disponible para este trabajo se distribuye de manera relativamente uniforme en el área de estudio, lo que hace conveniente la aplicación de un procedimiento de inversión 3D tipo Cuenca para calcular el espesor de los sedimentos (o profundidad del basamento), ya que de esta manera se toma en cuenta la contribución gravimétrica de todas las estaciones en torno a cada punto.

El modelo para la inversión tipo Cuenca se compone de dos unidades de densidades homogéneas: una conformada por los sedimentos y otra por el basamento. Esto implica un contraste de densidad único, representativo a escala regional. La profundidad de la interfaz sedimentos/ basamento se determina a partir de la grilla de gravedad de Bouguer residual e invirtiendo estos datos para obtener la profundidad del basamento en grillas de iguales dimensiones que la gravimétrica.

Para determinar la profundidad al basamento es importante considerar que las mediciones gravimétricas requieren de una calibración de profundidad al basamento; por ejemplo, mediante información de sondajes que alcancen el basamento o mediciones gravimétricas en afloramientos del basamento. En el presente caso, se usa como información de control de la profundidad del basamento los modelos de las 4 líneas del informe de Río Bueno. También se utilizó información TEM y Geológica.

La información TEM proviene de los datos levantados en el presente trabajo (ver acápite 7.2.2) y corresponde a estaciones donde es posible inferir la presencia del basamento indicada por un substrato resistivo.

La información Geológica, a partir de la cual se definieron lugares de afloramiento del basamento, fue obtenida de mapas a escala 1:500,000 de Geología Regional de los Sectores Norte y Sur de la Región de Los Lagos.

Los resultados del presente trabajo gravimétrico son de orden regional, considerando una resolución horizontal de 2 km, que es aproximadamente la distancia promedio entre estaciones gravimétricas.

7.2.1.1. Trabajos de Terreno

a) Logística

La adquisición de datos gravimétricos y GPSD estuvo a cargo de Operadores Geofísicos y asistentes calificados, movilizados en camionetas 4x4 doble cabina y con equipo de apoyo personal y general. Las lecturas gravimétricas se realizaron en 13 días efectivos, desde el 28 de Abril al 29 de Mayo de 2018; mientras que las lecturas topográficas GPSD, en 14 días efectivos, del 4 de Mayo al 23 de Julio.

En la siguiente figura se muestra una vista en perspectiva del área de estudio:

Figura 7.2-1 Estaciones Gravimétricas en la Región de Los Lagos, Sectores Continental e Isla de Chiloé. Vista al Este



b) Instrumental Gravimétrico

Los datos gravimétricos se midieron con un equipo digital portátil Scintrex modelo CG-5 Autograv, tipo "microgravity meter", con resolución de 1 microGal, corrección automática de los efectos de marea, temperatura, presión y nivelación. Graba los datos en memoria sólida y los traspasa electrónicamente a un PC. Considerando el error de altura, el error del dato gravimétrico final se estima en ~0.03 miliGal.

Este instrumento se basa en un microprocesador, posee un rango de operación de 8000 mGal sin necesidad de inicializar, mide automáticamente con muestreo continuo y realiza análisis estadísticos, lo que reduce considerablemente el tiempo de medición y los errores de operación con respecto a gravímetros convencionales.

Especificaciones del Gravímetro: Marca Scintrex modelo CG-5 AutoGrav

- Tipo de sensor: Cuarzo fundido con Nulo electrostático
- Resolución de lectura: 1 microGal (0.001mGal)
- Desviación Standard: menor que 10 microGal
- Rango de Operación: 8,000mgal sin reseteo
- Deriva residual estática: menos que 0.02mgal por día
- Rango de Compensación por nivelación automática: +/- 200 arcseg
- Correcciones automáticas: Marea, Nivelación, Temperatura, Ruidos
- Memoria: 48k RAM, hasta 1200 lecturas.
- Temperaturas de Operación: -40°C a +45°C
- Salida digital: RS- 232 serial

c) Instrumental Topográfico

Los datos topográficos se midieron con un sistema de posicionamiento GNSS diferencial de doble frecuencia, marca Huace NAV modelo X-900, que consta de dos receptores GNSS, sincronizados, uno instalado en una estación como base y otro móvil (Rover) con el cual se realiza el levantamiento topográfico de las estaciones gravimétricas. Se utilizó el modo RTK

(Real Time Kinematic), en el cual las correcciones diferenciales de las coordenadas se realizan en tiempo real. Los instrumentos tienen una razón de actualización de 1 segundo. La antena es de alta sensibilidad. Para el cálculo de la posición (X,Y,H) se usan 72 canales, manteniendo la constelación óptima de satélites disponibles.

Especificaciones de Sistema GPS Diferencial: Marca Huace NAV modelo X-900

- Número de Canales: 72 canales paralelos
- Precisiones:
- Cinemático en tiempo real.
  - Horizontal ± (10 mm +1ppm)RMS
  - Vertical ± (20 mm +1ppm)RMS
- Tiempo iniciación: 10 s
- Formato: CSV (output modo RTK)
- Memoria Interna: 64 Mb. 8 horas de medición continua
- Inicialización: Libreta electrónica HUSKY FS/2
- Resolución de lectura: centimétrico modo diferencial
- Temperaturas de Operación: -30°C a +65°C
- Salida digital: RS- 232, USB, Bluetooth

d) Mediciones Gravimétricas

Para el levantamiento gravimétrico se usaron 9 bases gravimétricas locales distribuidas en el área de estudio y 1 base de gravedad absoluta localizada en la ciudad de Castro, cuyo Certificado IGM se incluye en el Anexo 7-1.

La siguiente tabla indica las estaciones gravimétricas y la cantidad de lecturas, por fecha y total:

Tabla 7.2-1 Estaciones Gravimétricas Medidas

ID	Día 2018	Bases	Estaciones Medidas	Cantidad Estaciones	Sector
1	28 Abril	-1, -2, -3	226-245	20	La Unión Puerto Montt
2	29 Abril	-1, -3	206-225, 246-255	30	
3	30 Abril	-1, -4	157-205	49	
4	5 Mayo	-1, -5	56-66, 121-130, 135-156	43	
5	6 Mayo	-1, -5	35-47, 52-55, 67-103, 106-120	69	
6	7 Mayo	-1, -5	1-34, 48-51	38	
7	9 Mayo	-1, -3, -6	131-134, 256-266	15	
8	10 Mayo	-7	340-377	38	Chiloé
9	11 Mayo	-7	378-418, 427-453	68	
10	12 Mayo	-7	267-306, 319-339	61	
11	13 Mayo	-7	307-318, 419-426	20	
12	24 Mayo	-1, -4, -5, -6, -3, -8, -9	-1, -4, -5, -6, -3, -8, -9		Amarre de Bases
13	29 Mayo	-7, -10, -9, -8	-7, -10, 268, -9, -8		Amarre de Bases
	13 días		**1-453, excepto 104 y 105 (no accesibles)**	**451**	

En la siguiente tabla se indican las bases gravimétricas locales y absoluta usadas:

Tabla 7.2-2 Bases Gravimétricas Locales y Absoluta (-10)

Base	Nombre	Este	Norte
-1	Cabañas Puerto Montt	671271	5406354
-2	Cuvi (Punto Topográfico IGM)	657237	5403366
-3	Salto Chico	653207	5398148
-4	Paradero Nueva Braunau	666269	5424046
-5	Purranque	656035	5468689
-6	Cascada	697887	5455861
-7	Cabañas Castro	600669	5295555
-8	Pargua Alto	630810	5374867
-9	Embarcadero	626742	5371399
-10	Estación Gravimétrica Castro, IGM	601619	5295994

e) Levantamiento Topográfico (GPS Diferencial)

Las estaciones topográficas se referenciaron a 24 Bases Topográficas Auxiliares, distribuidas en el área de estudio, todas referidas finalmente a la Base Geodésica IGM, CUVI, (en el Anexo 7-1 se incluye el Certificado IGM y la Monografía de esta Base Geodésica).

La siguiente tabla indica las bases topográficas y estaciones gravimétricas medidas con DGPS en cada día.

Tabla 7.2-3 Mediciones GPSD de Estaciones Gravimétricas

ID	Día 2018	Bases GPS Auxiliares	Estaciones Gravimétricas	Cantidad Estaciones Gravimétricas
1	04 Mayo	Salto_Chico, Cruce_Calbu, Paradero, B_Inds_P_Mo	212-233, 238-246, 252	32
2	20 Mayo	Leche, Cruce	161-189, 191-211	50
3	21 Mayo	Corral	135-160, 190	27
4	22 Mayo	Criadero, Teléfono, FLOT1	21-23, 29-48, 67-103	60
5	23 Mayo	KM6	1-20, 23-28, 49-66, 106-130	68
6	24 Mayo	Cascada, Pargua	131-134, 233-237, 247-251, 253-266	27
7	26 Mayo	Galpón, Alto, Pid_Pid	307-325, 327-362, 419-437	74
8	28 Mayo	Protección, Árbol, Roca, PR, Elec	362-418, 438-441, 451-453	64
9	29 Mayo	Panal, Cancha	267-276, 278-282, 290-292, 442-444, 446-450	26
10	30 Mayo	Quemchi	293-300	8
11	20 Julio	Cuvi, B-Inds-P-Mo, Cruce_Calbu, Pargua		
12	21 Julio	Cancha, Panal	277, 283-289	7
13	22 Julio	Quemchi, Pid_Pid	301-306, 326	7
14	23 Julio	Galpón, Alto, Protección, Roca, Árbol, PR, Elec	445	1
	14 días	**24 bases**	**1-453 excepto 104 y 105 (no accesibles)**	**451**

En el Anexo 7-1 se listan las coordenadas GPS Diferencial de las 451 estaciones gravimétricas, referidas al Datum WGS84 18S, mientras que en el plano 7.2-1 se muestra la planta de todas las estaciones gravimétricas del presente estudio.

Las Bases Auxiliares topográficas principales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7.2-4 Bases Topográficas Auxiliares y Absoluta (Cuvi)

ID	Este	Norte	Cota	Nombre
1	648845.69	5401567.757	77.098	Salto_Chico
2	646917.36	5394222.937	100.802	Cruce_Calbu
3	637309.57	5416081.599	93.281	Paradero
4	666573.68	5406250.204	113.902	B_Inds_P_Mo
5	639723.99	5427673.395	170.820	Leche
6	634908.73	5435865.438	191.104	Cruce
7	638043.09	5450415.666	171.908	Corral
8	658902.75	5498017.534	96.850	FLOT1
9	663023.43	5511245.356	91.606	Criadero
10	655515.34	5485370.303	100.694	Teléfono
11	659469.78	5473059.005	133.294	KM6
12	701969.22	5457006.198	331.269	Cascada
13	630810.31	5374866.761	84.281	Pargua
14	600263.51	5304909.920	176.630	Pid_Pid
15	596083.39	5289013.420	173.726	Galpón
16	598654.94	5273275.316	185.857	Alto
17	602153.06	5255967.558	60.293	Protección
18	605908.61	5249112.223	186.112	Roca
19	609922.77	5236171.630	63.995	PR
20	612747.68	5228169.824	168.888	Elec
21	599366.33	5253908.387	200.633	Árbol
22	612460.32	5359287.813	66.530	Cancha
23	608891.66	5338206.299	111.386	Panal
24	626197.23	5328762.925	142.192	Quemchi
25	657236.71	5403366.530	174.271	CUVI-IGM

Se debe utilizar un número relativamente grande de estaciones Auxiliares, y aún otras Secundarias, debido al alcance limitado de aproximadamente 50 Km entre el instrumento que

recorre los puntos de medición y el instrumento localizado en una base, considerando las dimensiones regionales del área de estudio.

Las siguientes fotos muestran aspectos de las mediciones GPSD.

Figura 7.2-2 Mediciones GPSD





Figura 7.2-3 Mediciones GPSD



7.2.1.2. Proceso de Datos

Los datos medidos en la presente campaña de Terreno (451 estaciones) fueron sometidos a las siguientes correcciones usando el módulo Gravity y otros del sistema de análisis y proceso de datos geofísicos Oasis Montaj (Geosoft).

a) Correcciones Primarias

- Corrección por deriva (*drift*), para lo cual se usa una base gravimétrica única donde se inician y terminan las mediciones de cada día (*Loops*).

- Corrección de Marea, efecto corregido automáticamente por el Gravímetro CG5, por el software Oasis o por una información digital externa.

b) Correcciones Estándares

- Corrección de Latitud (o teórica), por la elipticidad terrestre: se descuenta un valor teórico, referido a un elipsoide matemático (Elipsoide Internacional), que depende principalmente de la latitud geográfica.

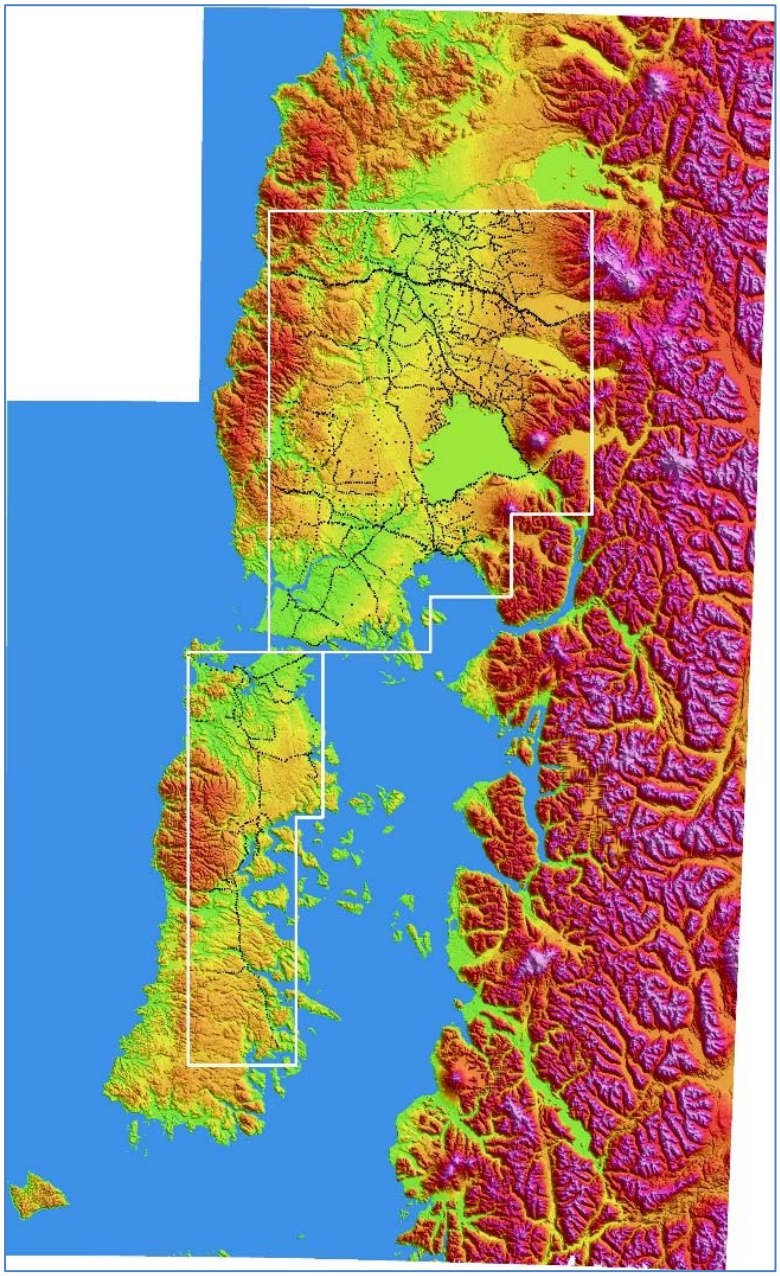
- Corrección de Aire Libre, por la cota de la estación respecto al elipsoide: se corrige la disminución de la gravedad por efecto de la altura. Se usó el valor 0.308596 mGal/m.

- Corrección de Bouguer, por la masa de material entre el elipsoide y la estación: se resta la gravedad producida por tal masa, considerada como una placa horizontal. Se asumió una densidad media terrestre de 2.67 gr/cc.

c) Corrección Topográfica

Para descontar el efecto del relieve del terreno sobre las mediciones de gravedad se usó el modelo digital público SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), de 90 m de resolución horizontal, con una expansión de aproximadamente 50 Km más allá de los límites del área integrada de estudio. Esta topografía, mostrada en la siguiente figura, proporciona suficiente precisión dado el carácter regional del estudio, con una distancia promedio entre estaciones gravimétricas de alrededor de 2 Km (los polígonos blancos indican los sectores Continental e Isla Chiloé del área de estudio).

Figura 7.2-4 Relieve Topográfico SRTM-90 para la Corrección Topográfica



La aplicación de la corrección topográfica a la gravedad de Bouguer da por resultado la Gravedad de Bouguer Completa, que es la variable final. En el Anexo 7-1 se muestra la serie de variables del proceso gravimétrico para todas las mediciones de Geodatos.

El objetivo de la Corrección Topográfica es remover el efecto del relieve del terreno sobre las mediciones de gravedad. Por ejemplo, un cerro o una quebrada cercana ejercen una fuerza de

atracción gravitatoria con una componente vertical positiva que se puede calcular y restar de la gravedad medida en las estaciones gravimétricas.

d) Proceso y Nivelación de Datos Cuencas Ríos Maullín y Bueno

Estos datos constan de 320 estaciones en el área de estudio. Se realizó el reproceso de esta información, dando una gravedad de Bouguer casi idéntica a la incluida en la base de datos.

Para nivelar la gravedad de Bouguer a la de Geodatos, se consideró la diferencia promedio de ambas grillas en los sectores de intersección.

e) Proceso y Nivelación de Datos Los Andes

Estos datos constan de 2761 estaciones en el área de estudio, previa eliminación de puntos fuera de las zonas de interés. El reproceso de esta información arrojó datos ruidosos en comparación con la gravedad de Bouguer incluida en la base de datos.

Se realizó el reproceso considerando los campos originales de la base de datos, obteniéndose el resultado más aceptable. En general, estos datos poseen mayor error y dispersión, debido a que provienen de diferentes fuentes, épocas y procesos.

Para nivelar la gravedad de Bouguer a la de la unión de Geodatos y Cuencas Ríos Maullín y Bueno, se consideró la diferencia promedio de ambas grillas en los sectores de intersección.

f) Gravedad de Bouguer Total

A partir de los procesos y nivelamientos antes descritos, se formó una base de datos única integrada, de 3532 estaciones. Considerando la diferente distribución de puntos en los sectores Continental e Isla de Chiloé, para efectos de un mejor proceso de inversión se dividió la base total en estos dos sectores, indicados con polígonos en las Figuras 1 a la 5 del Anexo 7-1. Así, la Base Integrada del Sector Continente consta de 3119 estaciones; mientras que la Base Integrada del Sector Chiloé, de 413 estaciones.

La grilla de gravedad de Bouguer Total en cada sector se calculó mediante el software Oasis Montaj, con el algoritmo de curvatura mínima y un tamaño de celda de 2 Km, comparable a la densidad de datos gravimétricos. (En el Sector Continente se tiene una densidad por área de una estación cada 4 km2, equivalente a una estación cada 2 km; mientras que en el Sector Chiloé se tiene una densidad por área de una estación cada 7 km2, equivalente a una estación cada 2.6 km).

Las Figuras 6 y 10 del Anexo 7-1 muestran la gravedad de Bouguer Total de los Sectores Continente y Chiloé, respectivamente. Sólo para dar continuidad visual a los mapas, las grillas se han interpolado en las zonas sin puntos datos.

g) Regional Gravimétrico y Gravedad de Bouguer Residual

En general, en un ambiente local de un solo tipo de basamento, basta calcular el regional gravimétrico mediante una superficie de primer orden. Sin embargo, en el presente caso, de dimensiones de cientos de kilómetros, el regional exhibirá fluctuaciones que se pueden interpretar como efecto de variaciones de la densidad según el sector (diferentes tipos de basamento).

La construcción del Regional Gravimétrico en ambos sectores se realizó considerando las siguientes restricciones (Puntos de Control):

- Profundidad del Basamento según los modelos de las 4 líneas del Estudio Gravimétrico Cuencas Ríos Maullín y Bueno, las cuales sólo existen en el sector Continental.

- Afloramientos del basamento (profundidad cero) según Mapas Geológicos, presentes en ambos sectores.

- Profundidad del Basamento según resultados del estudio TEM (ver acápite 9.2.2 del presente informe), válidos sólo en el Sector Chiloé. En el sector Continental, la profundidad del basamento indicada por los modelos gravimétricos de referencia es mucho mayor que las profundidades de resistivos relativos del TEM, lo que sugiere que tales estratos son sedimentos compactos o consolidados.

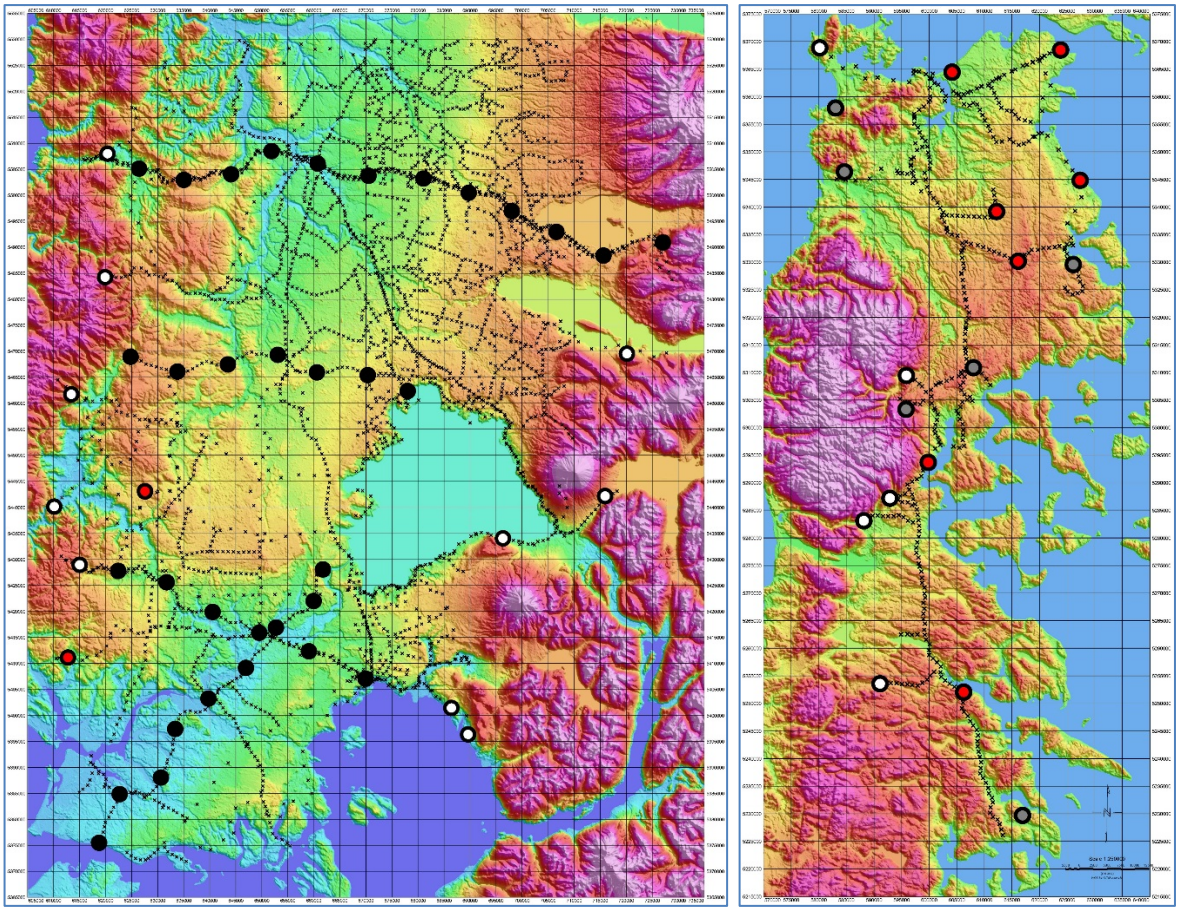
Considerando los puntos de control y la grilla de gravedad de Bouguer Total, se creó para cada sector una grilla de Gravedad Regional con tamaño de celda de 10 km (para que refleje un comportamiento relativamente suave) y luego se determinó la Gravedad de Bouguer Residual (= Total menos la Regional), input del sistema de inversión.

La inversión de la Gravedad Residual da por resultado una grilla de Profundidad del Basamento, la cual es comparada con las profundidades de control para estimar nuevos valores de los puntos de gravedad regional. Este proceso se sigue iterativamente hasta un ajuste aceptable de profundidades en los puntos de control.

Las Figuras 7 y 11 del Anexo 7-1 muestran la gravedad de Bouguer Residual de los Sectores Continente y Chiloé, respectivamente.

La siguiente figura muestra la posición y tipo de Punto de Control de la Profundidad del Basamento en los Sectores Continente y Chiloé:

Figura 7.2-5 Mapa Puntos Control Profundidad Basamento, sobre Relieve SRTM90, Sectores Continente (izquierda) e Isla Chiloé (derecha)



Círculos negros: profundidad del basamento (Modelos Gravimétricos existentes)
Círculos blancos: afloramientos del basamento (Geología)
Círculos grises: profundidad del basamento (substrato resistivo TEM)
Círculos rojos: puntos de apoyo para dar continuidad al regional gravimétrico

7.2.1.3. Inversión 3D cuenca

El modelo de cuenca consta de dos unidades de densidades uniformes: la unidad superior representa un promedio de los sedimentos, y la inferior a un promedio del basamento, que también puede estar formado por distintos tipos de rocas.

De acuerdo con densidades de muestras de sondajes profundos (Pozos ENAP) e información de otros estudios gravimétricos en zonas cercanas, se consideró un contraste de densidad de

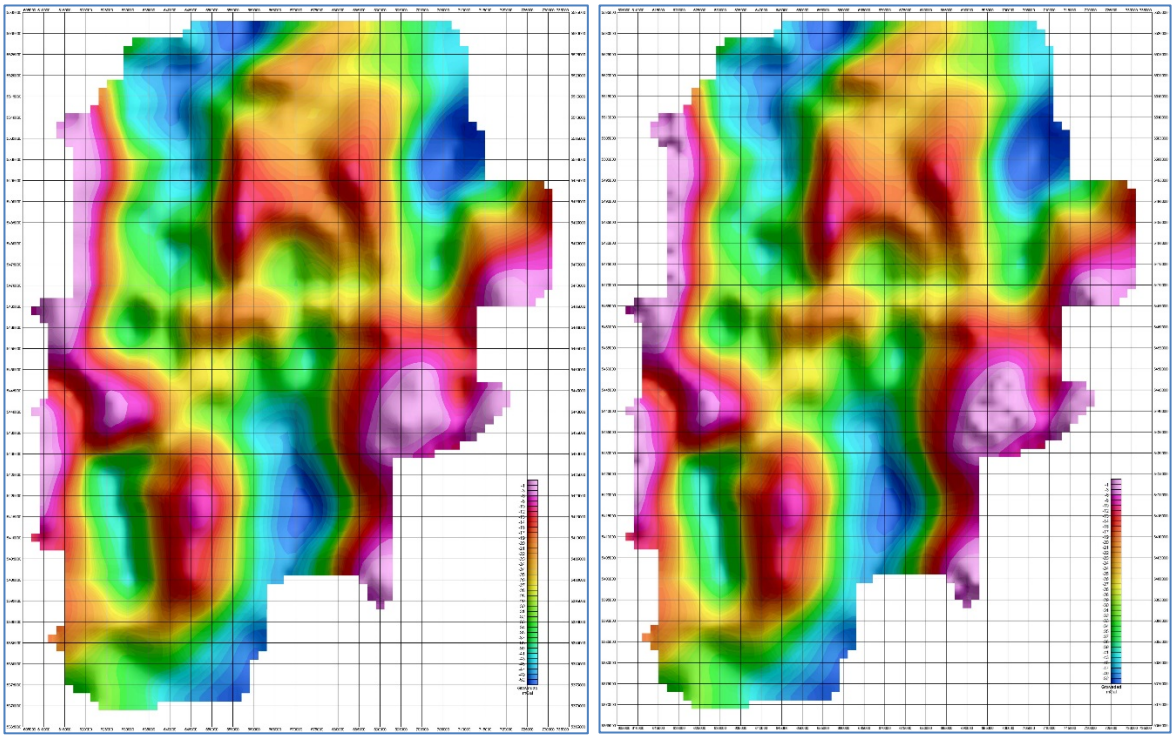
-0.5 gr/cc, el cual, sin embargo, debe ser considerado como una aproximación de carácter regional, un promedio representativo de toda el área de estudio. Este valor representa una combinación razonable de densidades cuya diferencia sea -0.5; por ejemplo, densidad promedio de los sedimentos de 2.1 gr/cc y densidad del basamento de 2.6 gr/cc; o, como lo usado en el informe de las Cuencas Ríos Maullín y Bueno, de 2.4 y 2.9.

La interfaz sedimentos/basamento (o profundidad del techo del basamento o espesor de los sedimentos) se calculó mediante un programa computacional construido en Geodatos, basado en la publicación "Bhaskara Rao, D., Prakash, M.J. and Ramesh Babu, N. 1990. 3D and 2.5D modelling of gravity anomalies with variable density contrast. Geophysical Prospecting 38, 411-422". Este algoritmo de inversión calcula iterativamente una grilla de Profundidad del Basamento a partir de una grilla de Anomalía Residual de Gravedad.

La unidad sedimentaria se simula por un arreglo de prismas verticales de sección horizontal cuadrada, de ancho igual al tamaño de celda de la grilla de gravedad. La longitud vertical (variable) de cada prisma es la profundidad del basamento en cada nodo de la grilla gravimétrica. El paso de esta grilla se fijó en este caso en 2000 m, que es una representación adecuada de la densidad promedio de los datos en el área de estudio. La profundidad calculada del basamento debe ajustarse, dentro de cierta tolerancia, a la profundidad en los puntos de control.

La siguiente figura muestra los mapas de gravedad de Bouguer Residual Observada y Calculada, con una misma escala de colores, correspondiente al Sector Continente.

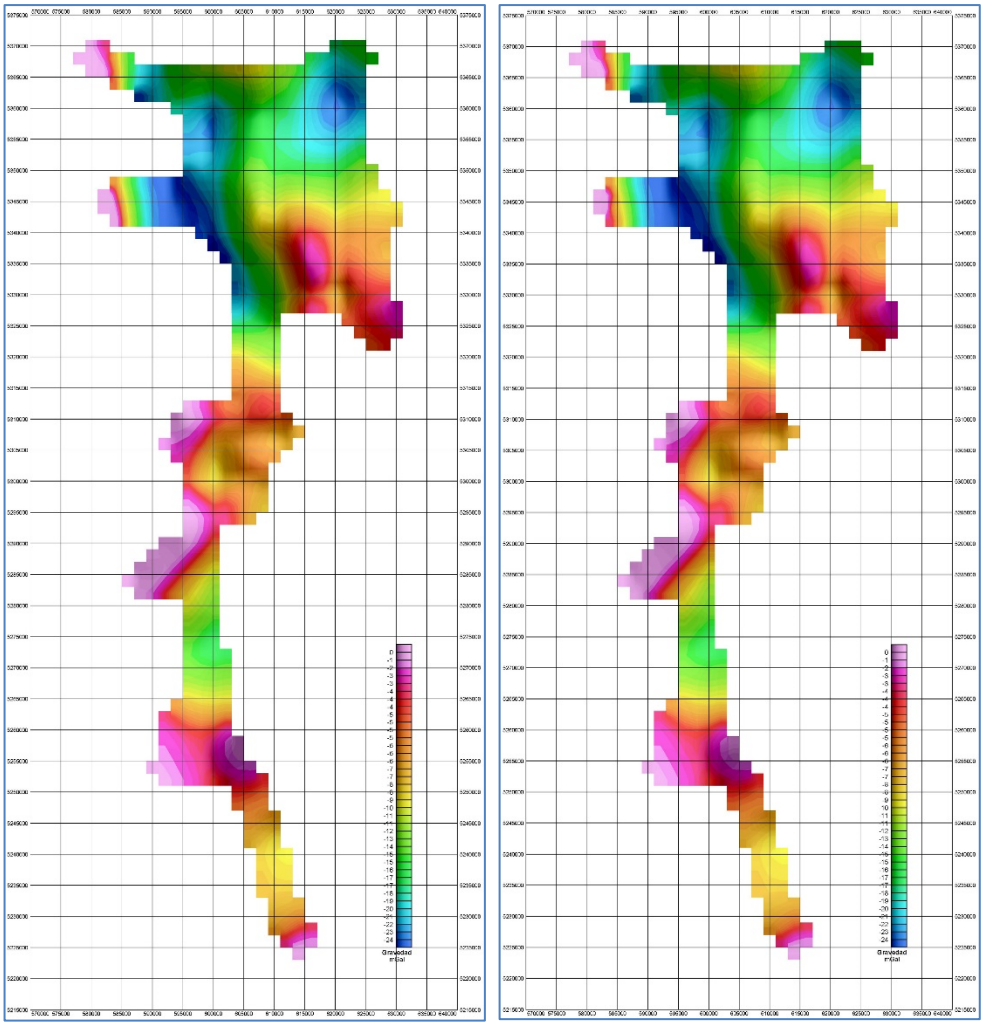
Figura 7.2-6 Mapa de Bouguer Residual Observado (izquierda) y Calculado (derecha). Sector Continente, Región de Los Lagos.



La gran similitud entre ambas grillas indica que la profundidad del basamento obtenida mediante la inversión 3D Cuenca es una buena aproximación cuantitativa a la forma geométrica del basamento y una estimación cuantitativa a la profundidad del basamento (considerando el contraste único regional de -0.5 gr/cc).

La siguiente figura muestra los mapas de gravedad de Bouguer Residual Observada y Calculada, con una misma escala de colores, correspondiente al Sector Chiloé.

Figura 7.2-7 Mapa de Bouguer Residual Observado (izquierda) y Calculado (derecha). Sector Isla de Chiloé, Región de Los Lagos.



La gran similitud entre ambas grillas indica que la profundidad del basamento obtenida mediante la inversión 3D Cuenca es una buena aproximación cuantitativa a la forma geométrica del basamento y una estimación cuantitativa a la profundidad del basamento (considerando el contraste único regional de -0.5 gr/cc).

7.2.1.4. Resultados y Conclusiones

El estudio gravimétrico permitió generar mapas con las profundidades del basamento en toda el área estudiada. Las figuras siguientes muestran los mapas generados tanto para el sector continental como para la Isla Grande de Chiloé.

Al observar la figura 7.2-8, donde se muestra el estudio efectuado en las provincias de Osorno y Llanquihue, se aprecia que en general en el sector del valle central el basamento se ubica a una gran profundidad, alcanzando incluso casi los 3.000 m entre Puerto Montt y Frutillar.

Hacia el sector norte, entre la ciudad de Osorno y el río Pilmaiquén, el relleno tendría un espesor entre los 1.000 y 1.200 m aproximadamente.

Se observa además, que entre Osorno y Río Negro es donde se detecta el basamento a menor profundidad en el valle central, que de todos modos no sería inferior a los 400 m.

Algo similar se aprecia en el sector de Los Muermos, donde el relleno disminuye su potencia hasta cerca de 300 a 400 m.

Por otro lado, en el sector norte de la Isla de Chiloé es donde se detectó la mayor profundidad del basamento, específicamente entre Ancud y Chacao, donde se alcanzan espesores de relleno del orden de 1.100 a 1.200 m.

Este relleno disminuye hacia el sur, llegando hasta cerca de los 300 m en el sector de Castro y no más de 100 m en Quellón.

Figura 7.2-8 Profundidad del Basamento Sector Continental

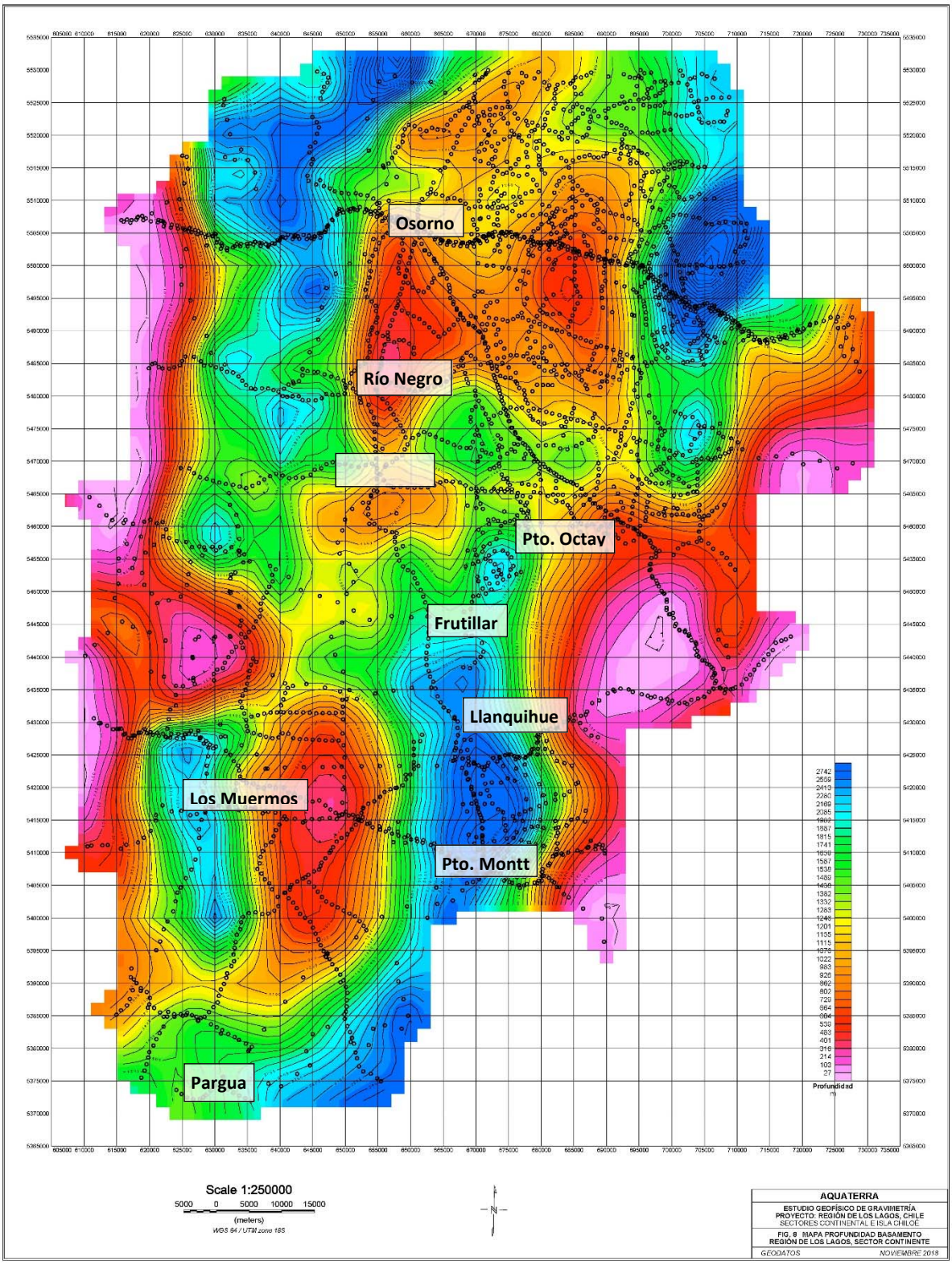
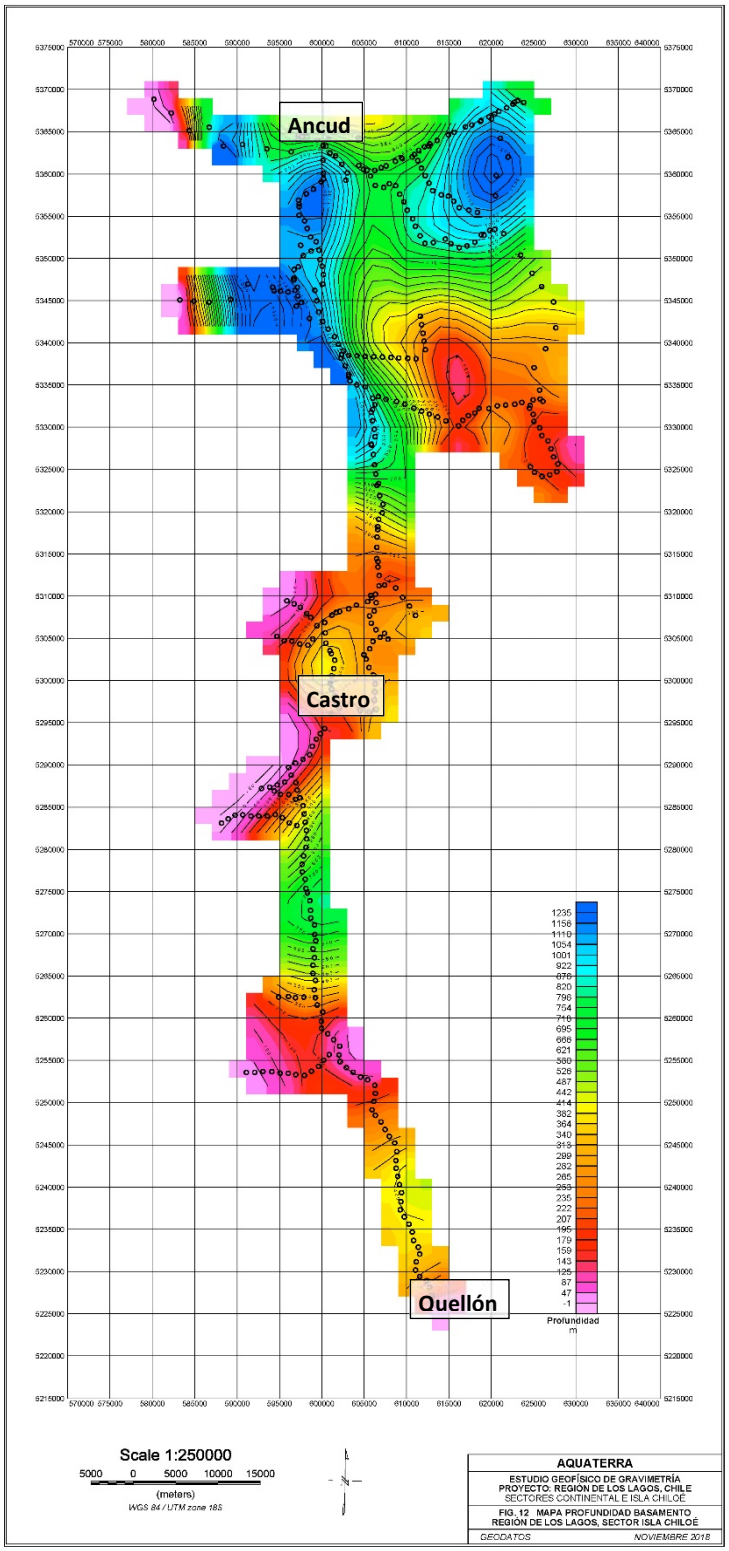


Figura 7.2-9 Profundidad del Basamento Sector Chiloé



7.2.2. Transiente Electromagnético

7.2.2.1. Introducción

En el presente reporte se resumen las actividades a la fecha del Levantamiento Transiente Electromagnético TEM en el Proyecto Los Lagos, Región de Los Lagos.

El área de estudio abarca desde La Unión – Osorno hasta Quellón en Chiloé, con un total planificado de 450 estaciones geoeléctricas.

La configuración de terreno de los sondeos TEM empleada es la denominada "Loop Coincidente", utilizando, en este caso, un Loop de transmisión cuadrado de 100x100 m o 50x50 m (según el espacio disponible). Se efectúa una medida central usando un Loop de recepción de las mismas dimensiones y concéntrico con el anterior.

Los resultados de los modelos de Inversión de los sondeos TEM se presentan en forma de gráficos individuales que incluyen la inversión 1D, el modelo de resistividad y una interpretación de carácter geoeléctrico.

El trabajo de terreno se vio negativamente afectado por el factor climático debido a las intensas lluvias caídas en la zona de estudio durante la ejecución de las labores de medición.

7.2.2.2. Trabajo de Terreno

a) Personal

El personal de campo está formado por un operador geofísico especializado y un grupo de asistentes técnicos, quienes, además de efectuar las mediciones, tuvieron que obtener permisos de acceso a los lugares de medición por parte de los propietarios de los predios aludidos. El equipo de apoyo logístico está formado por 1 vehículo 4WD e instrumental GPS. El equipo de apoyo técnico incluye computadora portátil y radios de intercomunicación.

b) Instrumental

El equipo geofísico de adquisición de datos de transiente electromagnético es marca Zonge Engineering and Research Organization, compuesto por:

- Receptor digital multipropósito modelo GDP-32 (Instrumento Multi-Canal Digital Electromagnético de Banda Ancha).
- Transmisor TEM modelo ZT-30, energizado con baterías.
- Transmisor NanoTEM modelo NT-20, energizado con baterías

El receptor funciona en un intervalo de frecuencias desde DC hasta 8 KHz y puede ser utilizado para métodos eléctricos y electromagnéticos como TEM, NanoTEM, IP (en los dominios del tiempo y de la frecuencia), CSAMT, AMT, etc. El instrumento posee filtros digitales controlados por software. Los datos son grabados en la memoria de estado sólido del receptor y transferibles electrónicamente a computadoras.

7.2.2.3. Mediciones

El trabajo de terreno se realizó entre los días 27 de Junio y 11 de Noviembre del año 2018. Los parámetros para las mediciones TEM se presentan en la siguiente tabla. Se midieron un total de 450 estaciones TEM.

Tabla 7.2-5 Parámetros de mediciones TEM

Parámetro	Valor
Frecuencias de Medición	0.5, 1, 2, 4, 8, 16, y 32 Hz
Configuración de Espiras	Loop Coincidente
Dimensión Loops Transmisor y Receptor	100x100 m^2 50x50 m^2 en sectores reducidos

Las coordenadas de las estaciones se midieron en Sistema UTM Datum WGS 84, Zona 18 Sur. Las cotas se obtuvieron de la Base Topográfica Digital Pública SRTM (grilla 30 m). La Figura 2 del Anexo 7-2 presenta el mapa de planta con la ubicación de las estaciones TEM.

Algunos sectores presentaron ruido electromagnético que contaminaron la señal de información del trabajo de TEM impidiendo la correcta inversión de las estaciones afectadas (estaciones malas). En total, 19 estaciones TEM fueron medidas pero no invertidas. De acuerdo con el espacio disponible se midió un total de 106 estaciones TEM utilizando loop de 50 m de lado. En resumen, se midió 325 estaciones con loop de 100 m, 106 estaciones con loop 50 m y 19 estaciones sin inversión, lo que totaliza 450 estaciones.

La siguiente tabla muestra las coordenadas y elevaciones de las 450 estaciones TEM mostrando además el tamaño del loop y las estaciones no invertidas.

Tabla 7.2-6 Coordenadas y Cotas Estaciones TEM, Datum WGS 84.UTM 18S

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
P669710	5519596	1	87	100	
674244	5519675	2	88	100	
670132	5524978	3	69	100	
671890	5525831	4	72	100	
671465	5524945	5	78	100	
672243	5520087	6	82	100	
678178	5513178	7	98	100	
678234	5511874	8	105	50	
668444	5509629	9	90	50	
667279	5509413	10	88	100	
668444	5509299	11	93	50	
667099	5508522	12	91	50	
665723	5509763	13	83	100	
664994	5507735	14	82	50	
663153	5506605	15	79	100	
682097	5505225	16	124	100	
681213	5506158	17	123	100	
679830	5505614	18	119	50	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
658651	5520057	19	65	100	
659748	5517143	20	80	100	
661164	5517055	21	83	100	
664430	5519732	22	79	100	
665376	5521021	23	84	100	
657073	5503677	24	71	50	
655884	5503479	25	76	50	
670033	5502761	26	81	100	
675130	5501350	27	103	100	
676807	5501081	28	106	100	
672623	5500017	29	95	100	
673442	5498726	30	95	100	
682778	5503020	31	128	50	
680710	5502039	32	112	100	
680802	5500788	33	110	50	
662281	5496945	34	84	100	
663649	5497556	35	88	50	
664863	5497739	36	80	50	
663347	5495693	37	86	50	
661926	5495159	38	81	50	
661524	5494171	39	56	100	
660773	5495467	40	79	50	
658487	5492736	41	82	50	
658335	5489423	42	82	100	
658762	5487630	43	90	100	
657330	5484237	44	89	100	
653640	5487982	45	81	100	
654551	5486486	46	81	100	
652045	5492176	47	80	100	
651641	5491813	48	67	100	
652083	5491374	49	79	100	
692573	5492930	50	180	100	
693649	5491872	51	187	100	
695567	5492511	52	198	100	
694729	5489547	53	201	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
695424	5488306	54	233	100	
693174	5486930	55	207	100	
696858	5486366	56	248	100	
693978	5484396	57	216	100	
695385	5483591	58	169	100	
686577	5481815	59	174	100	
683767	5481480	60	149	100	
702622	5485231	61	192	100	
703847	5485455	62	200	50	
697562	5484614	63	171	100	
651727	5480158	64	85	100	
655353	5479916	65	87	100	
657615	5476757	66	93	50	
657010	5476444	67	82	100	
657001	5475515	68	84	50	
660908	5473587	69	105	100	
662201	5474003	70	106	100	
664045	5473385	71	115	100	
688526	5469956	72	152	100	
687086	5471196	73	158	100	
685493	5471784	74	156	100	
684156	5472008	75	157	100	
693295	5465128	76	210	100	
694552	5464250	77	213	100	
693639	5464022	78	220	100	
694867	5462835	79	224	100	
695294	5459384	80	178	100	
695134	5457563	81	146	100	
696808	5459979	82	178	100	
696410	5458643	83	175	100	
693019	5461340	84	246	100	
693135	5459685	85	166	100	
691925	5459256	86	173	100	
693799	5457876	87	126	100	
704182	5459647	88	327	50	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
704341	5459043	89	338	50	mala s/inv
652554	5471293	90	100	100	
651998	5471814	91	95	50	
650683	5471117	92	88	100	
651198	5470264	93	93	100	
651498	5469067	94	105	50	
652637	5470130	95	106	100	
653595	5470050	96	107	100	
677935	5465661	97	174	100	
648304	5460447	98	111	100	
634585	5457291	99	118	100	
633415	5457100	100	150	100	
632514	5458008	101	140	100	
631700	5456320	102	195	100	
632881	5456100	103	171	100	
649345	5459724	104	111	100	
656485	5457150	105	120	100	
670234	5450182	106	133	100	
668241	5446924	107	95	100	
648482	5448553	108	130	100	
646505	5446677	109	159	100	
647712	5444346	110	157	100	
645318	5445733	111	154	100	
645535	5446586	112	155	50	
645973	5445758	113	155	50	
645567	5445386	114	151	50	
645167	5445155	115	152	50	
636217	5444668	116	142	100	
631870	5436884	117	156	100	
634180	5436694	118	164	100	
635186	5435827	119	167	100	
636279	5434998	120	167	100	
639036	5438256	121	157	50	
637552	5432756	122	162	100	
640188	5433155	123	169	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
640575	5434376	124	170	100	
639329	5431108	125	177	100	
640883	5430485	126	183	100	
645410	5428738	127	158	100	
645569	5427699	128	136	100	
646290	5426753	129	126	100	
646233	5428239	130	154	100	
648045	5427038	131	125	100	
648191	5426099	132	128	100	
633176	5418630	133	97	100	
634432	5419326	134	49	100	
635335	5418561	135	77	100	
629618	5415330	136	137	100	
629162	5415162	137	143	100	
629612	5414866	138	143	100	
636021	5411723	139	86	100	
636755	5410298	140	92		mala s/inv
637728	5410380	141	86	100	
639463	5412118	142	76	100	
640824	5411962	143	81	100	
637797	5405438	144	97	100	
639057	5404273	145	14	50	
643577	5404928	146	45	100	
645272	5404799	147	63	100	
647828	5406395	148	47	100	
650335	5406185	149	55	100	
646856	5397458	150	32	50	
650137	5395567	151	78	50	
646617	5402548	152	73	100	
645937	5397771	153	55	50	
645275	5396892	154	29	100	
644994	5470409	155	58	100	
665112	5497021	156	84	100	
670743	5502812	157	87	50	
671087	5503316	158	92	50	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
652962	5470673	159	105	100	
636419	5394299	160	42	100	
628755	5395333	161	23	50	
624698	5394073	162	25	50	
624219	5394209	163	17	50	
619963	5392312	164	22	50	
620611	5391794	165	22	100	
621148	5391415	166	22	100	
621274	5391052	167	15	100	
620816	5391130	168	14	50	
621585	5391263	169	13	50	
624666	5385540	170	21	100	
626080	5385242	171	28	100	
626438	5384640	172	34	100	
627132	5384288	173	35	100	
632063	5381324	174	54	100	
632213	5380959	175	55	100	
626276	5372676	176	34	100	
631340	5374449	177	39	50	mala s/inv
631681	5374614	178	42	50	
631495	5373996	179	42	50	
631925	5373869	180	35	50	
633570	5372097	181	23	50	
661238	5380554	182	58	100	
662427	5381590	183	82	50	mala s/inv
660368	5385956	184	78	50	
599881	5358578	185	93	100	
600498	5358047	186	104	100	
599668	5357848	187	104	100	
607870	5360079	188	30	100	
609188	5360630	189	34	100	
611880	5341117	190	72	100	
609814	5356423	191	63	100	
611809	5356215	192	81	100	
613212	5357413	193	57	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
611738	5354907	194	81	100	
598870	5344843	195	78	100	
606559	5333404	196	150	100	
606551	5331088	197	94	100	
611067	5331179	198	162	100	
611035	5331593	199	150	100	
622048	5332141	200	140	100	
620317	5332573	201	151	100	
621196	5332352	202	160	100	mala s/inv
627663	5323839	203	153	100	
598160	5307502	204	145	100	
597321	5302084	205	205	100	
599383	5299998	206	129	100	
599365	5299493	207	125	50	
607300	5305014	208	122	100	
606017	5297548	209	92	100	
605748	5297280	210	92	100	
606636	5296952	211	126	100	
606602	5296440	212	119	100	
607344	5295739	213	99	100	
689020	5243107	214	9	50	
687995	5243970	215	12	100	
762578	5213737	216	322	100	
762265	5213513	217	318	100	
762401	5213314	218	321	50	
760801	5214079	219	325	50	
760444	5213519	220	321	100	
758049	5212880	221	328	100	
753935	5214190	222	362	50	
752629	5214504	223	328	50	
750708	5212591	224	337	50	
744787	5203133	225	398	100	
744231	5202585	226	393	50	
744413	5201815	227	374	100	mala s/inv
741872	5196528	228	223	100	mala s/inv

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
741556	5195882	229	205	100	mala s/inv
741099	5196601	230	223	100	mala s/inv
713933	5181814	231	188	100	
714562	5172159	232	155	100	
669845	5525962	233	52	100	
672604	5520645	234	90	100	
673410	5519867	235	90	100	mala s/inv
673400	5519562	236	89	100	mala s/inv
674237	5519165	237	88	100	
675259	5520305	238	75	100	
675170	5519331	239	88	100	
676620	5518850	240	87	50	
676011	5518167	241	93	50	
674740	5517667	242	94	100	
677559	5512979	243	95	100	
695406	5491003	244	208	100	
704427	5485709	245	218	50	
703425	5485114	246	189	100	
694076	5486811	247	216	100	
696824	5485421	248	189	100	
696001	5484526	249	169	100	
694021	5482750	250	134	100	
653769	5493303	251	83	50	
654236	5493278	252	80	50	
657135	5490040	253	79	100	
654590	5488039	254	81	100	
654642	5487089	255	81	100	
683786	5470751	256	159	100	
674928	5466040	257	149	100	
674339	5452948	258	113	100	
672307	5450626	259	107	100	
667976	5450522	260	181	100	
659923	5485198	261	93	100	
651575	5492291	262	70	100	
657636	5477301	263	94	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
657042	5478612	264	92	100	
651847	5479133	265	79	100	
650849	5480571	266	76	100	
653214	5478944	267	84	100	
644376	5471098	268	85	100	
648796	5458089	269	114	100	
649231	5455694	270	114	100	
646847	5456789	271	124	100	
650467	5458694	272	117	100	
657798	5456973	273	114	100	
649478	5448574	274	126	100	
642028	5448276	275	143	100	
638446	5448218	276	156	100	
633548	5448336	277	133	100	
635960	5448055	278	132	100	
634655	5442737	279	150	100	
633264	5441646	280	160	100	
633323	5438888	281	201	100	
637838	5436745	282	160	100	
649062	5423247	283	93	100	
655384	5421032	284	63	100	
656404	5423059	285	66	100	
657276	5424523	286	70	100	
689185	5433104	287	73	100	mala s/inv
691580	5434128	288	85	100	
690468	5432307	289	158	100	
680552	5427269	290	117	100	
679414	5426817	291	98	100	
640758	5419267	292	89	100	
643211	5418516	293	85	100	
644557	5417778	294	66	100	
641856	5418147	295	74	100	
644338	5416689	296	54	100	
629451	5421901	297	134	100	
632324	5421369	298	78	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
635839	5416469	299	76	100	
637414	5415082	300	80	100	
639296	5413176	301	65	100	
637952	5412346	302	99	100	
636418	5406608	303	96	100	
638144	5403683	304	60	100	
640876	5405201	305	44	100	
641511	5404508	306	43	100	
640645	5406588	307	35	100	
642085	5403716	308	50	100	
630632	5416314	309	122	100	
629958	5413632	310	126	100	
649226	5409397	311	45	100	
647086	5407481	312	35	100	
650321	5407716	313	56	50	
647803	5404644	314	49	100	
644455	5406631	315	71	100	
644576	5405539	316	73	100	
646086	5403484	317	68	100	
647001	5402695	318	64	100	
647662	5402160	319	57	50	
649989	5397115	320	72	100	
649274	5395821	321	68	100	mala s/inv
659267	5387014	322	84	50	
661303	5387020	323	15	50	
660367	5381175	324	72	50	
659729	5381340	325	28	50	
658674	5381876	326	24	50	
662112	5380867	327	70	100	
637189	5393530	328	42	100	
635128	5394089	329	36	100	
630343	5394803	330	23	50	
631003	5382101	331	43	50	
629936	5382244	332	47	100	
630367	5373851	333	41	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
633673	5371733	334	26	50	
633481	5372776	335	28	50	
634005	5373224	336	41	50	
627119	5372670	337	40	100	
625368	5372395	338	35	100	
624361	5373424	339	39	50	
613823	5358739	340	65	100	
612215	5359949	341	48	100	
610714	5359004	342	46	100	
610220	5354301	343	51	100	
608740	5356641	344	50	100	
611086	5353028	345	112	100	
604408	5360829	346	32	100	
603994	5361766	347	22	100	
602743	5363411	348	16	100	
609239	5361606	349	32	100	
608441	5359000	350	42	100	
600633	5359805	351	92	100	
599913	5360913	352	82	100	
600213	5357135	353	91	100	
598754	5358197	354	97	100	
597442	5357173	355	64	50	
599744	5360070	356	96	100	
599378	5350043	357	46	100	
599826	5349286	358	38	100	
582966	5356538	359	66	100	
583686	5356006	360	84	50	
583434	5355134	361	61	100	
583043	5357956	362	38	50	
585952	5359091	363	22	50	
586524	5358743	364	29	50	
585390	5358624	365	24	50	
587147	5358032	366	31	100	
586095	5361301	367	26	100	
586873	5361653	368	27	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
585832	5362706	369	21	50	
585546	5362730	370	22	100	
585061	5362062	371	30	50	
584975	5344667	372	36	100	mala s/inv
584637	5346367	373	131	50	
600439	5343591	374	82	100	
600554	5342835	375	85	100	
609457	5339310	376	84	50	
608318	5339432	377	80	100	
609010	5338537	378	81	100	
604116	5334817	379	124	100	
607643	5333034	380	172	100	
609696	5331597	381	136	100	
612210	5331451	382	151	100	
612550	5332196	383	142	100	
623574	5333525	384	130	100	
623574	5331704	385	128	100	
626608	5328686	386	130	50	
626122	5329565	387	68	50	
627177	5326833	388	133	100	
626312	5324840	389	155	100	
611244	5312592	390	182	50	
611822	5313523	391	165	100	
608027	5310875	392	151	50	
608638	5311760	393	156	50	
606140	5306130	394	145	50	
606977	5307133	395	137	100	
597434	5308749	396	148	100	mala s/inv
598506	5305009	397	166	100	
595805	5303324	398	224	50	
606304	5298811	399	87	50	
605789	5296296	400	94	100	
604054	5291914	401	49	100	
598201	5291556	402	94	50	
596988	5286006	403	112	50	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
595989	5286547	404	135	50	
594261	5287293	405	64	100	
597578	5283086	406	52	100	
596776	5282892	407	43	50	
590052	5284181	408	47	100	mala s/inv
587758	5278672	409	94	50	
599171	5262248	410	137	100	
599852	5260747	411	46	100	
600205	5258683	412	41	50	
614430	5230898	413	121	50	
616659	5230226	414	94	50	
615526	5229633	415	103	100	
616924	5229692	416	92	100	
619200	5232193	417	85	100	
708194	5224197	418	48	50	
753505	5208088	419	272	100	
752688	5208275	420	267	100	mala s/inv
754574	5207371	421	301	100	mala s/inv
599515	5346080	422	45	100	
621469	5331427	423	152	100	
625165	5326951	424	135	100	
594148	5302034	425	465	100	
596717	5302659	426	198	100	
595365	5302792	427	321	50	
597731	5305826	428	167	100	
599364	5306069	429	157	100	mala s/inv
607078	5306005	430	131	100	
614060	5256355	431	11	50	
614562	5255483	432	24	50	
621401	5252693	433	33	50	
622821	5252219	434	71	100	
606352	5295489	435	102	100	
641297	5449016	436	142	100	
689263	5460409	437	170	50	
605531	5333987	438	149	100	

Este	Norte	Stn	Elevación SRTM (grilla 30 m)	Loop	Estaciones s/inversion
606358	5305064	439	133	100	
608687	5309816	440	125	100	
606116	5332634	441	137	100	
667669	5495562	442	79	100	
665701	5495456	443	87	100	
657449	5498737	444	76	50	
655972	5498468	445	26	50	
658712	5502875	446	61	50	
683037	5502152	447	121	50	
690150	5493459	448	163	50	
689052	5485203	449	178	100	
655888	5486428	450	82	100	

7.2.2.4. PROCESO DE DATOS

a) Método TEM

La técnica TEM, en sus diferentes modos, es un método electromagnético inductivo en el dominio del tiempo. Mediante espiras metálicas instaladas en el suelo se generan corrientes de conducción en el subsuelo y se mide el campo magnético transiente producido por el decaimiento de estas corrientes al detener la transmisión. Este proceso se repite usando corrientes del tipo "positiva-nula-negativa-nula", con frecuencias (de 'repetición') que usualmente varían entre 0,5 y 32 Hz, con paso binario, en el TEM normal.

En el modo de NanoTEM se usan las frecuencias de 32 y 64 Hz mediante circuitos electrónicos de muy alta velocidad que permiten muestrear las curvas transientes con mayor detalle. Con esto se logra una mejor resolución de la estructura geoeléctrica más somera (correspondiente a tiempos menores o más cercanos). Se disminuyen también las dimensiones de las espiras transmisora y receptora.

La corriente inducida se distribuye por difusión y su comportamiento depende de la resistividad, tamaño y forma de las estructuras geoeléctricas. El análisis numérico de la curva

transiente del campo magnético permite inferir información cuantitativa acerca de los parámetros geoeléctricos del subsuelo.

Al ser el TEM una técnica inductiva, evita el problema que enfrentan los métodos galvánicos al intentar inyectar corriente directamente al subsuelo en terrenos de muy alta resistencia de contacto, donde no se logra obtener corrientes suficientes; por ejemplo, costras salinas secas superficiales muy resistivas (como caliche), característico en ciertos lugares del norte chileno.

El método TEM proporciona una diferenciación vertical de la resistividad del subsuelo en cada estación. La profundidad de penetración básicamente depende de dos factores: del tiempo en la curva transiente (a mayor tiempo, mayor profundidad) y de la resistividad del terreno (a menor resistividad menor penetración). La cobertura lateral se realiza desplazando la configuración de espiras sobre una línea.

b) Modelamiento 1D de Resistividad

El modelamiento por inversión de la curva de resistividad aparente de un sondeo de transiente electromagnético permite obtener las resistividades y espesores de un modelo estratificado del subsuelo (modelo 1D) bajo la estación. En el presente estudio se usó el sistema IX1D de Interpex.

La inversión de la curva de resistividad aparente de un sondeo TEM permite obtener las resistividades y espesores de un modelo estratificado del subsuelo (1D). Con el programa IX1D se pueden obtener en forma semi-automática dos tipos de modelos 1D: uno suavizado (*smooth*), compuesto de un gran número de estratos delgados y variación gradual de la resistividad, y otro "de capas" (*layered*), formado por un número representativo de estratos y variación discontinua de la resistividad. A partir del modelo de capas el programa calcula modelos equivalentes, que representan gráficamente las variaciones posibles de cada parámetro para el mismo ajuste del modelo final.

En general, el modelo suavizado contiene más detalles de la resistividad, mientras que el modelo de capas da mayor precisión a las profundidades de las interfaces de los estratos.

Las Figuras I-T-1 a la I-T-450 incluidas en el Anexo 7-2**,** presentan las inversiones 1D de los sondeos TEM. En la ventana izquierda de cada figura se muestran los datos observados y la curva teórica final de la inversión; en la ventana derecha, los modelos de capas y suavizado, y los modelos equivalentes en líneas a trazos.

c) Interpretación Geoeléctrica de los Sondeos TEM

El objetivo general del presente trabajo geofísico es la determinación cuantitativa de las propiedades eléctricas del subsuelo en la zona de interés, constituido por un relleno de formaciones sedimentarias y volcánicas sobre rocas impermeables del basamento.

Estas propiedades geoeléctricas dependen de la mineralogía (litología) y microestructura (porosidad, granulometría, fracturamiento) de las rocas, las cuales varían significativamente según la profundidad. Afecta de manera importante a la resistividad el tipo de fluidos que contengan las rocas (grado de saturación, salinidad, etc.). La existencia de estructuras y fenómenos de alteración también producen cambios de la resistividad que pueden ser detectados con un estudio geoeléctrico.

El Anexo 7-2 presenta las Figuras I-T-1 a la I-T-450, donde se pueden ver los gráficos de los resultados de los modelos de Inversión 1D de todos los sondeos TEM. En la ventana izquierda de cada gráfico se muestran los datos observados y la curva teórica final de la inversión. En la ventana derecha se muestra la resistividad en función de la profundidad, con el modelo de capas en línea continua roja, el modelo suavizado en línea continua verde y los modelos equivalentes en líneas a trazos. Este grafico muestra las coordenadas, elevación, tamaño de loop y sector donde se ubica cada estación, incluye también una leyenda y una interpretación de carácter geoeléctrico.

La siguiente tabla resume las unidades geoeléctricas interpretadas en las Estaciones TEM:

Tabla 7.2-7 Interpretación Geoléctrica

Resistividad (Ωm)	Unidad geoeléctrica
≥ 100	resistivo superior (capa somera, sobrecarga)
≥ 100	resistivo inferior (substrato, posible basamento)
≤ 10	unidad muy conductora (posible presencia de finos, arcillas)
10-20	unidad conductora (posibles arenas o gravas limosas)
20-50	unidad medianamente conductora (posible presencia de gravas)
50-100	unidad de baja conductibilidad (posibles gravas y bolones)

Se ha realizado una interpretación sólo geoeléctrica, sin una asociación de tipo litológico, debido a la gran extensión del área de estudio, que implica que la correlación resistividad-litología puede variar de un sector a otro según la geología regional. Se recomienda basarse en información geológica de detalle y de sondajes y pozos para establecer una relación entre los resultados geoeléctricos y la estratigrafía hidrogeológica.

Los rangos de resistividad en algunos casos se superponen, teniendo valores de resistividad del mismo orden. En este estudio se definió un rango de resistividades > 100 Ωm para dos unidades diferentes. Por una parte se usa para una capa superficial con espesor promedio de 100 metros, que se denominó como resistivo superior, que se puede asociar con estratos superficiales. Por otra parte, el mismo rango de resistividad (> 100 Ωm) se definió para capas relacionadas con rocas del basamento.

El esquema general de las secciones de interpretación muestra una cubierta resistiva superficial formada por una unidad geoeléctrica con resistividad mayor que 100 Ωm que podría relacionarse con gravas, bolones y ripios saturados. Bajo el estrato superficial se detectó una serie de estratos geoeléctricos con diferentes rangos de resistividad asociados a variaciones litológicas, donde las unidades de menor resistividad se asocian a sedimentos más finos, mientras que los de mayor resistividad se pueden asociar con sedimentos de grano más grueso o posiblemente a sedimentos más compactos.

A continuación se indica una probable interpretación geológica para cada una de las unidades geo-eléctricas definidas en la Tabla 7.2-7:

Resistivo superior: Esta unidad, definida por una resistividad mayor que 100 Ohm-m, puede corresponder a presencia de sedimentos de grano grueso, como gravas, bolones y ripios saturados, ya que corresponde a una zona de alta cantidad de lluvias. Sin embargo, no se descarta la posibilidad que esta unidad resistiva superficial corresponda a sedimentos secos, lo cual estaría relacionado con espesores más pequeños de esta unidad resistiva superficial.

Resistivo Inferior: Esta unidad, definida por una resistividad mayor que 100 Ohm-m y ubicada normalmente en la base de la columna, se interpreta como roca que normalmente corresponde a basamento impermeable, base del acuífero. Una alternativa es que corresponda a estratos volcánicos presentes en la cuenca, o a sedimentos compactos o consolidados si la resistividad está cerca del límite inferior.

Muy conductora: Esta unidad, definida por una resistividad menor que 10 Ohm-m, y ubicada normalmente bajo la unidad resistiva superficial y sobre la unidad resistiva profunda, cuando existe, se interpreta como sedimentos finos, principalmente compuestos por limos y arcillas y que corresponden a sedimentos de baja o muy baja permeabilidad.

Conductora: Esta unidad, definida por una resistividad comprendida entre 10 y 20 Ohm-m y ubicada normalmente bajo la unidad resistiva superficial y sobre la unidad resistiva profunda, cuando esta última existe, se interpreta como sedimentos de grano medio, principalmente compuestos por arenas o gravas limosas y que corresponden a sedimentos de mediana permeabilidad.

Medianamente Conductora: Esta unidad, definida por una resistividad comprendida entre 20 y 50 Ohm-m y ubicada normalmente bajo la unidad resistiva superficial y sobre la unidad resistiva profunda, cuando esta última existe, se interpreta como sedimentos de grano medio a grande, principalmente compuestos por gravas y que corresponden a sedimentos de buena permeabilidad.

Baja conductividad: Esta unidad, definida por una resistividad comprendida entre 50 y 100 Ohm-m y ubicada normalmente bajo la unidad resistiva superficial y sobre la unidad resistiva profunda, cuando esta última existe, se interpreta como sedimentos de grano grande, principalmente compuestos por gravas y bolones que corresponden a sedimentos de buena permeabilidad. Sin embargo, dependiendo de la ubicación de esta unidad, también es posible que corresponde a sedimentos compactos que normalmente son de baja permeabilidad.

7.2.2.5. Resultados del Estudio de Transiente Electromagnético (TEM)

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

Como se puede observar en la interpretación de las estaciones TEM (ver Figuras I-T-1 a I-T-450 del Anexo 7-2), en la mayoría de ellas no se logró detectar el basamento rocoso (asociado a resistividades ≥100 Ωm, de la unidad Resistivo Inferior) y en las que se midieron resistividades que se interpretan como roca, ésta se encontraría en general a más de 200 m de profundidad.

Considerando que los pozos que se proyecten no debieran ser de gran profundidad, principalmente debido al alto costo que tendría este tipo de captaciones, se ha dado más relevancia la caracterización de los primeros 100 m de relleno.

En función de lo señalado, se presenta a continuación una descripción de los resultados obtenidos y de las posibles formaciones que componen los rellenos de esos primeros 100 m, por provincia y sector.

a) Provincia de Osorno

En la provincia de Osorno, las mediciones TEMS se realizaron en los sectores: Osorno (subsectores San Pablo, Osorno y Osorno-Río Negro), Puyehue, Río Negro-Purranque (subsectores Río Negro, Purranque y Purranque-Fresia) y Puerto Octay.

En el sector Osorno, en el 6% de las mediciones TEM se registraron sólo valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En un 41% predominó la misma unidad resistivo superior pero se midieron también valores entre 10 y 20, entre 20 y 50 y entre 50 y 100 Ωm , asociados a las unidades geoeléctricas; conductora, medianamente conductora y de baja conductibilidad. En el 44% de las mediciones, predominó la presencia de la unidad de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (gravas y bolones). En el resto, se registraron conductividades entre 20 y 50 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas medianamente conductoras (gravas).

En el sector Puyehue, en el 54% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En un 38% predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas: conductora, medianamente conductora y de baja conductibilidad, con valores entre 10 y 100 Ωm (posibles arenas, gravas limosas, gravas y bolones).

En el sector Río Negro-Purranque, en el 17% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En el 53% restante predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas: medianamente conductora y de baja conductibilidad, con valores entre 20 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones). En el resto, predominaron las unidades geoeléctricas de baja conductibilidad y medianamente conductora.

En el sector Puerto Octay, en el 65% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En casi todo el resto, predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas: medianamente conductora y de baja conductibilidad, con valores entre 20 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones). En una sola medición se identificó la unidad resistivo inferior, que se asocia a substrato o posible basamento.

b) Provincia de Llanquihue

En la provincia de Llanquihue, las mediciones TEMS se realizaron en los sectores: Fresia (subsectores Fresia, Loncotoro-Fresia y Tegualda-Fresia), Frutillar (subsectores Frutillar Alto y Casma), Los Muermos, Puerto Varas (subsectores Puerto Varas y Nueva Braunau), Maullín (subsectores Maullín, Cebadal Maullín, Puerto Toledo-Maullín, Puerto Toledo, Cunco, Calbuco, San Agustín-Calbuco y Pargua) y Puerto Montt (subsectores Puerto Montt y Puerto Montt-Pargua).

En el sector Fresia, en el 50% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En un 30% predominó la unidad geoeléctrica de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm, mientras que sólo en cerca del 20% restante, se registraron conductividades entre 20 y 50 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas medianamente conductoras (gravas).

En el sector Frutillar, en el 75% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En el 25% restante predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de la unidad geoeléctrica de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones).

En el sector Los Muermos, en el 25% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior

(capa somera o sobrecarga). En un 50% predominó la misma unidad geoeléctrica anterior, con presencia minoritaria de la unidad geoeléctrica de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones). En el 25% se identificaron las mismas unidades geoeléctricas anteriores, pero con presencia mayoritaria de la unidad geoeléctrica de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones).

En el sector Puerto Varas, en el 50% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron; 3 a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga) y 1 a la unidad geoeléctrica resistivo inferior (substrato, posible basamento). En el 50% restante predominó la unidad geoeléctrica resistivo superior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas medianamente conductora y de baja conductibilidad, con valores entre 20 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones).

En el sector Maullín, en el 50% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En cerca de un 40% predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas; de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones), medianamente conductora, con valores entre 20 y 50 Ωm (posibles gravas) y conductora, con valores entre 10 y 20 Ωm (posibles arenas o gravas limosas).

Finalmente, en el sector Puerto Montt, en poco más del 60% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En el resto predominó la misma unidad geoeléctrica anterior con presencia minoritaria de las unidades geoeléctricas; de baja conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm (posibles gravas y bolones) y medianamente conductora, con valores entre 20 y 50 Ωm (posibles gravas).

c) Provincia de Chiloé

En la provincia de Chiloé, las mediciones TEMS se realizaron en los sectores: Ancud, Dalcahue, Quemchi, Castro-Chonchi y Quellón.

En el sector Ancud, en el 50% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En el 10% se predominó la unidad geoeléctrica de baj conductibilidad, con valores entre 50 y 100 Ωm, mientras que en el 40% restante, se registraron conductividades entre 10 y 50 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas conductora y medianamente conductora (arenas y/o gravas limosas).

En el sector Dalcahue, en prácticamente el 100% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga).

En el sector Quemchi, en más del 90% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En menos del 10% se registró valores de conductibilidad entre 10 y 20 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas conductora (arenas o gravas limosas).

En el sector Castro-Chonchi, en el 50% de las mediciones TEM sólo se registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). En un 30% de las mediciones, predominó marcadamente la misma unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). Sólo en un 20% de las mediciones se registraron valores entre menores que 10 y 50 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas muy conductora, conductora y medianamente conductora (arenas y/o gravas limosas).

Finalmente, en el sector Quellón, en el 80% de las mediciones TEM predominaron marcadamente valores de resistividad mayores que 100 Ωm, que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga). Sólo en un 20% se registraron valores 10 y 50 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas conductora y medianamente conductora (arenas y/o gravas limosas).

d) Provincia de Palena

En la provincia de Palena, las mediciones TEMS se realizaron en los sectores: Chaitén y Futaleufú.

En el sector Chaitén, todas las mediciones realizadas registraron valores de resistividad mayores que 100 Ωm, y que se asociaron a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga).

En el sector Futaleufú, en el 45% de las mediciones realizadas sólo se identificó a la unidad geoeléctrica resistivo superior (capa somera o sobrecarga), en un 15% se midieron resistividades mayores que 100 Ωm, pero que fueron asociadas a la unidad geoeléctrica resistivo inferior (substrato o posible basamento). En el resto, se midieron valores de resistividad entre 10 y 100 Ωm, que se asocian a unidades geoeléctricas; conductora (arenas o gravas limosas), medianamente conductora (arenas y gravas) y de baja conductibilidad (gravas y bolones).

En las 9 figuras siguientes se ha representado la información resultante de la interpretación de los sondajes TEM, en formato perfil, para graficar, de forma general, las unidades geoeléctricas identificadas y los tipos de rellenos que se les asocia, hasta la profundidad de exploración, en algunas de las estaciones TEM medidas en el área estudiada.

El Perfil Longitudinal 1 cruza 5 perfiles transversales en su trazado y el perfil longitudinal 2, cruza 2 perfiles transversales. Estos perfiles también se incluyen en el Anexo 7-3 en formato PDF para una mejor lectura.

En el Mapa Temático 7.2-1 Perfiles y Estaciones TEM, se muestra el trazado de los perfiles longitudinales y transversales mencionados, junto con la ubicación de las 450 estaciones de medición de transiente electromagnético.

Figura 7.2-10 Perfil Longitudinal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

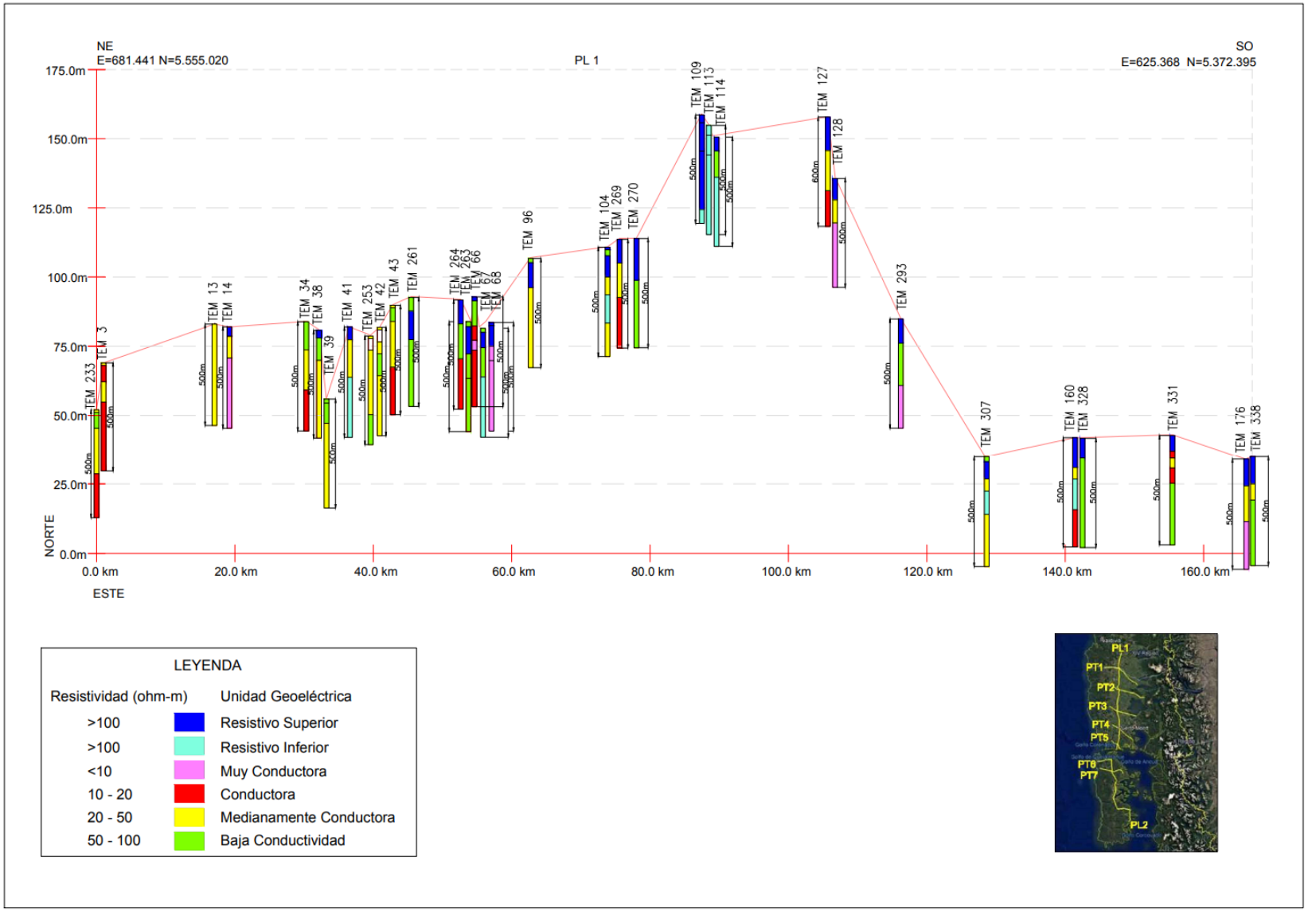


Figura 7.2-11 Perfil Transversal 1, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

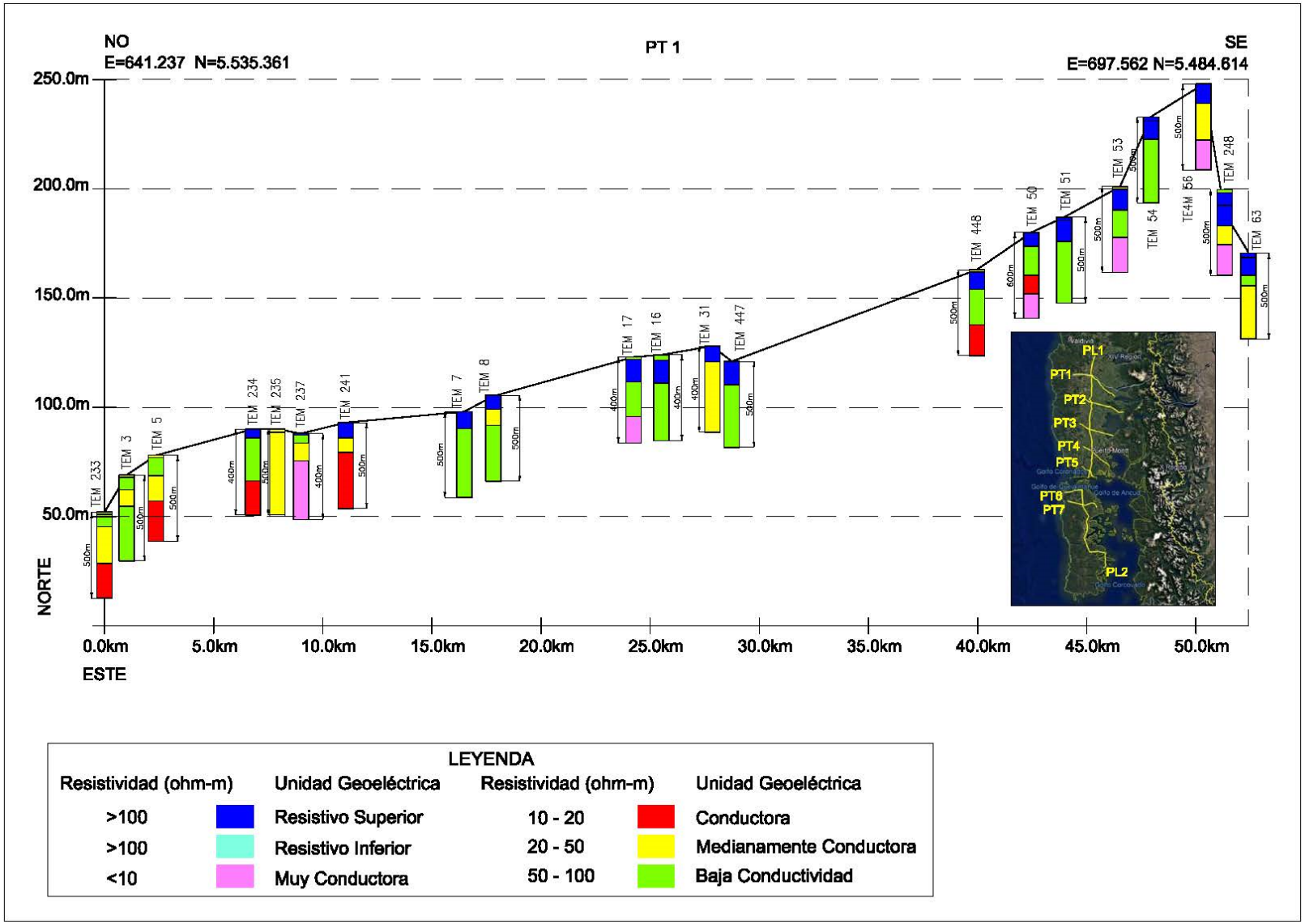


Figura 7.2-12 Perfil Transversal 2, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

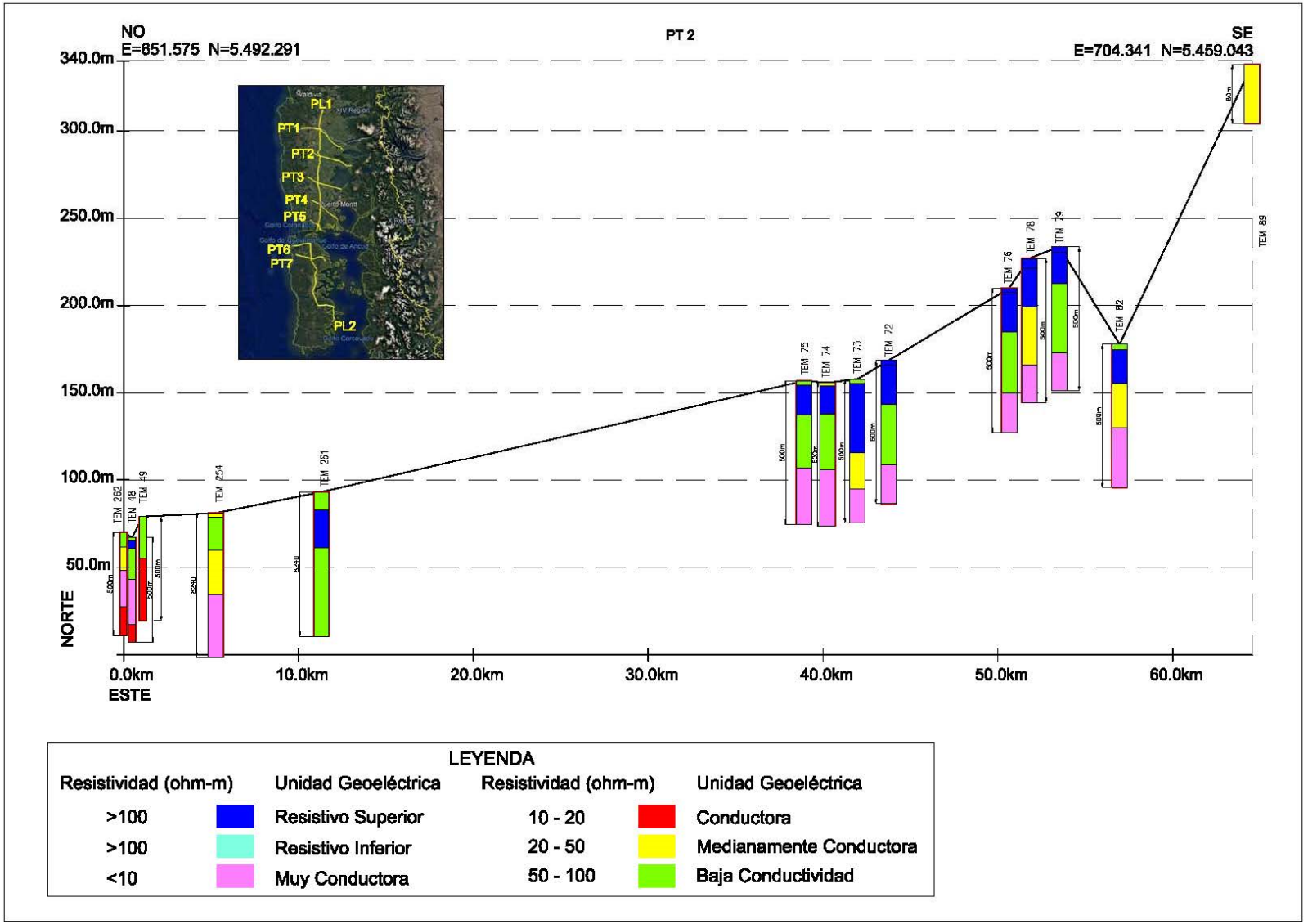


Figura 7.2-13 Perfil Transversal 3, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

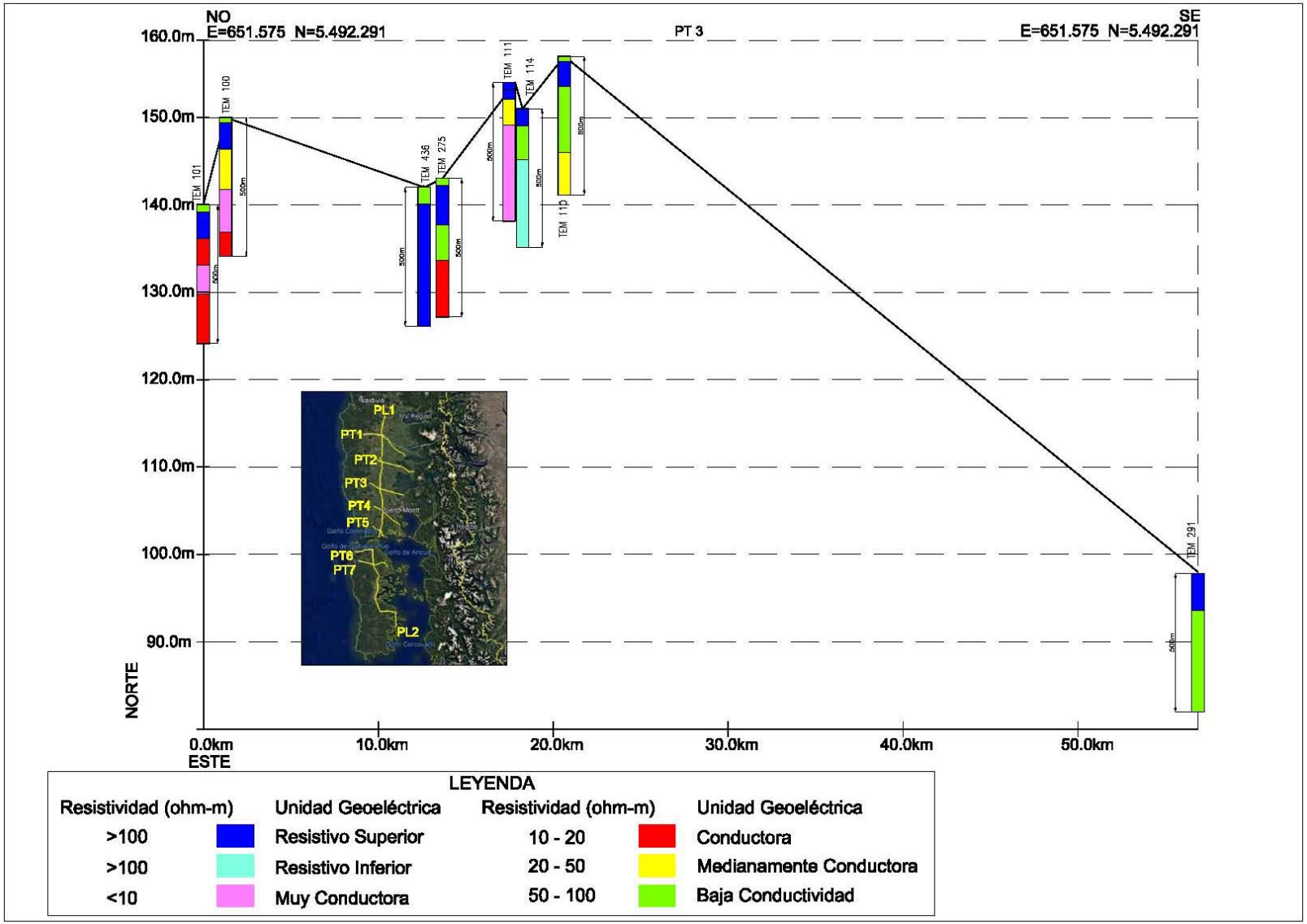


Figura 7.2-14 Perfil Transversal 4, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

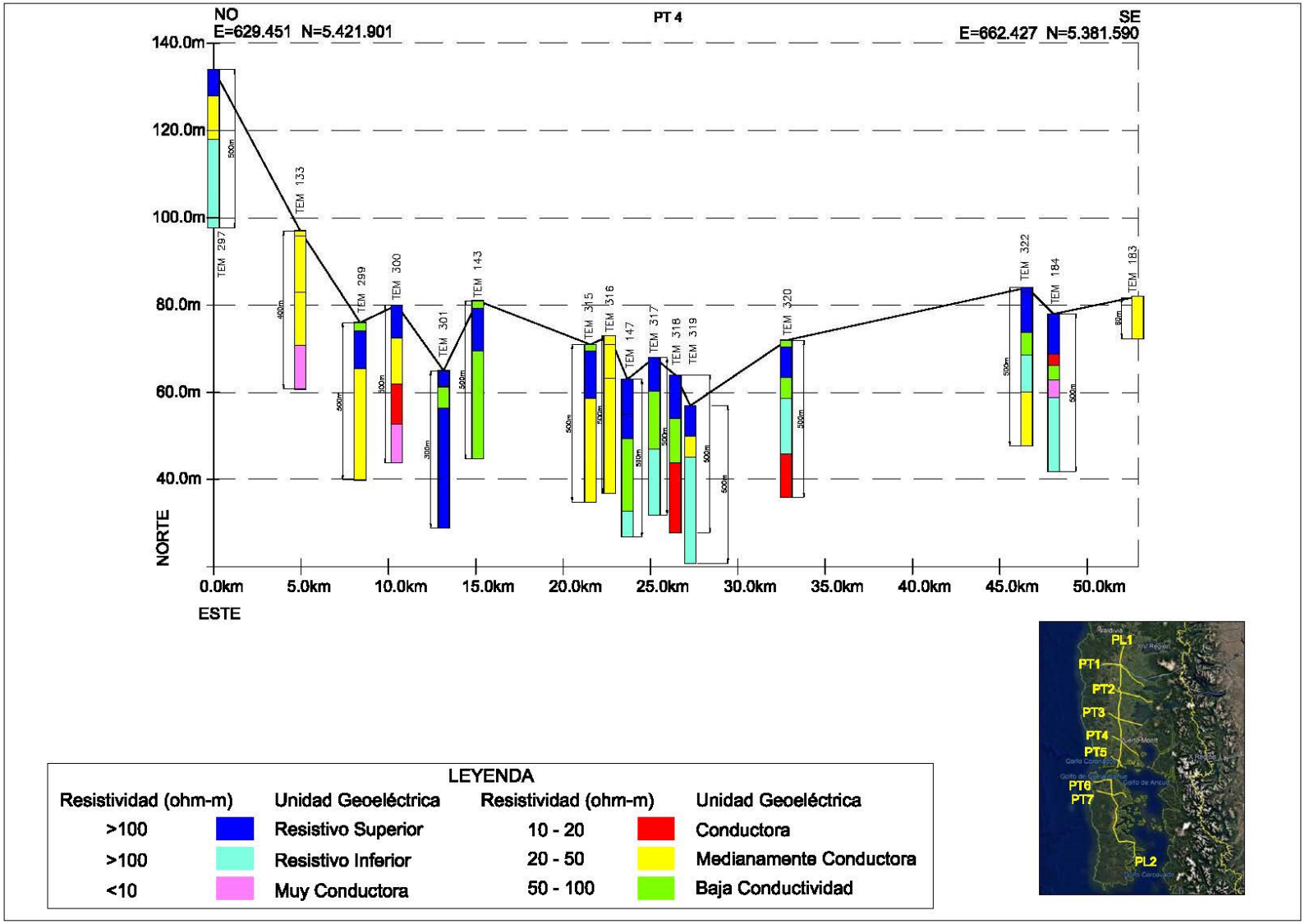


Figura 7.2-15 Perfil Transversal 5, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

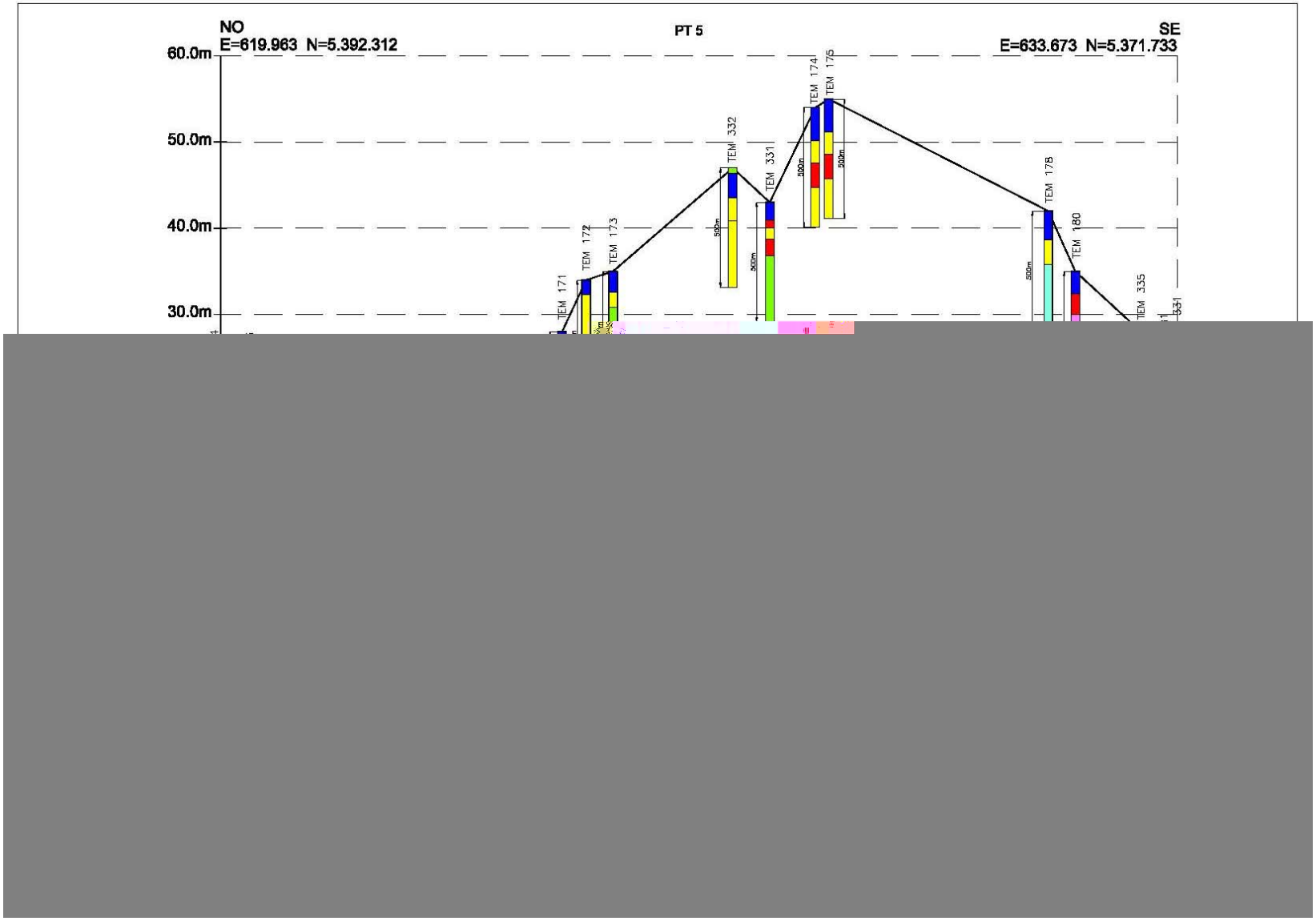


Figura 7.2-16 Perfil Longitudinal 2, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

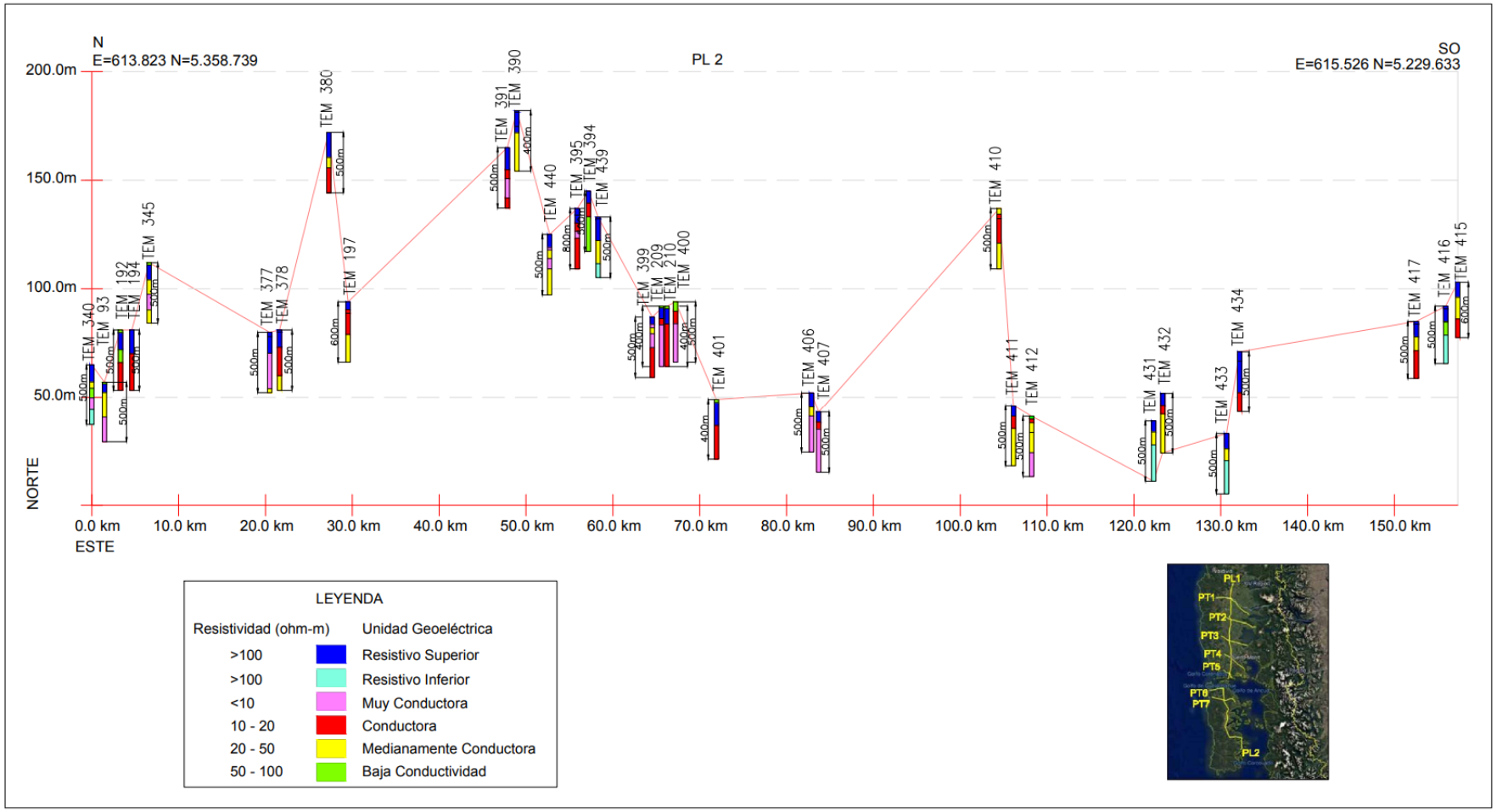
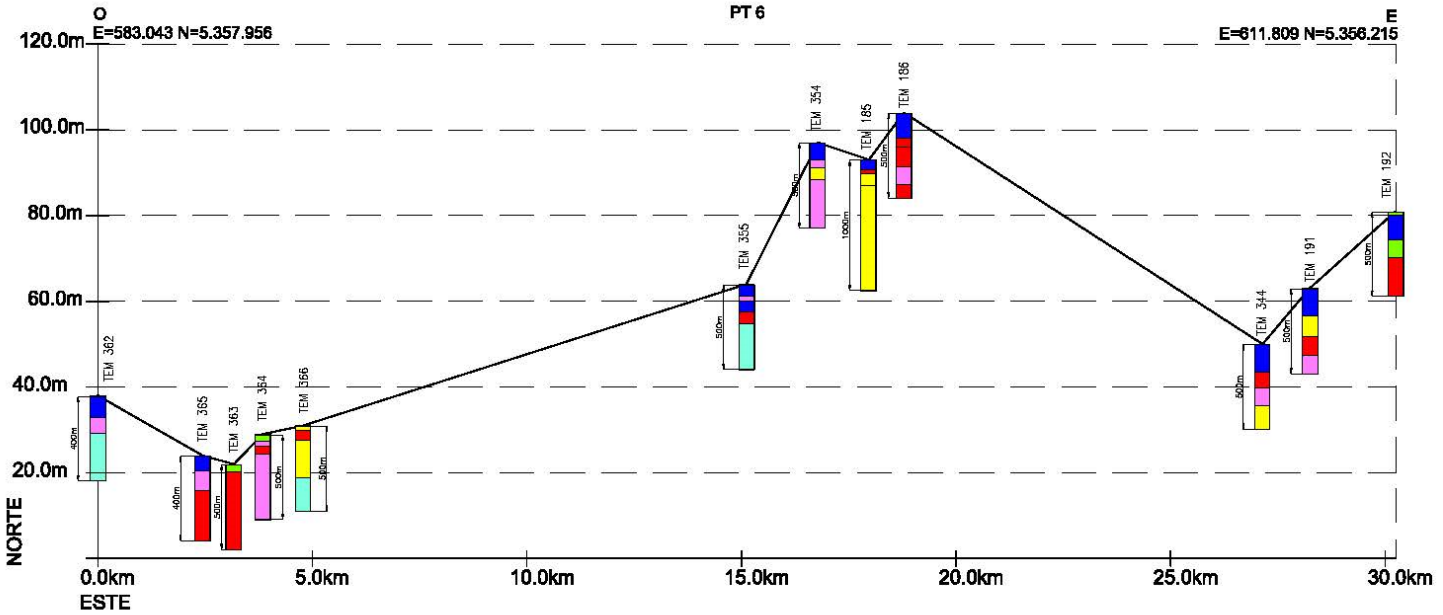


Figura 7.2-17 Perfil Transversal 6, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas

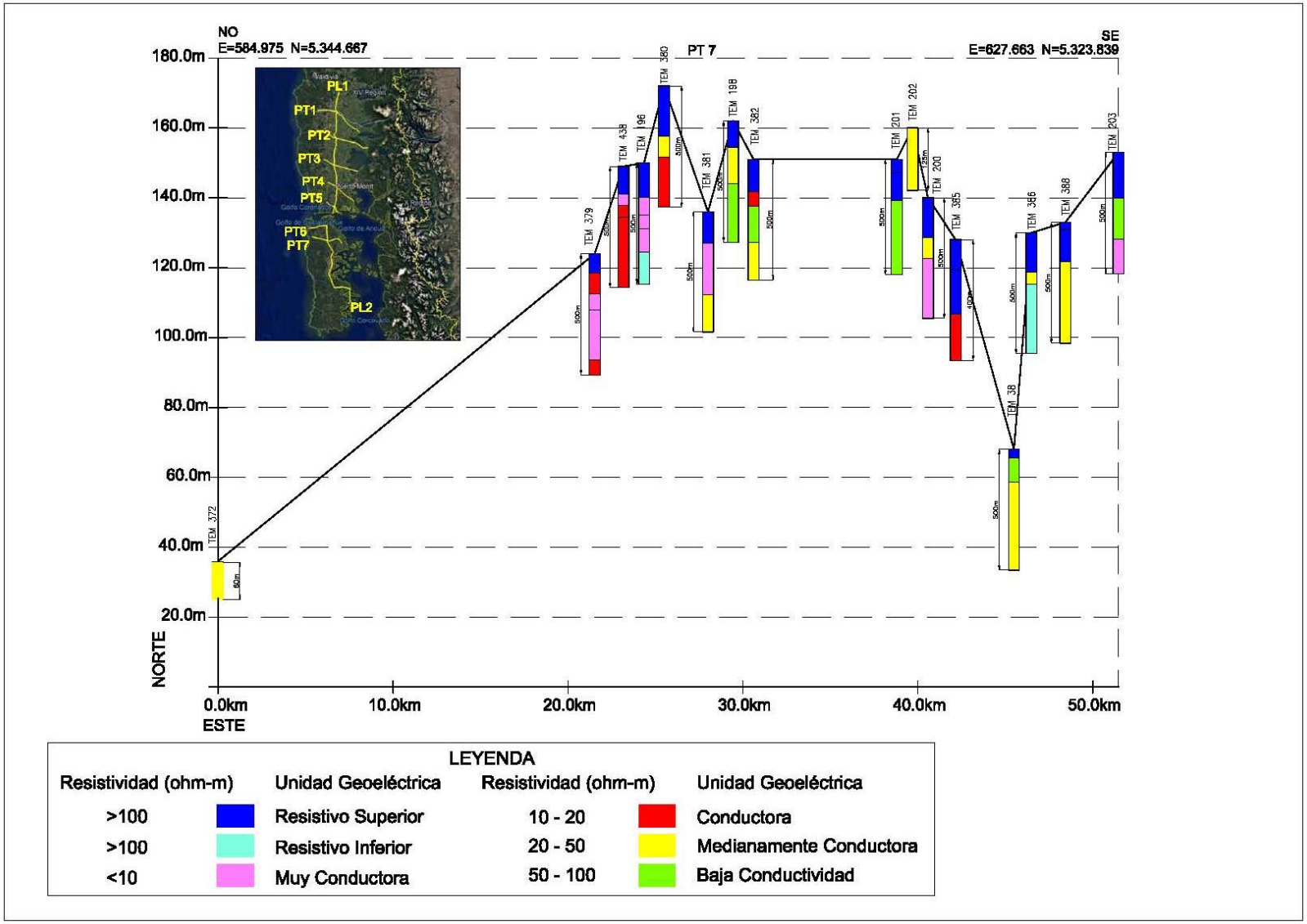




LEYENDA

Resistividad (ohm-m)	Unidad Geoeléctrica	Resistividad (ohm-m)	Unidad Geoeléctrica
>100	Resistivo Superior	10 - 20	Conductora
>100	Resistivo Inferior	20 - 50	Medianamente Conductora
<10	Muy Conductora	50 - 100	Baja Conductividad

Figura 7.2-18 Perfil Transversal 7, Estaciones TEM y Unidades Geoeléctricas Identificadas



7.3. Muestreo de Aguas Superficiales y Subterráneas para Análisis de Calidad Físico Química y Bacteriológica

En todos aquellos sectores donde se contemple llevar a cabo los proyectos de riego, **y que no se cuente con información de calidad de agua subterránea y/o superficial**, se procederá a tomar muestras de agua in situ para su posterior análisis de calidad según la norma de riego Nch 1333 of 78.

Tabla 7.3-1 Norma Nch 1333 of 78, Uso Riego

INDICADOR	UNIDAD	EXPRESIÓN	REQUISITO
pH	Unidad	pH	5,5 – 9,0
Aluminio	mg/l	Al	5,00
Arsénico	mg/l	As	0,10
Bario	mg/l	Ba	4,00
Berilio	mg/l	Be	0,10
Boro	mg/l	Bo	0,75
Cadmio	mg/l	Cd	0,01
Carbaril	µg/l		70,00
Cianuro	mg/l	CN	0,20
Cloruros	mg/l	Cl-	200,00
Cobalto	mg/l	Co	0,05
Cobre	mg/l	Cu	0,20
Cromo	mg/l	Cr	0,10 (1)
Hierro	mg/l	Fe	5,00
Fluoruros	mg/l		1,00
Litio	mg/l	Li	2,50
Litio (cítricos)	mg/l	Li	0,075
Manganeso	mg/l	Mn	0,20
Mercurio	mg/l	Hg	0,001
Molibdeno	mg/l	Mo	0,01
Níquel	mg/l	Ni	0,20
Plata	mg/l	Ag	0,20
Plomo	mg/l	Pb	5,00
Selenio	mg/l	Se	0,02
Sodio	%	Na	35,00
Sulfatos	mg/l	SO_4^{-2}	250,00
Vanadio	mg/l	Vn	0,10
Zinc	mg/l	Zn	2,00
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	CF	1000

NOTA:

(1) : En aguas de riesgo destinadas a verduras y frutas que se desarrollan a ras del suelo y que habitualmente se consumen en estado crudo.

(2) : El sodio porcentual es la relación entre la concentración del ión sodio y la suma de las concentraciones de los iones sodio, calcio, magnesio y potasio expresadas en miliequivalentes por litro, de acuerdo a la expresión siguiente: Na% = (Na / (Na+Ca+Mg+K)) x 100

En relación al contenido de pesticidas presentes en las aguas: para el caso de los Herbicidas es la autoridad competente la que se debe pronunciar en cada caso específico; para el caso de los Insecticidas, no se considera que tengan efectos perniciosos en aguas para riego.

Cuando se tome la muestra de agua subterránea desde un pozo (o noria), se contempla un bombeo previo de al menos 15 minutos, de modo de no tomar una muestra de agua estancada.

Para el caso del muestreo de aguas superficiales, algunas recomendaciones para llevar a cabo dichos muestreos son:

- Es fundamental determinar la mejor ubicación posible para el muestreo, poniendo atención en que la muestra sea lo más representativa posible.

- Evitar condiciones de turbulencia, tales como rápidos, remolinos, cascadas, saltos, etc.,

- No se deben tomar muestras en sectores de aguas detenidas, remansos, excesiva vegetación, etc.

- En todos los tipos de muestreo se debe ambientar la botella junto con la tapa por 3 veces, enjuagándolas con la misma agua a ser muestreada. Luego se debe llenar las ¾ partes de la botella, a contracorriente, tapar firmemente y etiquetar registrando siempre los siguientes datos en la botella: Número de muestra, Lugar de Muestreo, Fecha y Hora, Coordenadas UTM WGS 84.

- A las muestras obtenidas de aguas superficiales se les adicionará el preservante correspondiente de acuerdo al análisis a efectuar en el Laboratorio Ambiental y siguiendo las recomendaciones para preservación de muestras de aguas según la Nch 411/3.

- De acuerdo con lo señalado por los laboratorios de calidad de agua, el tiempo máximo entre la toma de muestra y la llegada de ésta al laboratorio no debe exceder de las 24 horas.

8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

8.1. Hidrología superficial

8.1.1. Análisis de precipitaciones mensuales y anuales

En este numeral se presenta tanto el desarrollo del análisis estadístico de precipitaciones mensuales y anuales, como las curvas de variación estacional asociadas.

8.1.1.1. Antecedentes recopilados

Se consideraron las estaciones pluviométricas de la red hidrométrica DGA que cumplen con las siguientes condiciones:

i. Localización: aquellas que se encuentran en las cercanías del área general del interés del estudio y/o sean útiles para efectos de correlación entre estaciones.

ii. Series de precipitaciones mensuales: aquellas que cuentan con registros históricos de longitud mínima aceptable y escasez de vacíos; se ha considerado una longitud de datos medidos aceptable de 15 años como mínimo, salvo excepciones justificadas.

iii. Vigencia: se consideran indistintamente las estaciones vigentes y suspendidas, siempre que cumplan con lo establecido en los puntos (i) y (ii) precedentes.

iv. Grado de actualización de las series: sin perjuicio de los puntos precedentes, se consideran preferentemente –salvo excepciones que lo justifiquen– aquellas estaciones que poseen registros a la fecha actual.

De esta forma, las estaciones pluviométricas que se consideraron para el proceso estadístico son las que se indican en la Tabla 8.1-1, totalizando 15 estaciones seleccionadas.

Tabla 8.1-1: Estaciones pluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de precipitaciones mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S)

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

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

La ubicación de las estaciones pluviométricas puede observarse en la siguiente página en la Figura 8.1-1, además se incluyen en el Plano 8.1-1, junto a las estaciones fluviométricas.

En el acápite 4.1.2 se detallan las características de los registros (longitud, distribución, etc.); los datos originales de precipitaciones extraídas del BNA de la DGA se incluyen en el Anexo 4-2 digital.

Figura 8.1-1 Estaciones Pluviométricas



COD. EST. (BNA)	NOMBRE	ESTADO	UTM ESTE	UTM NORTE
10701001-7	LAGO ESPOLON	Vigente	749.082	5.210.291
10704001-9	PALENA	Vigente	739.273	5.165.292
10940002-9	RUPANCO	Vigente	695.230	5.483.470
10950001-K	PUYEHUE	Vigente	695.087	5.442.661
10355001-7	PURRANQUE	Vigente	650.583	5.466.249
10360002-2	ADOLFO MATTHEI	Vigente	659.967	5.504.864
10371001-4	TRINIDAD	Vigente	632.886	5.535.840
10410004-K	FRUTILLAR	Vigente	662.522	5.445.017
10417001-3	MAULLIN	Vigente	616.409	5.391.038
10420001-7	PUERTO MONTT	Vigente	671.997	5.407.771
10900001-9	QUEMCHI	Vigente	625.977	5.333.107
10901002-2	CASTRO	Suspendida	600.534	5.296.285
10903003-1	ANCUD	Vigente	597.772	5.364.464
10904005-9	CHEPU	Vigente	584.662	5.344.212
10906004-6	CUCAO	Vigente	572.916	5.280.800

Fuente: Elaboración Propia

8.1.1.2. Caracterización general de la calidad de las series estadísticas consideradas

En general, las series históricas seleccionadas según los criterios señalados en el numeral 8.1.1.1, muestran las siguientes características:

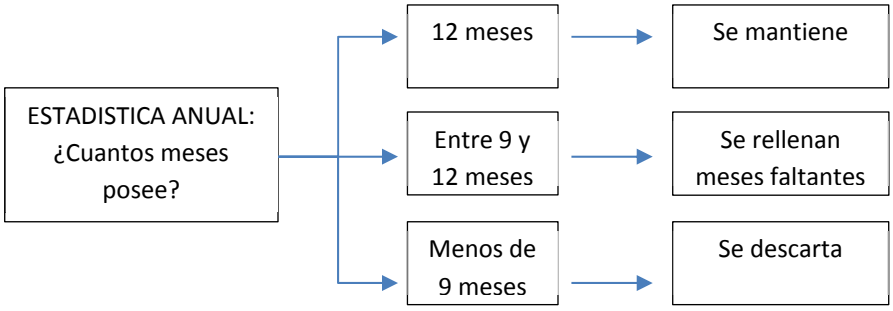
a) La estación pluviométrica cuya serie observada presenta las mejores características de calidad corresponde a la de Puerto Montt (Cód. BNA: 10425001-7), cuya data se remonta, de forma cuasi continua desde el año 1977. Esto le permite ser la serie histórica más larga y completa de la X Región, por lo que se le ha designado como Estación Patrón.

b) La mayoría de las estaciones pluviométricas seleccionadas poseen datos observados hasta la fecha actual, con la sola excepción de la estación Castro (Cód. BNA: 10901002-2), cuya serie pluviométrica debió ser extrapolada.

8.1.1.3. Relleno y extensión de estadísticas

Para efectos del relleno y extensión de las estadísticas pluviométricas, se trabajó para el período entre 1987 y 2016 (30 años).

Para los años con información mensual parcial, se debe evaluar la factibilidad de rellenar los datos mensuales, siguiendo el siguiente esquema:



El relleno de las estadísticas de precipitaciones se hará a través de los denominados módulos pluviométricos, según el cual, en una estación pluviométrica, la relación entre la precipitación

P_x desconocida de un mes m y el promedio de las precipitaciones de ese mes, puede ser aproximada a la misma relación existente en una estación vecina. En el cálculo de los promedios se deben considerar los mismos años.

La relación más general empleada en este método tiene la siguiente forma:

$$\frac{P_x}{M_x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{P_i}{M_i}$$

donde:

n : Número de estaciones vecinas consideradas
P_x : Precipitación mensual de la estación que se está rellenando
M_x : Promedio de precipitaciones en el mes, de la estación que se está rellenando
P_i : Precipitación mensual de la estación "i"
Mi : Promedio de precipitaciones en el mes, de la estación "i".

Es importante señalar que, en la aplicación del método, los valores de entrada utilizados corresponden en su totalidad a mediciones reales, descartándose los caudales mensuales generados por fórmulas.

Al efectuar el relleno de la estadística mensual, los pares de estaciones fueron seleccionados bajo los criterios usuales en este tipo de cálculo, priorizando entonces las estaciones que fueran similares en los siguientes aspectos: ubicación de cuenca hidrográfica, régimen hidrológico de la cuenca, altitud de la estación, morfología de la cuenca, entre otros.

Asimismo, se permite el uso de datos cruzados, es decir, que dos estaciones se rellenen entre sí, siempre que no exista traslape entre los períodos de relleno. En la siguiente tabla se muestran los pares de estaciones considerados para el relleno:

Tabla 8.1-2: Caudales Medios Anuales, se incluyen años rellenados.

Estación Rellenada	Estación de Referencia
Maullín	Rupanco
Puerto Montt	Maullín
Purranque	Adolfo Matthei
Rupanco	Adolfo Matthei
Castro	Puerto Montt
Ancud	Puerto Montt
Cucao	Chepu
Lago Espolón	Ancud
Palena	Fresia

Luego de finalizado el proceso de relleno de los meses faltantes, la estadística anual disponible, incluyendo los años completados es la siguiente:

Tabla 8.1-3: Precipitaciones Anuales – Relleno con Módulos Pluviométricos (mm)

AÑO	Maullín	Puerto Montt	Purranque	Frutillar	Fresia	Rupanco	Adolfo Matthei	Trinidad	Quemchi	Castro	Ancud	Chepu	Cucao	Lago Espolón	Palena
1987	1.642,5	1.595,5					1.324,2								
1988	1.361,5	1.337,7					897,8								
1989	1.706,0	1.674,2					1.082,5								
1990	1.786,0	1.862,9					1.306,2								
1991	1.861,5	1.772,2					1.340,7								
1992	1.883,4	1.956,5					1.339,8			1.691,2	2.228,1				
1993	1.800,5	1.687,5					1.630,2			1.650,1	2.135,0				
1994	2.325,1	2.081,9		1.511,4	1.873,3	2.221,2	1.388,7			2.203,0	2.383,4				
1995	1.743,6	1.776,6		1.492,9	1.578,4	1.626,9	1.242,8			1.641,3	1.820,9				
1996	1.508,3	1.625,2		1.223,9	1.330,3	1.495,0	997,1			1.639,4	2.050,3				
1997	2.167,7	2.377,8		1.899,4	2.111,2	1.940,3	1.506,2			1.822,3			1.930,3		
1998	1.361,4	1.279,4		1.055,0	1.135,5	1.130,8	868,7	983,3		1.318,2	1.401,1		1.424,4		
1999	1.400,5	1.809,7	849,0	1.170,7	1.284,7	1.544,6	1.081,0	1.447,0		1.782,4		2.353,3	1.679,7		
2000	2.017,9	2.152,2	1.351,0	1.583,9	1.673,3	1.925,5	1.438,5	1.769,5	2.344,8	1.633,5	2.628,7	2.687,6	2.152,9		
2001	1.819,3	2.056,7	1.310,1	1.390,7	1.700,0	1.739,3	1.289,9	1.790,7	2.669,0	2.013,6	2.209,3	2.773,3	2.333,1	2.838,9	1.919,8
2002	2.402,3	2.598,0	1.626,6	1.763,5	2.067,9	2.167,1	1.672,5	2.076,6	3.106,5	2.498,2	2.662,1	3.338,4	2.608,6	3.584,6	2.081,4
2003	1.334,2	1.812,2	1.266,8	1.426,2	1.489,2	1.386,0	1.169,5	1.543,0	2.095,3	1.947,1	2.094,8	2.631,0	2.115,7	2.678,2	1.664,0
2004	1.454,8	2.303,9	1.379,1	1.554,9	1.523,9	1.660,4	1.323,1	1.684,2	2.222,5	1.047,7	1.887,5	2.394,1	2.088,5	2.626,0	1.542,8
2005	1.899,9	2.199,9	1.607,5	1.728,4	1.879,1	1.878,3	1.399,4	1.992,5	2.375,0		2.525,3	2.757,9	2.133,6	3.329,0	1.856,2
2006	1.657,4	2.737,7	1.628,3	1.906,0	2.225,7	1.871,6	1.530,6	2.245,1	3.005,0		2.699,6	3.055,3	2.389,6	3.492,0	1.733,2
2007	615,6	1.406,9	1.351,1	1.022,5	1.364,0	1.193,1	917,7	1.271,1	1.873,0		1.874,0	1.978,3	1.823,6	2.081,0	1.275,2
2008	1.284,0	1.972,2	1.476,5	1.417,1	1.746,6	1.619,2	1.442,4	1.320,7	2.547,0		2.470,0	2.438,5	2.028,8	2.675,1	1.632,7
2009	1.199,5	1.742,8	1.198,8	1.526,6	1.681,2	1.642,3	1.251,2	1.729,4	2.324,8		2.036,4	2.185,4	2.129,0	3.018,5	1.817,0
2010	1.752,1	1.628,9	1.140,1	1.138,1	1.257,7	1.420,0	976,0	1.587,1	2.115,8		1.841,3	2.176,2	2.074,2	2.332,5	1.346,3
2011	1.817,1	2.059,5	1.360,8	1.500,1	1.554,4	1.666,9	1.199,2	1.665,8	2.447,3		2.037,5	2.570,7	2.266,9	2.538,5	1.285,6
2012	1.761,9	1.994,6	1.333,6	1.456,2	1.434,6	1.666,1	1.202,3	1.867,3	2.362,6		2.098,8	2.545,3	2.197,6	2.739,3	1.530,5
2013	1.595,2	1.898,9	1.210,0	1.461,1	1.286,4	1.665,7	1.130,3	1.839,2	2.259,7		2.020,3	2.307,7	1.937,5	2.651,0	1.567,2
2014	2.031,4	1.812,1	1.501,1	1.632,5	1.512,2	1.798,0	1.370,2	2.162,9	2.737,9		2.345,1	2.720,3	1.970,4	2.532,7	1.373,7
2015	1.979,3	1.527,8	1.256,0	1.417,5	1.370,6	1.595,1	1.136,7	1.863,9	2.513,5		2.149,5	2.532,7	2.091,9	2.510,0	1.484,8
2016	1.170,8	1.050,3	874,3	1.046,5	1.292,5	1.126,8	761,3	1.358,1	1.629,8		1.470,5	1.751,6	1.168,6	1.576,0	935,4
PROMEDIO	1.678,0	1.859,7	1.319,5	1.459,3	1.551,1	1.662,9	1.240,6	1.725,5	2.333,2	1.758,7	2.119,4	2.454,8	2.005,8	2.607,2	1.506,8

Rellenado con Módulos Pluviométricos

Con los datos de precipitaciones anuales observadas, se efectuaron correlaciones entre pares de estaciones. A partir de las gráficas obtenidas y sus respectivas ecuaciones de regresión y

coeficientes de correlación (R^2), se buscó la serie de pares de estaciones que tuviesen el mejor ajuste entre sí. Los resultados de dicho análisis se muestran en la Tabla 8.1-4, en términos de la pendiente ajustada, el intercepto de la recta y el coeficiente de correlación respectivo.

Tabla 8.1-4: Correlaciones de precipitación anual entre estaciones (mejores resultados)

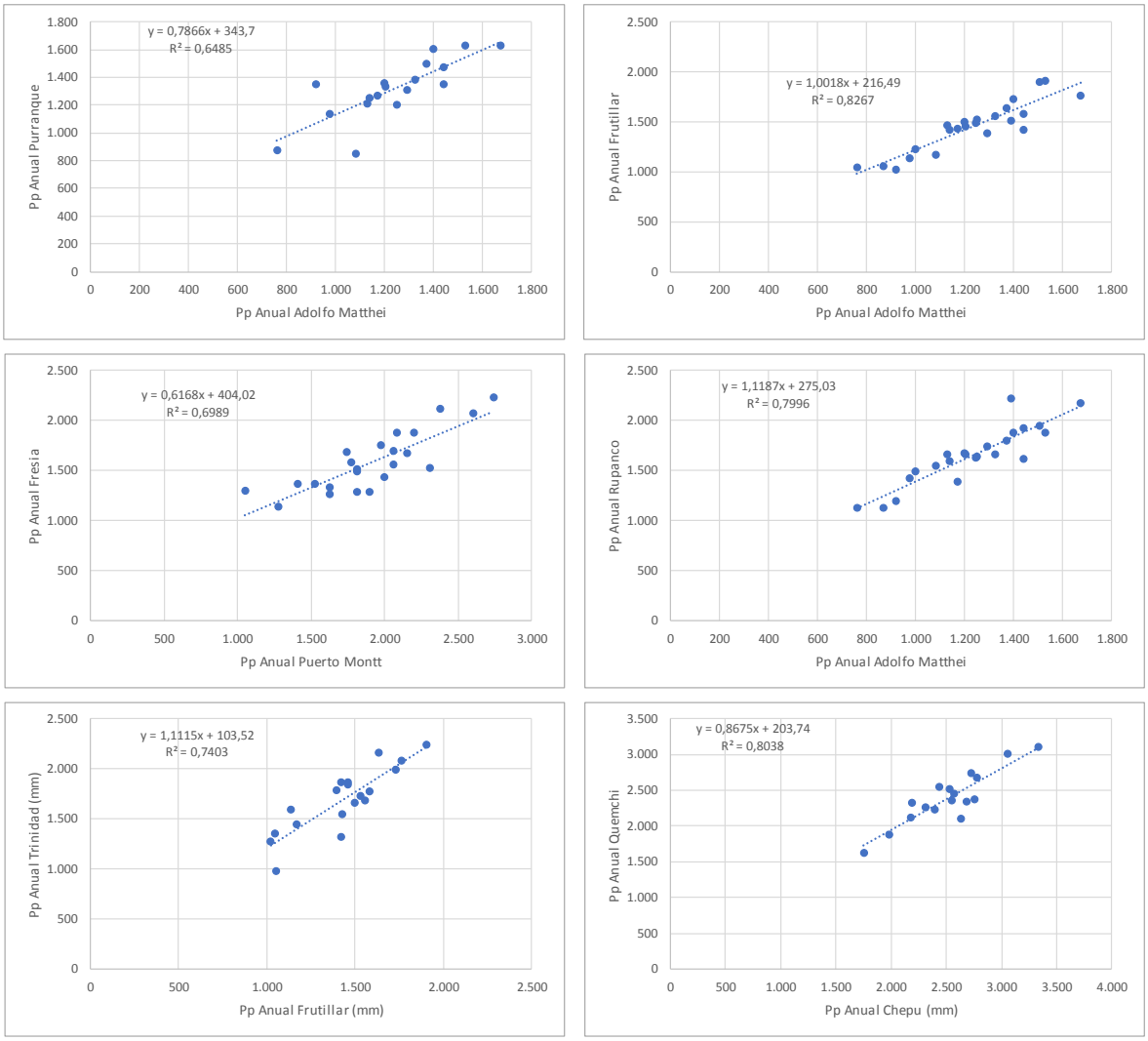
ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA		PENDIENTE	INTERCEPTO	COEF. DE CORR.
DEPENDIENTE (Y = f(X))	DE REFERENCIA (X)	(m_L)	(b)	(R^2)
Purranque	Adolfo Matthei	0,7866	343,70	0,6485
Frutillar	Adolfo Matthei	1,0018	216,49	0,8267
Fresia	Puerto Montt	0,6168	404,02	0,6989
Rupanco	Adolfo Matthei	1,1187	275,03	0,7996
Trinidad	Frutillar	1,1115	103,52	0,7403
Quemchi	Chepu	0,8675	203,74	0,8038
Castro	Puerto Montt	0,6598	582,18	0,4336
Ancud	Chepu	0,7573	270,97	0,7407
Chepu	Puerto Montt	0,7852	994,55	0,7228
Cucao	Chepu	0,6774	365,21	0,6844
Lago Espolón	Palena	1,5867	216,38	0,8161
Palena	Cucao	0,7402	22,08	0,6329

Ref.: Elaboración propia

Tal como se aprecia en la Tabla 8.1-4, las correlaciones varían de aceptables a buenas, con un R^2 promedio del 71%, y valores máximo y mínimo respectivos de 83% y 44%. Cabe señalar que, de todos los análisis efectuados, éstos fueron los mejores ajustes posibles de encontrar, tales que las precipitaciones anuales extrapoladas fueran lo suficientemente coherentes con los datos históricos de cada estación.

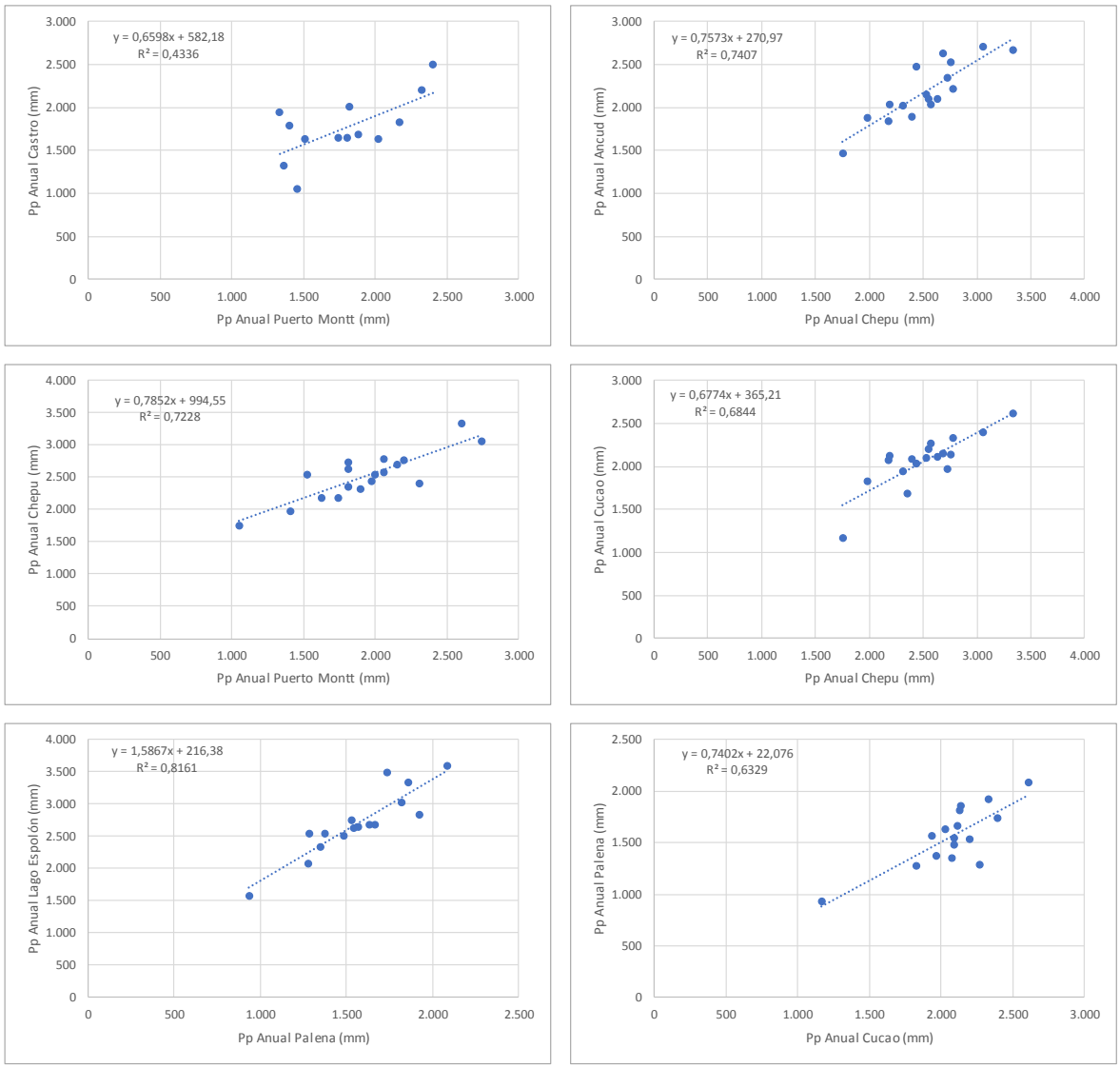
A continuación, se muestran los gráficos de las correlaciones efectuadas:

Figura 8.1-2: Correlaciones entre Estaciones



Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-3: Correlaciones entre Estaciones (cont.)



Ref.: Elaboración propia

Determinadas las correlaciones, se procedió a la extensión de las estadísticas de las estaciones consideradas. El método usado fue el siguiente:

- ✓ Método de correlación: aplica fundamentalmente para la extensión de series de precipitación anual, cuando la ausencia de datos mensuales es mayoritaria. Para esto efectos, se recurre a la ecuación de regresión lineal generada para cada ajuste entre estaciones, cuya forma general es:

$$f(x) = m_L \cdot x + b$$

donde m_L es la pendiente de la recta de regresión, x corresponde a la variable independiente y b al intercepto de la misma.

En la Tabla 8.1-5 se incluyen los caudales medios anuales rellenados y extrapolados.

Tabla 8.1-5: Precipitaciones Anuales – Datos Extendidos (mm)

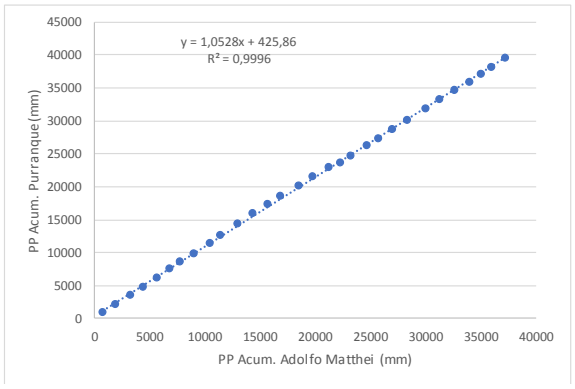
AÑO	Maullín	Puerto Montt	Purranque	Frutillar	Fresia	Rupanco	Adolfo Matthei	Trinidad	Quemchi	Castro	Ancud	Chepu	Cucao	Lago Espolón	Palena
1987	1.642,5	1.595,5	1.385,3	1.543,1	1.388,1	1.756,4	1.324,2	1.818,6	2.153,3	1.634,9	1.972,9	2.247,3	1.887,6	2.468,3	1.419,2
1988	1.361,5	1.337,7	1.049,9	1.115,9	1.229,1	1.279,4	897,8	1.343,8	1.977,7	1.464,8	1.819,6	2.044,9	1.750,4	2.307,2	1.317,7
1989	1.706,0	1.674,2	1.195,2	1.300,9	1.436,7	1.486,0	1.082,5	1.549,5	2.206,9	1.686,8	2.019,7	2.309,1	1.929,4	2.517,5	1.450,2
1990	1.786,0	1.862,9	1.371,2	1.525,0	1.553,1	1.736,3	1.306,2	1.798,6	2.335,4	1.811,3	2.131,9	2.457,3	2.029,8	2.635,3	1.524,5
1991	1.861,5	1.772,2	1.398,3	1.559,6	1.497,1	1.774,9	1.340,7	1.837,0	2.273,7	1.751,5	2.077,9	2.386,1	1.981,5	2.578,7	1.488,8
1992	1.883,4	1.956,5	1.397,6	1.558,7	1.610,8	1.773,9	1.339,8	1.836,0	2.399,2	1.691,2	2.228,1	2.530,8	2.079,6	2.693,8	1.561,4
1993	1.800,5	1.687,5	1.626,0	1.849,6	1.444,9	2.098,7	1.630,2	2.159,4	2.216,0	1.650,1	2.135,0	2.319,6	1.936,5	2.525,8	1.455,5
1994	2.325,1	2.081,9	1.436,1	1.511,4	1.873,3	2.221,2	1.388,7	1.783,4	2.484,6	2.203,0	2.383,4	2.629,3	2.146,3	2.772,1	1.610,7
1995	1.743,6	1.776,6	1.321,3	1.492,9	1.578,4	1.626,9	1.242,8	1.762,9	2.276,7	1.641,3	1.820,9	2.389,6	1.983,9	2.581,4	1.490,6
1996	1.508,3	1.625,2	1.128,0	1.223,9	1.330,3	1.495,0	997,1	1.463,9	2.173,5	1.639,4	2.050,3	2.270,7	1.903,4	2.486,8	1.430,9
1997	2.167,7	2.377,8	1.528,5	1.899,4	2.111,2	1.940,3	1.506,2	2.214,7	2.686,2	1.822,3	2.438,1	2.861,6	1.930,3	2.518,5	1.450,9
1998	1.361,4	1.279,4	1.027,0	1.055,0	1.135,5	1.130,8	868,7	983,3	1.938,0	1.318,2	1.401,1	1.999,1	1.424,4	1.924,3	1.076,4
1999	1.400,5	1.809,7	849,0	1.170,7	1.284,7	1.544,6	1.081,0	1.447,0	2.245,2	1.782,4	2.053,1	2.353,3	1.679,7	2.224,1	1.265,4
2000	2.017,9	2.152,2	1.351,0	1.583,9	1.673,3	1.925,5	1.438,5	1.769,5	2.344,8	1.633,5	2.628,7	2.687,6	2.152,9	2.779,9	1.615,7
2001	1.819,3	2.056,7	1.310,1	1.390,7	1.700,0	1.739,3	1.289,9	1.790,7	2.669,0	2.013,6	2.209,3	2.773,3	2.333,1	2.838,9	1.919,8
2002	2.402,3	2.598,0	1.626,6	1.763,5	2.067,9	2.167,1	1.672,5	2.076,6	3.106,5	2.498,2	2.662,1	3.338,4	2.608,6	3.584,6	2.081,4
2003	1.334,2	1.812,2	1.266,8	1.426,2	1.489,2	1.386,0	1.169,5	1.543,0	2.095,3	1.947,1	2.094,8	2.631,0	2.115,7	2.678,2	1.664,0
2004	1.454,8	2.303,9	1.379,1	1.554,9	1.523,9	1.660,4	1.323,1	1.684,2	2.222,5	1.047,7	1.887,5	2.394,1	2.088,5	2.626,0	1.542,8
2005	1.899,9	2.199,9	1.607,5	1.728,4	1.879,1	1.878,3	1.399,4	1.992,5	2.375,0	2.033,7	2.525,3	2.757,9	2.133,6	3.329,0	1.856,2
2006	1.657,4	2.737,7	1.628,3	1.906,0	2.225,7	1.871,6	1.530,6	2.245,1	3.005,0	2.388,5	2.699,6	3.055,3	2.389,6	3.492,0	1.733,2
2007	615,6	1.406,9	1.351,1	1.022,5	1.364,0	1.193,1	917,7	1.271,1	1.873,0	1.510,5	1.874,0	1.978,3	1.823,6	2.081,0	1.275,2
2008	1.284,0	1.972,2	1.476,5	1.417,1	1.746,6	1.619,2	1.442,4	1.320,7	2.547,0	1.883,4	2.470,0	2.438,5	2.028,8	2.675,1	1.632,7
2009	1.199,5	1.742,8	1.198,8	1.526,6	1.681,2	1.642,3	1.251,2	1.729,4	2.324,8	1.732,1	2.036,4	2.185,4	2.129,0	3.018,5	1.817,0
2010	1.752,1	1.628,9	1.140,1	1.138,1	1.257,7	1.420,0	976,0	1.587,1	2.115,8	1.656,9	1.841,3	2.176,2	2.074,2	2.332,5	1.346,3
2011	1.817,1	2.059,5	1.360,8	1.500,1	1.554,4	1.666,9	1.199,2	1.665,8	2.447,3	1.941,0	2.037,5	2.570,7	2.266,9	2.538,5	1.285,6
2012	1.761,9	1.994,6	1.333,6	1.456,2	1.434,6	1.666,1	1.202,3	1.867,3	2.362,6	1.898,2	2.098,8	2.545,3	2.197,6	2.739,3	1.530,5
2013	1.595,2	1.898,9	1.210,0	1.461,1	1.286,4	1.665,7	1.130,3	1.839,2	2.259,7	1.835,1	2.020,3	2.307,7	1.937,5	2.651,0	1.567,2
2014	2.031,4	1.812,1	1.501,1	1.632,5	1.512,2	1.798,0	1.370,2	2.162,9	2.737,9	1.777,8	2.345,1	2.720,3	1.970,4	2.532,7	1.373,7
2015	1.979,3	1.527,8	1.256,0	1.417,5	1.370,6	1.595,1	1.136,7	1.863,9	2.513,5	1.590,2	2.149,5	2.532,7	2.091,9	2.510,0	1.484,8
2016	1.170,8	1.050,3	874,3	1.046,5	1.292,5	1.126,8	761,3	1.358,1	1.629,8	1.275,2	1.470,5	1.751,6	1.168,6	1.576,0	935,4
PROMEDIO	1.678,0	1.859,7	1.319,5	1.459,3	1.551,1	1.662,9	1.240,6	1.725,5	2.333,2	1.758,7	2.119,4	2.454,8	2.005,8	2.607,2	1.506,8

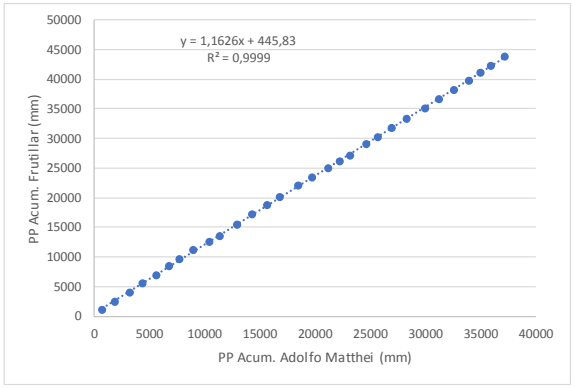
Rellenado con correlaciones

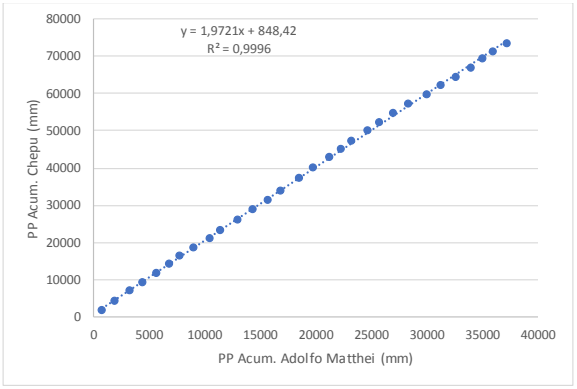
Para verificar la consistencia de las operaciones de extensión y relleno estadístico, se recurrió a la elaboración de las denominadas Curvas Doble-Acumuladas, esto es, a través de ellas y su grado de ajuste a una ecuación lineal (coeficiente de correlación, R^2).

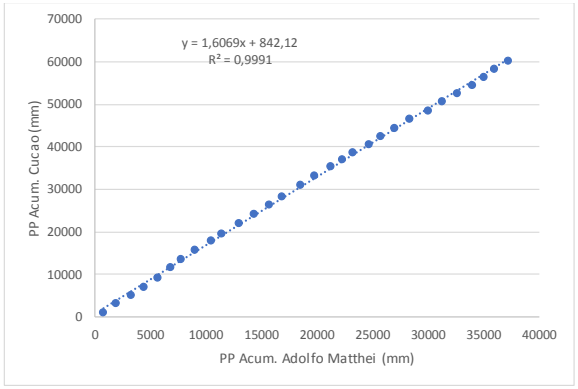
En la Figura 8.1-4 se presentan las curvas mencionadas, usando como estación "Patrón" la estación Adolfo Matthei, al estar ubicada en un sector representativo de la región y contar con la estadística más completa. Tal como se aprecia, los coeficientes R^2 obtenidos oscilan por sobre el 96 y 99%, lo que permite señalar que existe un buen comportamiento de los datos rellenados y extendidos.

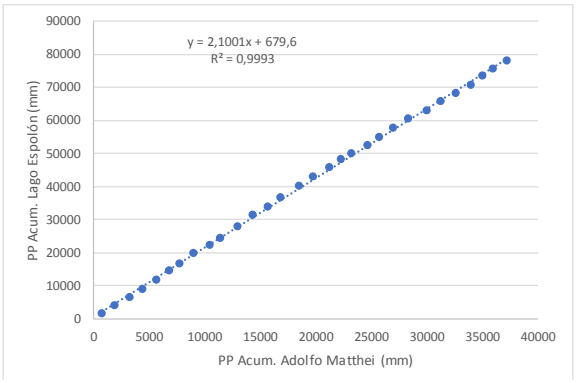
Figura 8.1-4: Curvas Doble-Acumuladas

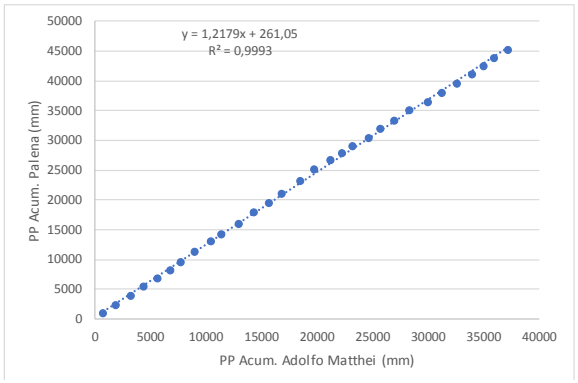


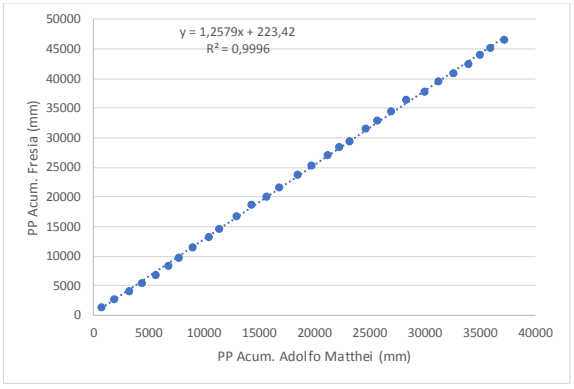


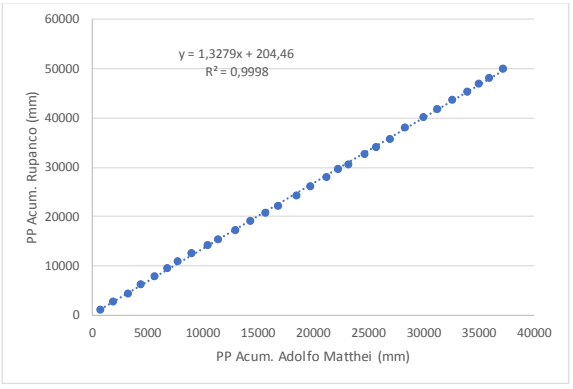


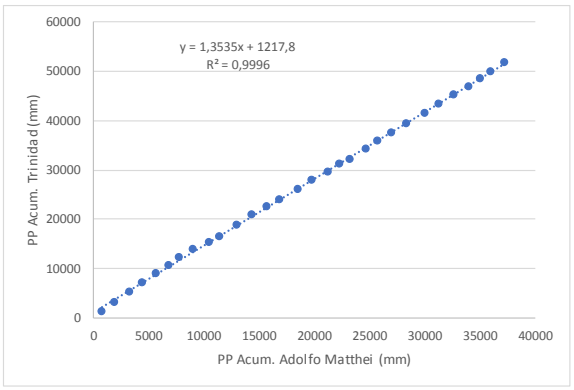


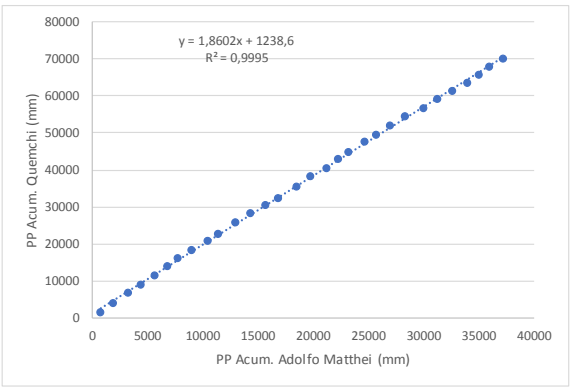


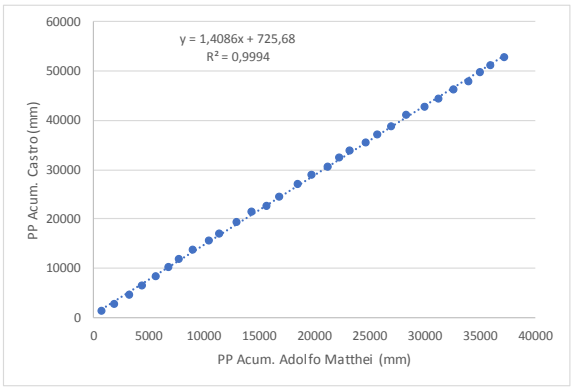


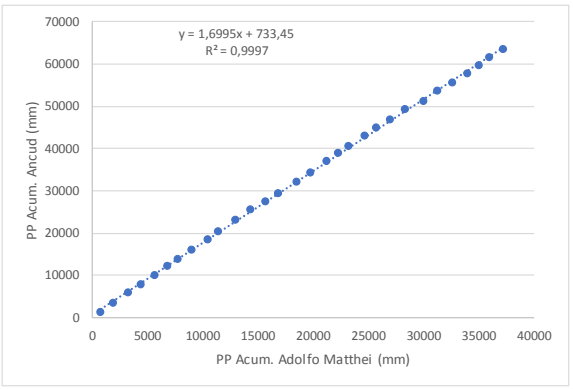












Realizado la extensión de la estadística de caudales medios anuales por medio de correlaciones entre estaciones, se tiene la serie completa de los 30 años en estudio. Luego, la estadística anual es utilizada para el relleno de la estadística mensual incompleta, lo que se efectúa por medio de la siguiente relación:

$$Pp_Y^{Año,mes} = \frac{Pp_X^{Año,mes}}{Pp_X^{Año}} \cdot Pp_Y^{Año}$$

donde:

$Pp_Y^{Año, mes}$: caudal medio mensual a estimar para el año y mes de la estación requerida (estación *Y*).

$Pp_X^{Año, mes}$: caudal medio mensual de la estación de referencia (estación *X*) en el mes y año requeridos.

$Pp_X^{Año}$: caudal medio anual correspondiente en la estación X.

$Pp_Y^{Año}$: caudal medio anual correspondiente en la estación Y, estimado previamente por correlación a partir de los datos de la estación X.

Además, se debe verificar que siempre el caudal medio anual de cada estación ($Pp_X^{Año}$) sea igual al promedio de los caudales medios mensuales correspondientes ($Pp_{X,i}$), es decir:

$$Pp_X^{Año} = \sum_{i=1}^{12} Pp_{X,i}$$

en que *X* hace referencia a una estación en específico y el subíndice *i* al correlativo de los meses del año que corresponda. Dicha condición se cumple a medida que los datos mensuales sean en su mayoría resultado del relleno mensual, mientras que, si un año posee la mayoría de los meses con datos observados, se deben corregir los valores mensuales de forma que el promedio de ellos sea igual al valor obtenido de la correlación.

Una vez aplicadas las relaciones descritas, se obtiene la estadística mensual completa para todas las estaciones en el período 1987-2016 (30 años).

A continuación, se presentan las tablas detalladas con los caudales medios mensuales, con la siguiente leyenda de colores:

Rellenado con Módulos Pluviométricos
Rellenado con correlaciones
Rellenado con correlaciones y con ajuste de valores mensuales

Tabla 8.1-6: Precipitaciones Mensuales - Estación Maullín (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	35,5	63,5	117,0	184,0	150,5	189,0	321,5	150,5	168,5	122,5	55,0	85,0	1642,5
1988	79,5	24,5	126,5	117,0	119,5	249,0	102,5	206,0	93,0	106,5	43,5	94,0	1361,5
1989	67,5	54,0	118,5	114,0	87,5	192,0	225,0	350,5	127,0	76,5	94,5	199,0	1706,0
1990	61,5	97,5	124,0	176,5	273,5	229,5	192,0	129,5	201,0	125,5	92,5	83,0	1786,0
1991	88,5	70,5	120,5	119,0	252,0	130,0	202,5	190,5	212,5	116,5	122,0	237,0	1861,5
1992	14,0	128,0	146,5	163,5	223,5	219,0	173,5	106,0	217,0	228,5	94,9	169,0	1883,4
1993	62,5	50,5	144,5	319,5	217,0	285,6	217,0	118,5	77,0	106,5	117,0	84,9	1800,5
1994	67,5	36,5	51,5	149,5	375,5	374,5	263,9	324,0	180,0	173,7	148,9	179,6	2325,1
1995	90,5	21,0	63,1	169,5	249,5	365,0	283,0	223,5	98,5	126,5	45,0	8,5	1743,6
1996	72,1	98,0	176,0	127,3	165,1	133,0	106,2	208,8	107,5	120,1	125,7	68,5	1508,3
1997	197,5	45,5	45,9	245,3	150,9	442,5	350,6	114,8	146,3	200,7	125,2	102,5	2167,7
1998	32,5	16,1	106,0	102,8	167,1	229,1	208,1	197,4	111,0	53,7	85,1	52,5	1361,4
1999	60,4	92,4	95,3	98,6	156,8	241,8	130,5	212,0	162,5	41,2	46,0	63,0	1400,5
2000	68,0	163,0	144,0	142,0	156,7	480,0	272,1	132,0	124,5	132,5	139,6	63,5	2017,9
2001	219,9	84,0	118,5	79,1	255,5	202,0	374,3	218,7	94,7	54,0	107,3	11,3	1819,3
2002	33,0	78,6	163,0	258,5	429,6	236,8	205,4	227,1	215,0	262,8	197,5	95,0	2402,3
2003	81,0	32,0	21,0	92,8	82,8	212,5	188,3	162,5	156,4	109,4	117,5	78,0	1334,2
2004	33,5	13,5	92,6	243,4	20,8	269,7	170,4	156,5	110,4	184,5	67,0	92,5	1454,8
2005	51,9	2,3	155,2	79,6	546,5	274,3	195,0	258,8	86,5	62,5	152,5	34,8	1899,9
2006	121,5	28,0	110,7	46,6	57,0	294,0	293,0	199,5	157,3	120,5	81,5	147,8	1657,4
2007	7,4	25,5	29,4	55,2	57,5	77,7	35,3	80,5	157,5	48,5	33,1	8,0	615,6
2008	7,0	26,5	38,6	78,5	320,0	250,6	193,8	220,2	23,9	59,0	39,3	26,6	1284,0
2009	44,5	125,0	32,6	135,8	81,7	122,3	26,8	223,7	70,6	125,3	116,0	95,2	1199,5
2010	68,0	102,3	92,5	84,0	102,7	322,7	192,3	189,0	145,6	249,0	143,5	60,5	1752,1
2011	92,0	67,0	188,9	133,0	137,5	219,6	287,0	279,5	188,1	81,5	105,0	38,0	1817,1
2012	65,5	169,5	61,0	82,5	279,2	224,6	189,6	218,2	78,2	46,0	46,5	301,1	1761,9
2013	35,0	97,7	61,5	121,4	250,5	243,6	150,0	277,0	186,8	74,0	51,2	46,5	1595,2
2014	70,5	78,6	113,0	112,5	306,6	286,9	363,5	210,6	219,0	158,2	70,5	41,5	2031,4
2015	11,5	14,0	74,0	149,0	368,0	233,4	317,2	438,5	72,0	85,0	130,0	86,7	1979,3
2016	25,0	53,5	57,2	117,0	77,3	73,1	137,1	229,5	95,0	115,0	80,1	111,0	1170,8
Promedio	65,49	65,30	99,63	136,58	203,94	243,46	212,25	208,46	136,11	118,87	95,78	92,15	1678,02
Desv. Est.	47,87	44,15	46,08	62,94	123,10	92,54	88,26	75,48	52,34	59,84	41,01	68,02	370,27

Tabla 8.1-7: Precipitaciones Anuales - Estación Puerto Montt (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	33,1	54,0	101,6	158,3	138,1	147,2	299,8	186,5	200,7	129,8	68,3	78,1	1595,5
1988	90,7	23,6	102,0	104,8	104,3	211,7	73,5	206,5	109,5	146,2	54,9	110,0	1337,7
1989	115,0	82,0	139,8	170,0	66,1	156,0	205,7	291,7	116,9	82,8	90,2	158,0	1674,2
1990	59,3	54,5	111,9	225,7	250,2	238,5	164,2	154,1	221,6	160,9	103,4	118,6	1862,9
1991	114,5	60,9	101,2	174,7	237,5	138,0	196,6	189,2	190,6	109,1	102,7	157,2	1772,2
1992	15,9	276,6	141,7	212,9	199,6	201,4	110,5	121,4	184,6	284,8	67,4	139,7	1956,5
1993	62,7	54,3	169,9	238,1	235,7	239,5	200,2	85,0	55,8	108,4	152,9	85,0	1687,5
1994	87,8	45,0	63,0	189,6	310,0	305,2	196,1	191,3	185,0	179,0	153,7	176,2	2081,9
1995	115,8	44,7	45,9	192,8	216,7	377,6	304,9	188,2	103,4	109,2	63,6	13,8	1776,6
1996	78,6	95,0	156,0	156,6	196,1	89,4	121,2	205,4	117,7	144,3	171,4	93,5	1625,2
1997	240,2	69,3	31,9	302,6	114,5	433,3	386,9	172,3	180,9	202,5	139,5	103,9	2377,8
1998	56,4	10,6	105,4	97,4	164,2	123,5	161,7	250,8	96,6	58,5	71,2	83,1	1279,4
1999	62,0	67,1	132,2	70,5	227,4	291,5	218,7	297,7	178,9	61,9	84,1	117,7	1809,7
2000	80,2	174,0	120,8	130,7	106,8	513,5	287,4	153,2	119,2	202,0	178,0	86,4	2152,2
2001	298,4	83,8	174,6	90,6	292,7	213,8	324,1	223,2	102,4	79,8	136,8	36,5	2056,7
2002	82,9	115,1	152,9	173,0	442,8	266,9	208,1	239,6	219,6	335,1	245,7	116,3	2598,0
2003	111,6	67,8	90,0	114,2	96,7	287,4	168,2	216,9	195,4	134,5	161,7	167,8	1812,2
2004	60,3	104,7	177,4	350,1	54,6	481,1	211,1	200,9	158,5	210,4	133,9	160,9	2303,9
2005	91,7	17,8	219,8	158,0	499,9	263,5	255,1	236,3	120,9	58,0	207,9	71,0	2199,9
2006	204,0	92,9	177,7	265,3	220,4	453,0	391,6	196,1	167,4	207,9	81,2	280,2	2737,7
2007	35,8	58,9	69,0	152,3	92,5	132,5	213,9	147,9	151,2	208,5	55,7	88,7	1406,9
2008	39,9	43,5	61,4	184,7	431,0	251,0	379,4	273,9	57,4	72,9	143,6	33,5	1972,2
2009	38,3	131,7	80,8	144,9	255,5	202,4	96,0	281,7	47,7	152,8	182,2	128,8	1742,8
2010	112,4	91,0	109,5	85,0	136,3	262,2	167,1	213,2	101,7	155,4	118,0	77,1	1628,9
2011	144,4	61,4	229,5	158,1	153,5	242,5	306,7	270,9	216,9	83,9	153,7	38,0	2059,5
2012	92,1	193,3	44,1	99,8	308,1	306,7	206,6	236,5	114,2	76,3	44,6	272,3	1994,6
2013	48,9	151,0	129,9	157,0	296,6	297,3	209,4	299,4	113,2	34,5	110,6	51,1	1898,9
2014	114,3	86,1	143,2	148,3	226,1	253,4	257,5	143,6	184,2	123,6	77,1	54,7	1812,1
2015	13,5	22,5	60,9	110,3	241,8	174,5	296,2	254,0	75,8	79,3	108,8	90,2	1527,8
2016	19,6	37,4	22,5	83,3	40,2	51,5	154,1	159,4	104,8	109,9	113,6	154,0	1050,3
Promedio	90,68	82,35	115,55	163,32	211,86	253,53	225,75	209,56	139,76	136,74	119,21	111,41	1859,72
Desv. Est.	64,19	57,13	53,37	65,47	113,75	112,37	83,84	54,32	51,40	69,54	49,59	62,24	371,84

Tabla 8.1-8: Precipitaciones Mensuales - Estación Purranque (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	9,5	61,9	67,1	112,5	142,0	134,2	351,4	129,5	137,9	165,9	38,2	35,3	1385,3
1988	75,9	3,6	55,2	118,6	69,7	178,6	116,9	171,3	91,7	78,6	11,6	78,2	1049,9
1989	33,2	17,9	53,2	64,8	64,4	156,2	238,0	237,5	87,9	80,5	42,4	119,1	1195,2
1990	57,1	43,6	59,8	130,8	202,4	163,8	158,8	192,1	203,6	57,4	61,2	40,5	1371,2
1991	40,7	37,1	34,1	87,6	216,6	191,2	169,1	175,5	102,2	52,3	67,3	224,7	1398,3
1992	1,1	97,6	150,0	123,6	158,8	242,7	107,5	101,4	138,1	128,2	36,5	111,9	1397,6
1993	30,7	21,1	248,1	262,4	275,3	248,3	196,7	72,8	56,3	80,1	106,6	27,6	1626,0
1994	35,0	11,8	49,4	138,2	207,2	240,6	197,7	132,5	107,6	129,7	76,9	109,4	1436,1
1995	87,8	7,5	28,8	132,6	100,5	366,5	185,7	214,0	67,3	95,4	35,2	0,0	1321,3
1996	45,5	48,5	90,7	129,5	147,7	96,3	88,2	208,5	59,5	82,0	85,0	46,5	1128,0
1997	131,0	46,4	7,7	188,9	93,8	317,7	236,5	100,1	112,5	164,2	91,2	38,5	1528,5
1998	27,1	41,5	55,7	93,6	183,8	153,3	123,0	155,5	102,1	20,7	31,7	39,0	1027,0
1999	26,8	44,7	29,9	16,7	80,2	222,7	53,5	164,6	92,9	39,1	44,6	33,3	849
2000	28,5	145,2	48	87,2	73,3	374,5	141,6	71	109,9	104,7	134,6	32,5	1351
2001	150,2	41	109,6	55,2	211,9	167,6	283,6	100	54,4	36	85,6	15	1310,1
2002	29,6	55,5	71,8	126	255,1	139,3	157	201,7	144,6	283,6	104,3	58,1	1626,6
2003	37,4	17,2	55,2	70,9	58	314,5	142,7	131,9	171,9	93,7	88,8	84,6	1266,8
2004	28,7	18,9	71,7	256,2	26,8	316,4	146,8	85,1	114,2	157,1	82,2	75	1379,1
2005	44,3	11,5	99,4	99,4	442	286,1	232,1	199,5	45,9	28,3	80,4	38,6	1607,5
2006	113,4	40	91,5	125,3	117,4	268,7	317	191	148,4	83,9	63,3	68,4	1628,3
2007	21	41,7	78,6	181,6	162	164,8	134,1	140,9	117,9	196	84,1	28,4	1351,1
2008	17,5	25,2	38,1	98,9	284,3	172,1	429,7	236,1	55,2	36,7	57,2	25,5	1476,5
2009	23,6	82,9	34,7	50	88,9	205,0	86,8	196	111,2	113,7	139	67	1198,8
2010	62,1	74,6	59,2	57,3	79,2	207,2	154,4	237,6	52,9	41,9	64	49,7	1140,1
2011	79	39	135,5	150	111	155	238,5	204,7	130,5	32,1	70	15,5	1360,8
2012	83,8	137	29,5	31,5	225,3	205,5	122,5	184	53,5	35,5	36	189,5	1333,6
2013	12	79,5	64,5	135	203,5	121,5	115,5	170,5	171,5	40	57	39,5	1210
2014	57,8	33,8	57,8	87,4	242,6	333,8	236,2	151,1	190,2	71,9	25,5	13	1501,1
2015	5,1	23,4	49	76,1	214,1	124,6	307,9	212	73	51,9	64,1	54,8	1256
2016	18,9	23,6	31,5	98,2	50,7	37,2	134,8	164,7	67	101,8	49	96,9	874,3
Promedio	47,14	45,78	68,51	112,86	159,62	210,20	186,81	164,44	105,73	89,43	67,12	61,87	1319,50
Desv. Est.	36,83	34,68	46,34	56,31	90,82	83,08	86,23	48,99	43,71	59,09	30,36	50,06	203,74

Tabla 8.1-9: Precipitaciones Mensuales - Estación Frutillar (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	10,6	69,0	74,7	125,3	158,1	149,5	391,4	144,3	153,6	184,8	42,5	39,3	1543,1
1988	80,7	3,9	58,7	126,0	74,1	189,8	124,3	182,1	97,4	83,5	12,3	83,2	1115,9
1989	36,2	19,5	57,9	70,5	70,1	170,1	259,1	258,5	95,7	87,6	46,1	129,7	1300,9
1990	63,5	48,5	66,5	145,5	225,1	182,1	176,6	213,7	226,5	63,9	68,1	45,1	1525,0
1991	45,4	41,4	38,0	97,7	241,6	213,2	188,6	195,8	114,0	58,3	75,0	250,6	1559,6
1992	1,3	108,9	167,3	137,9	177,1	270,7	119,9	113,1	154,0	143,0	40,7	124,8	1558,7
1993	36,1	24,9	291,7	308,5	323,7	291,9	231,3	85,6	52,7	80,1	86,7	36,5	1849,6
1994	61,1	21,7	59,8	142,9	198,2	239,4	148,7	165,6	124,3	143,1	97,9	108,7	1511,4
1995	74	17,8	48,1	227,8	175,7	307,3	163	229,6	86,5	107,6	38	17,5	1492,9
1996	69,1	40,8	111,5	127	195,9	88,6	82,9	187,9	83,4	65,9	111,4	59,5	1223,9
1997	180,6	53	22,4	173,5	105,6	363,5	340,3	124	132,9	199,5	128,3	75,8	1899,4
1998	38,5	9,9	75,3	77,3	174,5	124	145,2	198,9	95,6	32,4	47	36,4	1055
1999	48,5	51	60,9	41,9	143,3	256,1	119,6	202,1	123,2	34,8	52,6	36,7	1170,7
2000	47,1	167,4	65,2	113,1	95,1	422,4	179,1	115,8	100	131,5	105,1	42,1	1583,9
2001	161,2	38,2	112,1	50,6	246,2	166,4	338,7	107	66,2	24,5	78,6	1	1390,7
2002	30,5	45,1	107,8	125,8	249,5	165,8	153,1	218,5	182,8	296	116	72,6	1763,5
2003	54,5	26,5	72	96,1	65,7	319,7	161,7	147,5	187,9	96,1	120	78,5	1426,2
2004	16,2	26,5	87	236,1	63	324	245,5	120,5	113,5	159,6	110	53	1554,9
2005	62,6	26,5	117	120	396,5	267,5	212,1	261,5	85	38	118	23,7	1728,4
2006	135	43,5	98,5	183,5	126	305,8	306,2	249,5	128,5	155,5	36,5	137,5	1906
2007	7,1	27,5	29	157	96	122,5	174	153,1	86	104	35,8	30,5	1022,5
2008	37	16,1	25	64	297,5	162,5	389,5	215,5	51,5	56	78,5	24	1417,1
2009	23,5	134	49,5	0	259,5	177,6	118,5	311,5	76,5	177,5	117	81,5	1526,6
2010	65	35,1	51,5	83,1	58,7	219	136	194,8	63,6	96,2	90	45,1	1138,1
2011	57,5	30,5	147,5	197,4	118	177,8	264	229,4	177,5	31,5	52	17	1500,1
2012	86,5	105	41	61,5	261,5	227,5	158	178,5	73,8	38	25,5	199,4	1456,2
2013	21,5	86	56,5	148	216,5	242,6	145,5	224	166	42	75,5	37	1461,1
2014	62,5	59,5	92,5	95,5	268	367,2	241,5	151	143,5	69,5	57,8	24	1632,5
2015	6,5	18	20	120,5	289	157,5	318	249	70	58,5	58,5	52	1417,5
2016	21	26,5	37	102,7	43,5	67,5	197	177,5	109,5	109,5	58,8	96	1046,5
Promedio	54,69	47,40	78,06	125,22	180,44	224,65	207,64	186,86	114,05	98,95	72,68	68,62	1459,27
Desv. Est.	42,50	38,00	54,07	63,25	91,48	86,36	84,63	53,82	44,07	62,39	32,64	55,52	243,92

Tabla 8.1-10: Precipitaciones Mensuales - Estación Fresia (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	28,8	47,0	88,4	137,7	120,2	128,1	260,8	162,3	174,6	112,9	59,4	67,9	1388,1
1988	83,3	21,7	93,7	96,3	95,8	194,5	67,5	189,7	100,6	134,3	50,4	101,1	1229,1
1989	98,7	70,4	120,0	145,9	56,7	133,9	176,5	250,3	100,3	71,1	77,4	135,6	1436,7
1990	49,4	45,4	93,3	188,2	208,6	198,8	136,9	128,5	184,7	134,1	86,2	98,9	1553,1
1991	96,7	51,4	85,5	147,6	200,6	116,6	166,1	159,8	161,0	92,2	86,8	132,8	1497,1
1992	13,1	227,7	116,7	175,3	164,3	165,8	91,0	99,9	152,0	234,5	55,5	115,0	1610,8
1993	55,5	48,1	150,4	210,8	208,7	212,0	177,2	45,2	46,5	121,1	107,9	61,4	1444,9
1994	37,2	22,8	33,6	182,8	273	321,6	209,4	223,8	181,4	171,5	77,7	138,5	1873,3
1995	87,3	14,8	42,5	167,5	173,1	369,4	261,5	224,4	80,7	117	33,4	6,8	1578,4
1996	62,1	51,7	112,8	141,7	196,2	108,9	91,2	200,5	128,8	78	119,5	38,9	1330,3
1997	150,7	46,7	30,3	262,3	188,3	435	356	101,5	178,5	218,1	81,2	62,6	2111,2
1998	47,2	13,6	83,6	117,9	150,2	159,6	147,3	222,7	80,7	28,4	46,3	38	1135,5
1999	52	59,3	75,8	48,6	142,4	270,4	120,4	228,4	134,7	31,5	61,7	59,5	1284,7
2000	60,2	149,8	82,8	125,8	81,3	485,9	185,5	104,1	107,7	129,3	111,6	49,3	1673,3
2001	186	44	124,7	62,4	256	234,8	336,5	189,8	84,4	60,2	99,9	21,3	1700
2002	38,4	86,4	134,6	166,3	392,8	209,9	146,5	235,8	179,8	288,9	127,8	60,7	2067,9
2003	48,7	36,5	60,5	96,1	96	297,5	175,2	167,1	189,3	93,9	113,5	114,9	1489,2
2004	51,7	17,1	103,8	249	31,7	360,5	181	100,3	103,5	172,7	76,7	75,9	1523,9
2005	57,2	22	144,3	117,8	423,4	286,8	302,4	243,3	70,6	42,6	120,2	48,5	1879,1
2006	163,1	58,7	130,2	200,2	216	356,8	388,2	194,5	142,3	163,2	77,1	135,4	2225,7
2007	31,5	55,2	38,8	188,2	88,4	221,1	178,1	151,9	192	133,9	50,1	34,8	1364
2008	30,8	31,6	33,4	132,4	314,4	167,4	456,5	316,1	58,8	71,5	103	30,7	1746,6
2009	31,9	94,1	40,5	117,6	264,3	264,9	111,6	311,9	74,2	145,7	135,9	88,6	1681,2
2010	84	82,9	55,8	47,7	109,2	209,7	182,4	257,1	40,9	57,3	85,4	45,3	1257,7
2011	95,8	30,9	151,5	117,1	114,8	194,3	308,1	254,8	144,9	36,2	73,9	32,1	1554,4
2012	66,3	135,2	44,8	52,7	241,9	200,3	132,2	218,6	60,4	50,9	15,8	215,5	1434,6
2013	20,1	52,8	75,5	118,7	217,7	191,6	123,3	193,6	146,7	39,8	69,1	37,5	1286,4
2014	68,7	46	85,5	90,1	252,6	320,3	214,4	126,3	155,6	93,1	35	24,6	1512,2
2015	6,8	30,2	43,9	102,2	239,9	149,2	345,5	242,5	54,7	55,1	56,7	43,9	1370,6
2016	16,6	21,6	42,9	113,9	73,8	71,2	292	341,6	75,8	86,5	69,4	87,2	1292,5

Promedio	64,00	57,19	84,00	137,36	186,41	234,56	210,71	196,21	119,54	108,85	78,82	73,44	1551,08
Desv. Est.	43,09	45,63	38,37	54,52	94,12	99,24	98,27	70,05	48,88	63,84	29,89	46,52	269,36

Tabla 8.1-11: Precipitaciones Mensuales - Estación Rupanco (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	12,1	78,5	85,0	142,6	180,0	170,2	445,5	164,2	174,8	210,4	48,4	44,7	1756,4
1988	92,5	4,4	67,3	144,5	84,9	217,6	142,5	208,8	111,7	95,8	14,1	95,3	1279,4
1989	41,3	22,2	66,2	80,6	80,0	194,2	296,0	295,3	109,3	100,1	52,7	148,1	1486,0
1990	72,3	55,2	75,8	165,6	256,3	207,4	201,1	243,3	257,9	72,7	77,5	51,3	1736,3
1991	51,6	47,1	43,3	111,2	275,0	242,7	214,6	222,8	129,7	66,3	85,4	285,2	1774,9
1992	1,5	123,9	190,4	156,9	201,5	308,1	136,5	128,7	175,3	162,7	46,3	142,1	1773,9
1993	37,6	25,8	303,2	320,8	336,5	303,5	240,5	89,0	56,5	110,7	163,2	111,4	2098,7
1994	65,3	61,8	106,7	210	293,2	381,7	261,2	204,1	170,5	163	154,3	149,4	2221,2
1995	133,5	28,8	79	176,2	136,3	333,7	182,8	278	72,3	119,9	75,7	10,7	1626,9
1996	66,1	108,7	112,7	147,7	201,1	94	105,4	235,5	74,7	114,6	144,6	89,9	1495
1997	216,7	69,4	39	254,4	138,1	353,8	208,1	117,2	174,6	143,8	151,9	73,3	1940,3
1998	85,3	26,9	89,9	91,6	142	111	165,5	185,6	107,6	43,5	58,3	23,6	1130,8
1999	45,9	67,4	107,3	68,6	197,1	177,8	174,3	298,8	190,6	60,7	85,1	71	1544,6
2000	53,3	177	74,9	113,4	112,4	527,5	272,6	120,1	150,7	133	114,1	76,5	1925,5
2001	188,2	75,3	143	66	280,6	251,4	287,3	137,8	61,1	91	125,7	31,9	1739,3
2002	24,1	89,7	120,4	154,4	274,8	224,5	212,9	326,8	179,4	342,8	120,1	97,2	2167,1
2003	44,7	46,5	69,7	93,8	86,5	303,9	164,8	117,9	206,1	117,3	40,7	94,1	1386
2004	27,5	15,7	59,7	316,9	19,5	415,1	169,8	166,1	126,3	130,2	114,8	98,8	1660,4
2005	56	7	99,4	106	444,1	267,1	293	182,5	76,3	54,4	222,5	70	1878,3
2006	111,9	29,5	139,5	127,5	183,3	359,2	279,6	177,6	80	198,5	56,9	128,1	1871,6
2007	37,7	37,5	42,5	104,4	80	133,7	206,4	142,8	147,5	152,4	59,3	48,9	1193,1
2008	16,5	46,7	56,6	91,5	324	169,5	372,3	334,1	34,7	84,1	61,6	27,6	1619,2
2009	13,2	58,6	65,5	97	307	201,5	78,9	359,8	81	146,9	141,6	91,3	1642,3
2010	67	111,4	69,8	59,8	121,4	240,9	174	225	75,6	89,4	106,9	78,8	1420
2011	107	44,5	157,1	164,7	147	217,7	226,8	261,7	153,4	80,8	82,4	23,8	1666,9
2012	35,8	140,4	40,8	84,1	263,3	344,1	173,8	113,1	66,2	41,6	50,7	312,2	1666,1
2013	35,8	104,3	67,8	212,8	312,2	244	144,8	168,1	189,5	59,2	86,4	40,8	1665,7
2014	72,8	55,4	96,3	156,6	245,8	350,1	230,2	179,4	194	123,5	71,1	22,8	1798
2015	7,7	25,4	58,9	138,5	240,2	193	334,7	262,9	97,9	59,7	95,1	81,1	1595,1
2016	25,8	43,7	35,2	124,8	83,5	45,4	163,8	238,5	27	138,2	86,4	114,5	1126,8

Promedio	61,55	60,96	92,09	142,76	201,59	252,81	218,66	206,18	125,07	116,91	93,13	91,15	1662,86
Desv. Est.	50,00	41,12	54,57	66,22	99,05	103,38	79,49	72,86	57,98	61,11	45,25	68,40	276,09

Tabla 8.1-12: Precipitaciones Mensuales - Estación Adolfo Matthei (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	9,1	59,2	64,1	107,5	135,7	128,3	335,9	123,8	131,8	158,6	36,5	33,7	1324,2
1988	64,9	3,1	47,2	101,4	59,6	152,7	100,0	146,5	78,4	67,2	9,9	66,9	897,8
1989	30,1	16,2	48,2	58,7	58,3	141,5	215,6	215,1	79,6	72,9	38,4	107,9	1082,5
1990	54,4	41,5	57,0	124,6	192,8	156,0	151,3	183,0	194,0	54,7	58,3	38,6	1306,2
1991	39,0	35,6	32,7	84,0	207,7	183,3	162,1	168,3	98,0	50,1	64,5	215,4	1340,7
1992	1,1	93,6	143,8	118,5	152,2	232,7	103,1	97,2	132,4	122,9	35,0	107,3	1339,8
1993	30,8	21,2	248,7	263,1	276,0	248,9	197,2	73,0	56,4	80,3	106,9	27,7	1630,2
1994	33,8	11,4	47,8	133,6	200,4	232,7	191,2	128,1	104,1	125,4	74,4	105,8	1388,7
1995	82,6	7,1	27,1	124,7	94,5	344,7	174,7	201,3	63,3	89,7	33,1	0,0	1242,8
1996	40,2	42,9	80,2	114,5	130,6	85,1	78,0	184,3	52,6	72,5	75,1	41,1	997,1
1997	129,1	45,7	7,6	186,1	92,4	313,1	233,1	98,6	110,9	161,8	89,9	37,9	1506,2
1998	22,9	35,1	47,1	79,2	155,5	129,7	104,0	131,5	86,4	17,5	26,8	33,0	868,7
1999	31,4	34,7	58,8	38,3	111,3	280,3	83,4	220,6	101,2	23,8	57,0	40,2	1081,0
2000	25,8	143,7	50,1	89,7	70,4	487,4	170,7	90,0	114,7	91,5	62,4	42,1	1438,5
2001	123,0	27,1	92,5	38,1	205,8	173,1	288,0	114,3	51,3	64,7	100,7	11,3	1289,9
2002	16,1	51,4	101,5	113,8	229,1	135,8	186,0	228,1	130,3	275,0	140,6	64,8	1672,5
2003	21,8	24,7	41,0	86,9	44,2	271,6	157,4	89,9	166,7	85,5	113,9	65,9	1169,5
2004	19,4	16,4	67,2	236,7	32,5	333,1	158,9	88,0	101,5	105,8	97,4	66,2	1323,1
2005	27,2	6,3	92,7	71,6	343,6	251,3	179,5	205,7	55,8	30,3	104,4	31,0	1399,4
2006	104,3	15,7	61,5	111,5	143,1	261,8	243,0	165,4	107,3	148,6	56,3	112,1	1530,6
2007	10,3	35,6	20,7	112,0	62,4	119,2	143,5	126,1	129,2	103,0	28,3	27,4	917,7
2008	33,1	37,9	42,1	74,5	363,1	124,0	324,7	279,0	38,9	47,2	57,4	20,5	1442,4
2009	13,2	52,4	28,2	80,5	251,5	199,9	58,7	273,9	47,6	101,3	68,6	75,4	1251,2
2010	35,9	100,2	46,5	39,0	73,2	174,7	120,9	188,3	63,9	64,3	30,7	38,4	976,0
2011	59,9	18,0	99,4	156,7	118,8	141,7	196,4	188,4	110,4	36,6	62,0	10,9	1199,2
2012	61,7	102,8	20,4	21,6	226,7	199,6	116,4	148,2	58,5	33,7	37,9	174,8	1202,3
2013	17,7	58,2	58,0	178,8	204,6	118,7	102,5	143,7	145,1	41,5	45,3	16,2	1130,3
2014	51,1	34,1	54,6	81,8	201,4	296,1	239,8	146,3	149,8	85,6	21,8	7,8	1370,2
2015	5,9	5,5	19,9	65,6	193,3	131,1	268,6	255,4	52,7	40,8	52,7	45,2	1136,7
2016	26,1	33,6	31,6	64,9	68,9	22,5	108,2	134,3	68,6	106,0	35,2	61,4	761,3

Promedio	40,73	40,36	61,27	105,26	156,65	202,35	173,09	161,21	96,05	85,29	60,71	57,56	1240,56
Desv. Est.	32,61	32,66	45,94	55,55	86,26	94,85	72,03	56,40	39,52	52,92	31,49	48,61	225,76

Tabla 8.1-13: Precipitaciones Mensuales - Estación Trinidad (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	12,5	81,3	88,0	147,6	186,4	176,2	461,3	170,0	181,0	217,8	50,1	46,3	1818,6
1988	97,1	4,6	70,7	151,8	89,2	228,6	149,7	219,3	117,4	100,6	14,8	100,1	1343,8
1989	43,1	23,2	69,0	84,0	83,5	202,5	308,6	307,9	113,9	104,4	55,0	154,5	1549,5
1990	74,9	57,1	78,5	171,6	265,5	214,8	208,3	252,0	267,1	75,3	80,3	53,2	1798,6
1991	53,4	48,8	44,8	115,1	284,6	251,2	222,1	230,6	134,3	68,6	88,4	295,1	1837,0
1992	1,5	128,3	197,1	162,4	208,6	318,9	141,3	133,2	181,4	168,4	48,0	147,0	1836,0
1993	42,2	29,0	340,5	360,2	377,9	340,8	270,0	99,9	61,5	93,5	101,2	42,6	2159,4
1994	72,1	25,6	70,6	168,6	233,9	282,5	175,5	195,4	146,7	168,9	115,5	128,3	1783,4
1995	87,4	21,0	56,8	269,0	207,5	362,9	192,5	271,1	102,1	127,1	44,9	20,7	1762,9
1996	82,6	48,8	133,4	151,9	234,3	106,0	99,2	224,7	99,8	78,8	133,2	71,2	1463,9
1997	228,8	67,2	28,4	219,8	133,8	460,6	431,2	157,1	168,4	139,9	112,1	67,4	2214,7
1998	20,0	15,2	52,9	39,9	175,4	185,6	144,6	220,6	29,5	14,5	48,5	36,6	983,3
1999	25,5	45,0	32,5	34,6	157,0	401,1	163,1	313,7	130,2	25,8	61,3	57,2	1447,0
2000	15,3	108,0	67,6	106,9	104,3	524,1	290,1	125,5	141,6	102,9	120,3	62,9	1769,5
2001	165,5	38,1	72,9	76,6	365,8	350,5	365,2	183,4	67,1	29,1	67,4	9,1	1790,7
2002	3,1	84,9	125,1	154,1	266,2	214,2	196,1	242,4	193,2	360,5	174,1	62,7	2076,6
2003	33,4	19,4	27,4	90,7	81,3	413,7	200,5	150,4	260,0	118,7	97,5	50,0	1543,0
2004	12,0	20,0	74,1	249,3	25,6	541,0	201,2	96,7	148,9	137,0	100,2	78,2	1684,2
2005	16,6	4,6	239,2	109,4	585,1	348,6	133,6	234,8	46,1	70,3	177,4	26,8	1992,5
2006	166,4	33,5	72,7	186,0	189,6	395,3	464,0	238,9	162,7	132,7	51,0	152,3	2245,1
2007	25,2	0,2	19,2	168,2	49,8	212,1	236,5	161,1	166,6	158,7	40,0	33,5	1271,1
2008	36,1	27,5	43,7	65,1	188,4	126,5	181,0	453,6	49,6	75,5	70,7	3,0	1320,7
2009	2,0	36,5	37,0	100,4	174,3	203,6	133,2	477,9	130,5	174,3	155,2	104,5	1729,4
2010	74,0	180,1	52,2	28,2	136,0	309,2	274,7	191,0	51,4	147,5	78,1	64,7	1587,1
2011	37,1	17,4	58,3	25,0	123,7	222,5	289,8	468,6	230,8	49,3	115,4	27,9	1665,8
2012	110,5	71,9	29,4	48,0	363,1	422,3	155,0	218,6	74,4	92,8	55,8	225,5	1867,3
2013	26,0	119,8	62,8	180,5	353,2	222,0	195,6	250,0	300,7	54,3	46,6	27,7	1839,2
2014	63,5	14,8	89,0	108,2	294,9	448,6	377,2	292,5	254,5	104,3	85,1	30,3	2162,9
2015	6,3	10,8	46,9	59,7	371,9	351,9	376,9	443,0	88,2	23,6	71,2	13,5	1863,9
2016	37,5	32,8	43,9	223,1	88,2	23,5	197,6	338,7	99,1	167,4	60,3	46,0	1358,1

Promedio	55,72	47,18	80,81	135,20	213,29	295,37	241,18	245,42	139,96	112,75	83,99	74,62	1725,51
Desv. Est.	54,34	42,17	68,50	78,62	123,38	124,57	102,29	104,79	71,38	69,27	40,26	65,86	300,68

Tabla 8.1-14: Precipitaciones Mensuales - Estación Quemchi (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	44,7	72,9	137,1	213,6	186,4	198,7	404,6	251,7	270,9	175,2	92,2	105,4	2153,3
1988	134,1	34,9	150,8	154,9	154,2	313,0	108,7	305,3	161,9	216,1	81,2	162,6	1977,7
1989	151,6	108,1	184,3	224,1	87,1	205,6	271,2	384,5	154,1	109,1	118,9	208,3	2206,9
1990	74,3	68,3	140,3	283,0	313,7	299,0	205,9	193,2	277,8	201,7	129,6	148,7	2335,4
1991	146,9	78,1	129,8	224,1	304,7	177,0	252,2	242,7	244,5	140,0	131,8	201,7	2273,7
1992	19,5	339,2	173,8	261,1	244,8	247,0	135,5	148,9	226,4	349,2	82,7	171,3	2399,2
1993	85,1	73,7	230,7	323,3	320,0	325,2	271,8	69,3	71,3	185,7	165,5	94,2	2216,0
1994	49,3	30,2	44,6	242,5	362,1	426,5	277,7	296,8	240,6	227,5	103,1	183,7	2484,6
1995	125,9	21,3	61,3	241,6	249,7	532,8	377,2	323,7	116,4	168,8	48,2	9,8	2276,7
1996	101,5	84,5	184,3	231,5	320,6	177,9	149,0	327,6	210,4	127,4	195,2	63,6	2173,5
1997	191,7	59,4	38,6	333,7	239,6	553,5	453,0	129,1	227,1	277,5	103,3	79,6	2686,2
1998	80,6	23,2	142,7	201,2	256,4	272,4	251,4	380,1	137,7	48,5	79,0	64,9	1938,0
1999	63,9	191,4	144,8	119,3	249,6	335,6	250,3	335,3	289,3	66,6	62,7	136,5	2245,2
2000	135,0	159,5	153,5	249,0	131,0	515,8	277,5	229,5	175,5	126,0	118,5	74,0	2344,8
2001	377,5	80,0	289,0	66,5	452,0	293,5	446,5	269,5	133,0	73,0	153,0	35,5	2669,0
2002	49,0	162,0	231,5	220,5	362,5	142,5	264,0	452,0	333,0	473,0	295,0	121,5	3106,5
2003	117,0	46,5	71,0	78,5	169,5	407,5	148,0	253,2	309,5	200,6	171,5	122,5	2095,3
2004	111,5	16,8	155,0	378,0	75,0	521,5	181,0	215,5	129,0	167,5	101,5	170,2	2222,5
2005	81,5	10,0	200,5	153,0	551,0	389,0	268,0	306,5	100,5	94,5	171,0	49,5	2375,0
2006	228,0	108,0	177,5	244,5	298,0	502,5	427,0	213,5	190,0	196,5	80,5	339,0	3005,0
2007	56,0	70,0	91,0	220,5	93,0	248,5	163,5	214,0	346,0	242,5	46,5	81,5	1873,0
2008	68,5	89,5	70,5	196,0	420,0	385,5	513,0	397,0	80,5	95,5	171,5	59,5	2547,0
2009	53,0	120,0	96,5	150,0	284,5	290,5	134,5	489,5	107,0	243,5	205,5	150,3	2324,8
2010	110,5	166,5	67,5	83,5	223,9	372,6	230,6	339,1	91,7	158,6	169,2	102,1	2115,8
2011	128,9	67,0	249,2	230,7	182,2	284,3	385,1	330,0	266,3	119,6	149,0	55,0	2447,3
2012	135,0	218,0	92,0	131,5	331,1	305,1	186,8	338,2	135,2	119,6	75,9	294,2	2362,6
2013	36,4	100,0	109,0	149,0	411,2	362,0	160,7	393,3	253,8	104,8	110,3	69,2	2259,7
2014	81,1	87,7	150,8	174,3	354,9	380,8	381,0	312,9	334,9	284,4	112,5	82,6	2737,9
2015	37,9	14,6	124,9	166,5	424,6	312,5	572,6	394,7	133,5	100,6	131,6	99,5	2513,5
2016	51,6	65,7	62,8	188,1	95,2	62,6	276,3	323,6	160,3	112,5	105,7	125,4	1629,8

Promedio	104,25	92,24	138,51	204,47	271,61	328,03	280,82	295,34	196,94	173,54	125,40	122,06	2333,20
Desv. Est.	70,74	70,71	63,18	73,22	119,06	121,65	121,57	94,44	82,29	90,83	52,98	73,09	309,86

Tabla 8.1-15: Precipitaciones Mensuales - Estación Castro (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	33,9	55,3	104,1	162,2	141,5	150,8	307,2	191,1	205,7	133,0	70,0	80,0	1634,9
1988	99,3	25,8	111,7	114,8	114,2	231,8	80,5	226,1	119,9	160,1	60,1	120,5	1464,8
1989	115,9	82,6	140,9	171,3	66,6	157,2	207,3	293,9	117,8	83,4	90,9	159,2	1686,8
1990	57,7	53,0	108,8	219,5	243,3	231,9	159,7	149,8	215,5	156,4	100,5	115,3	1811,3
1991	113,2	60,2	100,0	172,7	234,7	136,4	194,3	187,0	188,4	107,8	101,5	155,4	1751,5
1992	11,1	222,7	45,7	139,7	231,3	273,5	105,7	124,5	158,5	189,0	56,5	133,0	1691,2
1993	29,5	16,1	153,0	228,5	282,0	309,0	193,0	147,0	65,5	74,0	95,0	57,5	1650,1
1994	34,0	32,0	42,0	195,0	351,0	369,5	313,0	334,0	227,0	78,5	146,0	81,0	2203,0
1995	76,5	26,5	53,0	180,0	210,0	326,0	275,5	264,0	78,0	132,8	16,5	2,5	1641,3
1996	43,3	67,4	156,1	182,7	218,1	248,0	111,8	278,8	87,1	111,2	99,9	35,0	1639,4
1997	157,7	51,0	42,5	226,1	139,4	308,5	310,7	111,8	170,2	168,5	98,4	37,5	1822,3
1998	59,3	1,6	107,2	104,7	248,5	222,5	170,5	151,1	108,1	54,5	48,8	41,4	1318,2
1999	38,0	135,0	99,1	49,5	182,3	259,1	212,0	325,8	279,2	54,4	45,0	103,0	1782,4
2000	92,2	119,6	90,5	136,5	138,0	404,2	147,8	175,6	118,1	94,5	91,1	25,4	1633,5
2001	173,6	65,2	290,3	64,3	225,3	286,7	365,7	281,5	91,2	58,6	92,1	19,1	2013,6
2002	30,5	120,3	193,5	227,8	321,2	162,3	197,7	384,5	258,5	353,4	166,0	82,5	2498,2
2003	157,7	30,9	53,5	72,6	115,2	450,5	163,4	282,5	261,9	153,1	134,8	71,0	1947,1
2004	42,1	84,3	170,0	21,9	63,0	110,1	101,8	81,9	113,3	117,4	121,9	20,0	1047,7
2005	123,5	24,0	295,9	99,0	528,1	252,6	93,8	117,2	46,0	78,1	279,9	95,6	2033,7
2006	315,9	143,8	275,1	173,1	32,5	192,0	104,4	32,1	259,2	321,9	104,6	433,9	2388,5
2007	98,0	161,2	4,0	181,0	36,2	197,5	54,5	154,5	115,0	113,5	152,4	242,7	1510,5
2008	65,6	71,5	100,9	94,7	298,1	260,1	362,5	225,8	34,6	78,5	236,0	55,1	1883,4
2009	38,7	133,1	48,4	150,8	258,2	204,5	97,0	284,6	48,2	154,4	184,1	130,1	1732,1
2010	112,9	91,4	109,9	85,3	158,3	263,3	167,8	214,1	102,1	156,0	118,5	77,4	1656,9
2011	136,1	57,9	216,3	149,0	144,7	228,6	289,1	255,3	204,4	79,1	144,9	35,8	1941,0
2012	87,6	184,0	42,0	95,0	293,2	291,9	196,6	225,1	108,7	72,6	42,4	259,1	1898,2
2013	47,3	145,9	125,5	151,7	286,6	287,3	202,4	289,3	109,4	33,3	106,9	49,4	1835,1
2014	112,1	84,5	140,5	145,5	221,8	248,6	252,6	140,9	180,7	121,3	75,6	53,7	1777,8
2015	14,1	23,4	63,4	114,8	251,7	181,6	308,3	264,4	78,9	82,5	113,2	93,9	1590,2
2016	23,8	45,4	27,3	101,1	48,8	62,5	187,1	193,5	127,2	133,4	137,9	187,0	1275,2

Promedio	84,70	80,52	117,04	140,36	202,79	243,62	197,78	212,92	142,61	123,51	111,05	101,76	1758,66
Desv. Est.	63,30	54,83	76,56	54,64	107,70	83,80	86,95	82,32	70,27	70,41	55,83	88,78	299,44

Tabla 8.1-16: Precipitaciones Mensuales - Estación Ancud (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	40,9	66,8	125,6	195,7	170,8	182,0	370,7	230,6	248,2	160,5	84,5	96,6	1972,9
1988	123,4	32,1	138,7	142,6	141,9	288,0	100,0	280,9	148,9	198,9	74,7	149,6	1819,6
1989	138,7	98,9	168,6	205,1	79,7	188,2	248,1	351,9	141,0	99,9	108,8	190,6	2019,7
1990	67,9	62,4	128,1	258,3	286,3	272,9	187,9	176,4	253,6	184,1	118,3	135,7	2131,9
1991	134,3	71,4	118,7	204,8	278,5	161,8	230,5	221,8	223,5	127,9	120,4	184,3	2077,9
1992	14,5	246,5	145,7	164,1	235,1	292,5	228,5	147	194	267,1	124,5	168,5	2228,1
1993	84,7	40,5	200,5	296,5	363	272	255	166,3	130,5	89,5	144,5	92	2135
1994	68	58	78	175,5	412,9	453,4	208,1	213	246,5	161,5	179	129,5	2383,4
1995	69,3	41	84,5	194,4	134	400,3	278	272,3	125,2	152,2	56,7	13	1820,9
1996	84	68,7	158,0	211,9	203	235,8	229,9	393,9	147,1	95,3	136,3	86,4	2050,3
1997	231,3	71,7	46,5	402,6	289,0	667,7	210,2	155,8	274,0	56,2	21,6	11,5	2438,1
1998	4,7	0,9	56,7	21,9	293,1	282	164,5	232,4	134,9	54,2	75,5	80,3	1401,1
1999	62,7	187,7	142,0	117,0	276	311,5	178,6	292	274,8	36	63,5	111,3	2053,1
2000	88,5	168,6	166,9	178	143,5	509,5	634,4	198,5	187,3	156,7	117,5	79,3	2628,7
2001	242,3	78,5	178	92,6	445	266	374,2	180,4	121	70,7	127,2	33,4	2209,3
2002	38,1	120,9	201	143	348	182	354,1	378,5	246,5	327,5	199	123,5	2662,1
2003	131,5	73,5	73	117,5	179,8	283,6	180	282,5	258,4	177	210	128	2094,8
2004	92,5	37	126,5	128,5	39,5	454,5	226,3	237	109,5	198,5	115,3	122,4	1887,5
2005	75	13,5	227,8	202,5	524,5	395,5	263	339	164,9	107	163	49,6	2525,3
2006	142,1	32	212,5	211	273	479,5	435	197	130	215,5	80	292	2699,6
2007	48	43	133	170	93	233	237	281	267	231	62	76	1874
2008	55	94	49	161	416	410	563	381	73	91	102	75	2470
2009	27	94	62,1	197	226	271,5	158,5	371,7	88	213,5	190	137,1	2036,4
2010	108,5	140,6	76,9	126,2	171,5	352	195,8	195,5	76,7	137,5	170,6	89,5	1841,3
2011	146,5	52,5	144,5	187	162,5	284,5	320,5	286,5	206,5	83	113	50,5	2037,5
2012	106,5	171,5	93,5	160	277,5	293	204,5	290,3	128,5	57	55	261,5	2098,8
2013	55	99,5	80	168	290	342	164,9	352,4	211,5	129,5	79	48,5	2020,3
2014	82	68,5	153	134,5	373	324	356,6	263,7	257,3	213,5	77,5	41,5	2345,1
2015	14,5	34	98,5	140	380	302,5	422	335,5	96,5	72,5	146	107,5	2149,5
2016	56	58	64,5	132	75,5	58,5	277	276	125	106,5	112	129,5	1470,5

Promedio	87,78	80,87	124,41	174,64	252,72	314,99	275,23	266,03	176,33	142,37	114,25	109,80	2119,42
Desv. Est.	56,42	55,20	51,27	66,69	120,86	120,25	120,19	73,07	65,74	70,26	46,68	64,93	310,49

Tabla 8.1-17: Precipitaciones Mensuales - Estación Chepu (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	46,6	76,1	143,1	223,0	194,5	207,3	422,3	262,7	282,7	182,8	96,2	110,0	2247,3
1988	138,7	36,1	155,9	160,2	159,4	323,6	112,4	315,7	167,4	223,5	83,9	168,2	2044,9
1989	158,6	113,1	192,8	234,5	91,2	215,2	283,7	402,3	161,2	114,2	124,4	217,9	2309,1
1990	78,2	71,9	147,6	297,7	330,0	314,6	216,6	203,3	292,3	212,2	136,4	156,4	2457,3
1991	154,2	82,0	136,3	235,2	319,8	185,8	264,7	254,7	256,6	146,9	138,3	211,7	2386,1
1992	20,6	357,8	183,3	275,4	258,2	260,5	142,9	157,0	238,8	368,4	87,2	180,7	2530,8
1993	89,1	77,2	241,5	338,4	335,0	340,4	284,5	72,6	74,7	194,4	173,2	98,6	2319,6
1994	52,2	32,0	47,2	256,6	383,2	451,4	293,9	314,1	254,6	240,7	109,1	194,4	2629,3
1995	132,2	22,4	64,3	253,6	262,1	559,2	395,9	339,7	122,2	177,1	50,6	10,3	2389,6
1996	106,0	88,2	192,5	241,9	334,9	185,9	155,7	342,2	219,8	133,1	204,0	66,4	2270,7
1997	204,3	63,3	41,1	355,5	255,2	589,6	482,5	137,6	241,9	295,6	110,1	84,9	2861,6
1998	83,1	23,9	147,2	207,6	264,4	281,0	259,3	392,1	142,1	50,0	81,5	66,9	1999,1
1999	65,7	196,7	148,8	122,6	256,5	344,9	257,3	344,6	297,3	68,5	77,6	172,8	2353,3
2000	192,5	172,1	165,6	180,7	166,0	526,1	385,7	264,5	193,1	150,8	177,3	113,2	2687,6
2001	377,4	117,6	259,2	93,1	344,8	242,7	436,9	412,5	154,1	83,4	143,6	108,0	2773,3
2002	50,6	121,5	248,5	258,9	442,2	181,3	383,5	472,2	329,6	450,7	251,2	148,2	3338,4
2003	176,2	82,4	78,9	116,8	155,3	340,0	228,1	415,6	394,5	266,2	220,5	156,5	2631,0
2004	132,4	29,7	190,5	365,4	118,2	497,0	222,0	226,4	121,9	241,8	88,0	160,8	2394,1
2005	127,2	23,3	212,5	151,8	689,8	414,6	260,1	412,9	112,5	112,7	193,5	47,0	2757,9
2006	205,5	146,7	168,6	286,1	325,7	560,5	357,2	190,0	169,7	258,1	56,1	331,1	3055,3
2007	62,0	75,5	152,0	167,7	157,0	292,7	86,1	335,2	259,6	240,0	59,5	91,0	1978,3
2008	95,1	35,5	29,1	193,1	332,8	443,8	488,5	481,0	46,1	110,0	111,1	72,4	2438,5
2009	40,2	151,0	112,0	172,6	289,1	283,5	197,4	207,9	109,2	241,5	226,0	155,0	2185,4
2010	97,0	158,3	89,2	81,1	291,9	392,9	261,6	293,0	119,0	154,6	140,6	97,0	2176,2
2011	144,7	98,5	233,3	176,5	215,5	313,2	362,5	386,4	255,0	155,1	154,9	75,1	2570,7
2012	131,5	206,2	72,5	161,2	390,2	305,3	252,6	332,4	183,0	109,6	92,0	308,8	2545,3
2013	48,5	89,5	117,8	191,5	340,0	377,5	199,0	396,0	250,9	134,0	108,5	54,5	2307,7
2014	93,5	57,0	181,5	180,2	357,0	369,2	478,5	316,0	287,7	224,3	92,5	82,9	2720,3
2015	25,5	15,5	145,0	226,0	443,5	265,8	533,5	402,0	123,2	73,5	164,0	115,2	2532,7
2016	44,0	68,2	85,5	174,0	86,3	71,0	291,5	338,0	194,5	108,4	114,2	176,0	1751,6

Promedio	112,44	96,31	146,11	212,63	286,32	337,88	299,88	314,02	201,84	184,08	128,86	134,39	2454,76
Desv. Est.	73,05	72,21	62,83	72,24	123,56	126,39	116,81	99,96	82,06	90,32	52,96	72,44	328,45

Tabla 8.1-18: Precipitaciones Mensuales - Estación Cucao (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	39,2	63,9	120,2	187,3	163,4	174,1	354,7	220,6	237,4	153,6	80,8	92,4	1887,6
1988	118,7	30,9	133,5	137,1	136,5	277,0	96,2	270,2	143,3	191,3	71,8	143,9	1750,4
1989	132,5	94,5	161,1	195,9	76,2	179,8	237,1	336,2	134,7	95,4	104,0	182,1	1929,4
1990	64,6	59,4	121,9	245,9	272,6	259,9	178,9	167,9	241,5	175,3	112,7	129,2	2029,8
1991	128,0	68,1	113,2	195,3	265,6	154,3	219,8	211,5	213,1	122,0	114,8	175,8	1981,5
1992	16,9	294,0	150,6	226,3	212,2	214,1	117,5	129,0	196,2	302,7	71,6	148,5	2079,6
1993	74,4	64,4	201,6	282,5	279,7	284,2	237,6	60,6	62,3	162,3	144,6	82,3	1936,5
1994	42,6	26,1	38,5	209,4	312,8	368,5	239,9	256,4	207,8	196,5	89,0	158,7	2146,3
1995	109,7	18,6	53,4	210,5	217,6	464,3	328,7	282,0	101,4	147,1	42,0	8,5	1983,9
1996	89,4	74,4	162,4	204,0	282,5	156,8	131,3	288,7	185,5	112,3	172,1	43,9	1903,4
1997	206,1	85,5	96,9	181,4	153,3	279,5	236,6	169,5	140,4	106	159,2	115,9	1930,3
1998	85	38,6	105	50,9	206,7	189,5	213,4	225,4	92,9	95,3	62,2	59,5	1424,4
1999	51,2	145,6	96,9	113,3	76,3	206,8	216,3	229,5	196,7	109,2	65,4	172,5	1679,7
2000	169,5	222	161,5	189,5	115,5	335	240	237	124	105,5	116,4	137	2152,9
2001	252	134,5	320,5	112	285,1	237,5	273,5	275,5	107	138	133	64,5	2333,1
2002	101	130	224,6	240	331	131	196,5	309	278	306	267,5	94	2608,6
2003	252,7	43	60,5	89	158,5	303	198	273,5	261,5	148	179,5	148,5	2115,7
2004	105	54	211	328,5	48	351,5	123	194,5	148,5	206	153,5	165	2088,5
2005	161	11	172,5	125,6	447	317	172,5	240,5	122,5	112	215	37	2133,6
2006	144	145	213	256,5	158	323,5	238,1	189	139,5	206,5	97	279,5	2389,6
2007	53,5	101	174	257,5	116	218,5	165,5	208	167,6	201	64,5	96,5	1823,6
2008	60	109,5	84,5	189	314	330,3	320,5	229	40	100,5	175,5	76	2028,8
2009	68	164	143	163	168,5	243,4	144,2	330,9	110,2	184,3	224	185,5	2129
2010	141,8	211	124,9	147	106,5	272,5	268,5	262	94,5	162	179,5	104	2074,2
2011	145,5	87,5	323,5	195	208,8	242,2	245,1	265	193	124,3	180,5	56,5	2266,9
2012	110,5	218,5	86,5	143,8	299,6	291,5	209,5	253,5	157	119	79	229,2	2197,6
2013	42	104,8	75,5	124,1	352,9	255,5	190,4	334,2	190,6	109	106,5	52	1937,5
2014	134,5	104	106,9	113,3	258,9	222	278,3	193	206,5	194,5	90	68,5	1970,4
2015	35,5	24,5	159	161,5	291	243	411,7	289,5	112,7	77,8	151	134,7	2091,9
2016	27,1	56,2	73,6	99,7	46	69,5	160	235,5	140,3	100,5	76,2	84	1168,6

Promedio	105,40	99,48	142,34	179,17	212,02	253,19	221,44	238,91	158,22	152,13	125,96	117,52	2005,77
Desv. Est.	61,83	68,76	68,96	62,61	99,58	80,01	71,79	60,68	58,15	56,69	55,60	60,90	270,68

Tabla 8.1-19: Precipitaciones Mensuales - Estación Lago Espolón (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	51,2	83,5	157,2	244,9	213,6	227,7	463,8	288,5	310,5	200,8	105,7	120,8	2468,3
1988	156,4	40,7	175,9	180,8	179,9	365,1	126,8	356,2	188,9	252,2	94,7	189,7	2307,2
1989	172,9	123,3	210,2	255,6	99,4	234,6	309,3	438,6	175,8	124,5	135,6	237,6	2517,5
1990	83,9	77,1	158,3	319,3	353,9	337,4	232,3	218,0	313,5	227,6	146,3	167,8	2635,3
1991	166,6	88,6	147,3	254,2	345,6	200,8	286,1	275,3	277,3	158,7	149,4	228,7	2578,7
1992	17,6	298,1	176,2	198,4	284,2	353,6	276,3	177,7	234,6	322,9	150,5	203,7	2693,8
1993	100,2	47,9	237,2	350,8	429,4	321,8	301,7	196,7	154,4	105,9	170,9	108,8	2525,8
1994	79,1	67,5	90,7	204,1	480,2	527,4	242,0	247,7	286,7	187,8	208,2	150,6	2772,1
1995	98,2	58,1	119,8	275,5	190,0	567,5	394,1	386,0	177,5	215,8	80,4	18,4	2581,4
1996	101,9	83,3	191,7	257,0	246,2	286,0	278,8	477,8	178,4	115,6	165,3	104,8	2486,8
1997	238,9	74,0	48,0	415,9	298,6	689,7	217,1	160,9	283,0	58,1	22,3	11,9	2518,5
1998	6,5	1,2	77,9	30,1	402,6	387,3	225,9	319,2	185,3	74,4	103,7	110,2	1924,3
1999	67,9	203,4	153,8	126,7	299,0	337,4	193,5	316,3	297,7	39,0	68,8	120,6	2224,1
2000	101,6	193,6	191,7	204,4	164,8	585,1	368,5	228,0	128,0	284,7	128,0	201,5	2779,9
2001	341,4	123,5	331,0	136,0	526,0	414,5	389,0	284,0	53,0	41,5	138,5	60,5	2838,9
2002	85,1	216,5	358,0	313,0	385,0	235,5	189,5	357,0	359,5	555,0	387,0	143,5	3584,6
2003	185,3	45,0	40,0	73,0	179,5	555,5	221,5	424,5	265,4	261,0	229,5	198,0	2678,2
2004	75,5	17,0	141,5	481,0	32,0	664,0	214,0	171,0	265,0	276,0	113,0	176,0	2626,0
2005	135,0	12,5	246,5	165,0	850,0	587,0	315,0	319,5	80,5	169,5	409,0	39,5	3329,0
2006	350,5	96,0	402,4	198,5	199,5	472,0	605,0	249,5	166,1	299,5	144,0	309,0	3492,0
2007	26,0	70,0	179,0	271,5	2,0	314,0	306,0	211,0	262,0	340,0	25,0	74,5	2081,0
2008	52,5	66,5	54,5	302,5	361,5	455,6	497,0	464,0	63,0	119,0	188,5	50,5	2675,1
2009	47,0	81,5	113,5	253,0	377,5	275,0	118,0	662,5	142,0	373,0	392,0	183,5	3018,5
2010	105,0	173,5	96,0	164,5	180,0	456,0	289,0	350,0	93,0	109,5	172,5	143,5	2332,5
2011	142,0	51,5	219,5	204,0	171,0	274,5	391,5	321,0	326,5	97,5	265,5	74,0	2538,5
2012	175,0	189,0	63,0	155,5	333,5	486,5	212,5	329,0	151,5	215,5	93,0	335,3	2739,3
2013	88,5	90,0	116,5	93,0	407,5	391,0	342,0	549,5	256,5	71,0	131,5	114,0	2651,0
2014	167,0	95,5	112,7	180,5	328,5	253,0	257,5	344,0	280,5	271,5	157,0	85,0	2532,7
2015	6,2	8,5	131,0	124,5	486,0	445,5	583,5	366,0	77,3	89,0	97,5	95,0	2510,0
2016	19,5	40,0	36,0	201,0	13,0	45,5	182,5	485,0	163,5	157,0	151,0	82,0	1576,0

Promedio	114,82	93,90	159,23	221,14	294,00	391,55	300,99	332,49	206,56	193,79	160,81	137,97	2607,24
Desv. Est.	85,81	69,63	90,47	97,24	173,87	149,80	119,79	117,74	86,48	116,36	95,27	78,55	405,69

Tabla 8.1-20: Precipitaciones Mensuales - Estación Palena (mm)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1987	9,8	63,4	68,7	115,2	145,4	137,5	360,0	132,7	141,3	170,0	39,1	36,1	1419,2
1988	95,3	4,6	69,3	148,8	87,5	224,1	146,8	215,0	115,1	98,6	14,5	98,2	1317,7
1989	40,3	21,7	64,6	78,6	78,1	189,6	288,8	288,2	106,6	97,7	51,4	144,6	1450,2
1990	63,5	48,4	66,5	145,4	225,0	182,1	176,6	213,6	226,4	63,8	68,0	45,1	1524,5
1991	43,3	39,5	36,3	93,3	230,6	203,5	180,0	186,9	108,8	55,6	71,6	239,2	1488,8
1992	1,3	109,1	167,6	138,1	177,4	271,2	120,2	113,3	154,3	143,2	40,8	125,0	1561,4
1993	27,5	18,9	222,0	234,9	246,4	222,2	176,1	65,2	50,4	71,7	95,4	24,7	1455,5
1994	39,2	13,2	55,4	155,0	232,4	269,9	221,8	148,6	120,7	145,5	86,3	122,7	1610,7
1995	99,1	8,5	32,5	149,6	113,3	413,4	209,5	241,4	75,9	107,6	39,7	0,0	1490,6
1996	57,7	61,6	115,1	164,3	187,4	122,1	111,9	264,5	75,5	104,0	107,8	59,0	1430,9
1997	124,4	44,0	7,3	179,3	89,0	301,6	224,5	95,0	106,8	155,9	86,6	36,5	1450,9
1998	28,4	43,5	58,4	98,1	192,7	160,7	128,9	162,9	107,1	21,7	33,2	40,9	1076,4
1999	36,8	40,6	68,8	44,8	130,3	328,1	97,6	258,2	118,5	27,9	66,7	47,1	1265,4
2000	30,1	167,7	58,5	104,7	82,2	569,0	83,0	105,1	73,7	164,8	46,7	130,2	1615,7
2001	211,9	105,0	267,5	56,8	270,2	295,2	408,1	137,6	57,6	14,5	65,9	29,5	1919,8
2002	80,5	139,8	208,3	138,2	194,5	150,7	106,1	229,6	180,8	345,7	229,7	77,5	2081,4
2003	154,2	31,1	161,8	31,2	88,3	369,5	132,7	242,7	91,7	152,0	90,8	118,0	1664,0
2004	27,8	8,3	62,8	376,4	25,8	413,5	133,2	84,6	139,3	127,2	66,2	77,7	1542,8
2005	67,8	4,5	147,0	83,0	455,7	377,8	154,0	189,1	39,4	79,6	233,8	24,5	1856,2
2006	207,0	46,1	133,7	66,2	88,5	215,0	257,4	157,1	65,7	183,2	97,5	215,8	1733,2
2007	2,8	51,6	76,6	171,0	70,9	230,1	160,5	84,3	138,1	234,6	16,9	37,8	1275,2
2008	39,4	49,9	29,3	198,9	264,1	243,3	284,6	265,7	28,0	58,9	140,0	30,6	1632,7
2009	19,7	73,5	95,3	180,9	274,6	199,6	89,1	375,0	34,3	260,5	125,3	89,2	1817,0
2010	93,7	92,0	73,0	104,7	98,2	312,8	121,4	165,8	95,4	35,3	67,6	86,4	1346,3
2011	32,4	30,6	152,8	132,1	88,1	190,0	195,9	198,4	134,3	44,5	62,9	23,6	1285,6
2012	125,7	114,1	39,1	49,5	241,4	277,8	125,8	212,7	60,5	72,3	37,2	174,4	1530,5
2013	63,0	44,1	106,8	52,4	213,1	210,2	223,5	336,0	171,4	10,0	60,7	76,0	1567,2
2014	115,3	42,3	46,6	89,3	166,3	192,5	100,3	230,4	109,5	141,8	92,9	46,5	1373,7
2015	7,0	6,0	81,9	86,0	329,4	267,8	324,9	229,4	49,6	24,0	48,3	30,5	1484,8
2016	7,0	42,7	18,9	98,6	12,5	28,0	71,1	347,0	60,5	98,0	104,5	46,6	935,4
Promedio	65,06	52,22	93,08	125,51	169,98	252,30	180,48	199,20	101,24	110,34	79,61	77,79	1506,79
Desv. Est.	56,33	41,05	63,54	68,91	97,78	105,54	85,68	79,94	46,95	77,93	51,07	58,81	236,17

En el Anexo 8-1 digital se incluyen los cálculos y procesos estadísticos desarrollados.

8.1.1.4. Determinación de las Curvas de Variación Estacional de Precipitaciones

A partir de las estadísticas de precipitaciones rellenadas, se procedió al Análisis de Frecuencia anual y mensual. Para el análisis anual, se calcularon los valores de precipitación para probabilidades de excedencia de 5, 10, 20, 50, 80, 85, 90 y 95%, utilizando para ello cinco distribuciones de probabilidad, siendo ellas: (i) Normal; (ii) Gumbel; (iii) Pearson III; (iv) Log-Normal; (v) Log-Pearson. Para cada una de ellas, además de los valores de precipitación, se ha estimado el grado de ajuste de distribución, a través del denominado Test-χ^2.

El Test-χ^2 acepta la hipótesis con un nivel de confianza α% (es decir, acepta la distribución propuesta), siempre y cuando el valor del estadístico χ^2 calculado con los valores observados y la distribución ajustada sea menor al valor de χ^2 calculado según la función de densidad teórica de la distribución χ^2 para una probabilidad α%.

Para este caso, se ha utilizado un nivel de confianza 95%, por lo que se acepta como distribución de densidad de probabilidad ajustada a los datos medidos, a aquella se cumpla que:

$$\chi^2(calculado) \leq \chi^2(0{,}05)$$

En el caso de ajustarse más de alguna distribución a los datos de una misma estación, se ha determinado como distribución de mejor ajuste a aquélla porcentualmente menor respecto al χ^2 lím 95% (es decir, aquella que minimiza la proporción χ^2(calculado)/χ^2(0,05)). Cabe destacar que esta condición se ha aplicado también en el caso en que no se cumpla que χ^2(0,05) ≥ χ^2(calculado), aceptando como distribución de mejor ajuste aquella que minimiza la razón señalada.

Los resultados obtenidos del análisis de frecuencia de precipitación anual se proporcionan, en forma resumida para estación, en la Tabla 8.1-21; en ella se destaca además la distribución de mejor ajuste, de acuerdo a los análisis realizados.

En el Anexo 8-2 digital se incluye el detalle de los cálculos y resultados obtenidos.

Tabla 8.1-21: Análisis de distribución de frecuencia - precipitaciones anuales (mm) en estaciones seleccionadas

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST χ^2	
		5	10	20	50	80	85	90	95	χ^2(calc.)	χ^2(0,05)
MAULLIN	Normal	2.287,2	2.152,6	1.989,6	1.678,0	1.366,5	1.294,3	1.203,4	1.068,8	0,3	9,49
	Log-Normal	2.502,9	2.276,7	2.030,0	1.630,4	1.309,5	1.244,7	1.167,6	1.062,1	2,5	9,49
	Pearson	2.226,7	2.126,4	1.994,8	1.710,5	1.380,2	1.296,7	1.187,9	1.018,7	0,6	7,81
	Log-Pearson	2.132,3	2.087,6	2.005,0	1.750,1	1.381,4	1.285,3	1.161,8	977,9	3,1	7,81
	Gumbel	2.488,7	2.248,6	1.998,2	1.620,2	1.339,1	1.284,3	1.219,7	1.131,9	1,1	9,49
PUERTO MONTT	Normal	2.471,5	2.336,3	2.172,6	1.859,7	1.546,8	1.474,3	1.383,1	1.248,0	2,9	9,49
	Log-Normal	2.558,8	2.374,1	2.168,2	1.823,0	1.532,7	1.472,4	1.399,8	1.298,8	2,1	9,49
	Pearson	2.496,6	2.345,0	2.167,2	1.844,3	1.543,3	1.476,6	1.394,2	1.275,4	3,6	7,81
	Log-Pearson	2.485,6	2.344,9	2.174,2	1.851,9	1.542,6	1.473,7	1.388,8	1.267,2	4,1	7,81
	Gumbel	2.673,8	2.432,7	2.181,3	1.801,6	1.519,4	1.464,3	1.399,4	1.311,3	3,4	9,49
PURRANQUE	Normal	1.654,7	1.580,6	1.490,9	1.319,5	1.148,1	1.108,3	1.058,4	984,3	0,7	9,49
	Log-Normal	1.710,7	1.610,8	1.497,6	1.303,0	1.133,6	1.097,6	1.054,0	992,5	2,1	9,49
	Pearson	1.621,2	1.566,1	1.493,8	1.337,4	1.155,7	1.109,7	1.049,8	956,6	0,7	7,81
	Log-Pearson	1.623,5	1.571,4	1.499,5	1.337,5	1.149,6	1.103,5	1.044,7	956,5	0,6	7,81

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST χ^2	
		5	10	20	50	80	85	90	95	χ^2(calc.)	χ^2(0,05)
	Gumbel	1.765,6	1.633,4	1.495,7	1.287,7	1.133,0	1.102,9	1.067,3	1.019,0	3,3	9,49
FRUTILLAR	Normal	1.860,6	1.771,9	1.664,5	1.459,3	1.254,0	1.206,5	1.146,6	1.058,0	6,4	9,49
	Log-Normal	1.913,3	1.796,6	1.664,6	1.438,8	1.243,6	1.202,3	1.152,3	1.082,0	4,6	9,49
	Pearson	1.853,0	1.769,0	1.665,7	1.463,6	1.255,4	1.206,3	1.144,0	1.050,7	6,4	7,81
	Log-Pearson	1.866,5	1.777,6	1.668,6	1.458,2	1.250,4	1.203,3	1.144,6	1.059,4	6,4	7,81
	Gumbel	1.993,3	1.835,1	1.670,2	1.421,1	1.236,0	1.199,9	1.157,3	1.099,5	5,9	9,49
FRESIA	Normal	1.994,2	1.896,3	1.777,7	1.551,1	1.324,4	1.271,9	1.205,8	1.107,9	6,0	9,49
	Log-Normal	2.010,5	1.892,8	1.759,4	1.530,0	1.330,5	1.288,2	1.236,8	1.164,3	5,6	9,49
	Pearson	2.051,9	1.910,7	1.756,7	1.510,7	1.321,9	1.285,6	1.243,4	1.188,1	4,9	7,81
	Log-Pearson	2.058,0	1.906,3	1.747,9	1.507,0	1.327,4	1.292,7	1.252,1	1.197,9	4,9	7,81
	Gumbel	2.140,8	1.966,1	1.784,0	1.509,0	1.304,6	1.264,7	1.217,6	1.153,8	0,8	9,49
RUPANCO	Normal	2.117,1	2.016,7	1.895,2	1.662,9	1.430,5	1.376,7	1.309,0	1.208,6	2,1	9,49
	Log-Normal	2.179,4	2.046,7	1.896,6	1.639,7	1.417,6	1.370,6	1.313,7	1.233,7	4,2	9,49
	Pearson	2.108,4	2.013,3	1.896,5	1.667,9	1.432,1	1.376,5	1.305,9	1.200,2	3,3	7,81
	Log-Pearson	2.113,4	2.019,3	1.901,2	1.666,8	1.427,8	1.372,6	1.303,7	1.203,0	3,3	7,81
	Gumbel	2.267,3	2.088,3	1.901,6	1.619,7	1.410,2	1.369,3	1.321,1	1.255,6	3,7	9,49
ADOLFO MATTHEI	Normal	1.612,0	1.529,9	1.430,5	1.240,6	1.050,6	1.006,6	951,2	869,1	0,6	9,49
	Log-Normal	1.672,4	1.559,7	1.433,3	1.219,5	1.037,6	999,5	953,5	889,2	1,3	9,49
	Pearson	1.597,6	1.524,1	1.432,5	1.248,7	1.053,4	1.006,5	946,5	855,8	0,3	7,81
	Log-Pearson	1.609,2	1.533,3	1.437,1	1.244,5	1.047,1	1.001,7	945,0	862,3	0,5	7,81
	Gumbel	1.734,8	1.588,4	1.435,8	1.205,3	1.033,9	1.000,5	961,1	907,6	4,5	9,49
TRINIDAD	Normal	2.220,2	2.110,9	1.978,5	1.725,5	1.472,5	1.413,9	1.340,1	1.230,8	2,4	9,49
	Log-Normal	2.306,6	2.155,7	1.986,1	1.698,2	1.452,1	1.400,3	1.337,9	1.250,4	1,7	9,49
	Pearson	2.191,8	2.099,2	1.981,9	1.741,2	1.478,3	1.414,1	1.331,5	1.205,5	2,4	7,81
	Log-Pearson	2.189,5	2.104,1	1.990,0	1.743,8	1.471,8	1.406,8	1.324,8	1.203,5	2,4	7,81
	Gumbel	2.383,8	2.188,8	1.985,5	1.678,5	1.450,3	1.405,8	1.353,3	1.282,0	1,7	9,49
QUEMCHI	Normal	2.843,0	2.730,4	2.593,9	2.333,2	2.072,5	2.012,0	1.936,0	1.823,4	4,7	9,49
	Log-Normal	2.878,3	2.742,7	2.587,0	2.313,5	2.068,9	2.016,0	1.951,4	1.859,5	3,3	9,49
	Pearson	2.877,5	2.741,5	2.585,2	2.311,3	2.068,4	2.016,3	1.953,0	1.863,5	4,8	7,81
	Log-Pearson	2.864,7	2.737,6	2.588,8	2.319,8	2.070,7	2.015,8	1.948,2	1.851,0	3,3	7,81
	Gumbel	3.011,6	2.810,7	2.601,2	2.284,8	2.049,6	2.003,7	1.949,6	1.876,2	2,3	9,49
CASTRO	Normal	2.251,3	2.142,5	2.010,6	1.758,7	1.506,7	1.448,3	1.374,9	1.266,0	4,2	9,49
	Log-Normal	2.312,1	2.169,5	2.008,6	1.733,5	1.496,0	1.445,8	1.385,1	1.299,7	3,9	9,49
	Pearson	2.271,9	2.149,6	2.006,1	1.746,0	1.503,8	1.450,2	1.384,0	1.288,5	4,1	7,81
	Log-Pearson	2.245,5	2.142,2	2.013,6	1.760,8	1.506,0	1.447,6	1.374,8	1.268,7	4,2	7,81
	Gumbel	2.414,2	2.220,1	2.017,6	1.711,9	1.484,6	1.440,3	1.388,0	1.317,0	5,0	9,49
ANCUD	Normal	2.630,2	2.517,4	2.380,7	2.119,4	1.858,2	1.797,6	1.721,5	1.608,6	2,3	9,49
	Log-Normal	2.692,6	2.547,8	2.382,8	2.096,5	1.844,7	1.790,8	1.725,2	1.632,4	1,7	9,49
	Pearson	2.620,0	2.513,4	2.382,2	2.125,3	1.860,0	1.797,4	1.717,9	1.598,8	3,3	7,81
	Log-Pearson	2.611,3	2.513,4	2.387,9	2.130,6	1.858,2	1.793,9	1.712,9	1.593,0	3,3	7,81
	Gumbel	2.799,2	2.597,8	2.387,9	2.070,9	1.835,3	1.789,3	1.735,1	1.661,5	4,4	9,49
CHEPU	Normal	2.995,1	2.875,7	2.731,1	2.454,8	2.178,4	2.114,3	2.033,8	1.914,4	2,0	9,49
	Log-Normal	3.032,5	2.888,7	2.723,5	2.433,7	2.174,7	2.118,8	2.050,4	1.953,2	1,1	9,49
	Pearson	3.030,5	2.887,3	2.722,3	2.432,4	2.174,1	2.118,6	2.051,0	1.955,3	1,1	7,81

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST χ^2	
		5	10	20	50	80	85	90	95	χ^2(calc.)	χ^2(0,05)
	Log-Pearson	3.021,9	2.884,8	2.725,0	2.438,6	2.176,1	2.118,6	2.047,9	1.946,6	1,1	7,81
	Gumbel	3.173,9	2.960,9	2.738,8	2.403,4	2.154,2	2.105,5	2.048,2	1.970,3	2,4	9,49
CUCAO	Normal	2.451,1	2.352,7	2.233,5	2.005,8	1.778,0	1.725,2	1.658,8	1.560,5	5,1	9,49
	Log-Normal	2.540,0	2.405,6	2.252,2	1.985,8	1.750,8	1.700,5	1.639,2	1.552,4	6,3	9,49
	Pearson	2.370,2	2.314,8	2.236,0	2.046,5	1.799,3	1.733,0	1.644,4	1.502,3	4,9	7,81
	Log-Pearson	2.325,4	2.294,5	2.238,5	2.065,6	1.802,3	1.729,7	1.633,1	1.481,4	6,3	7,81
	Gumbel	2.598,4	2.422,8	2.239,9	1.963,5	1.758,0	1.717,9	1.670,7	1.606,5	8,6	9,49
LAGO ESPOLON	Normal	3.274,7	3.127,2	2.948,6	2.607,2	2.265,9	2.186,8	2.087,3	1.939,8	9,0	9,49
	Log-Normal	3.353,2	3.163,4	2.947,9	2.576,0	2.251,0	2.181,7	2.097,6	1.978,9	5,1	9,49
	Pearson	3.300,6	3.136,3	2.943,1	2.591,4	2.262,2	2.189,0	2.098,6	1.968,0	9,0	7,81
	Log-Pearson	3.247,0	3.118,6	2.954,5	2.620,0	2.268,2	2.185,7	2.081,9	1.928,8	10,3	7,81
	Gumbel	3.495,5	3.232,4	2.958,1	2.543,8	2.235,9	2.175,8	2.105,0	2.008,9	5,5	9,49
PALENA	Normal	1.895,3	1.809,5	1.705,5	1.506,8	1.308,1	1.262,0	1.204,1	1.118,2	3,0	9,49
	Log-Normal	1.942,6	1.831,5	1.705,5	1.488,3	1.298,8	1.258,5	1.209,5	1.140,3	1,3	9,49
	Pearson	1.901,8	1.811,8	1.704,3	1.503,0	1.307,0	1.262,4	1.206,6	1.124,9	3,0	7,81
	Log-Pearson	1.884,7	1.807,4	1.709,5	1.512,4	1.308,0	1.260,4	1.200,7	1.112,8	3,0	7,81
	Gumbel	2.023,9	1.870,7	1.711,0	1.469,9	1.290,6	1.255,7	1.214,4	1.158,4	3,2	9,49

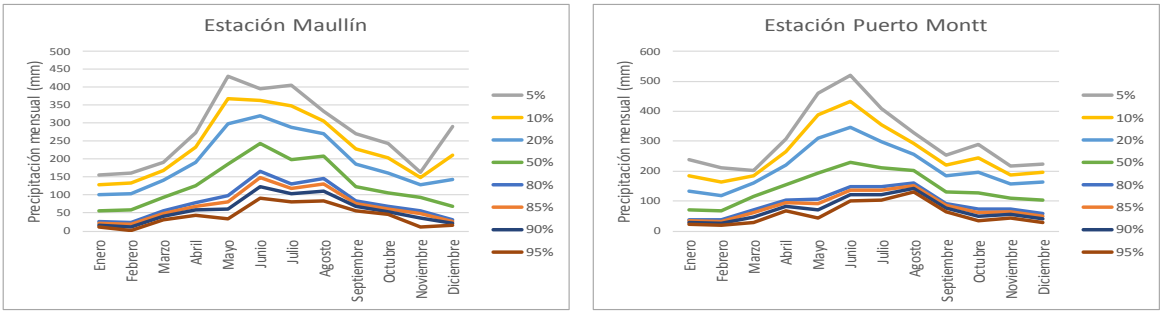
Nota: celda sombreada corresponde a la distribución escogida

Ref.: Elaboración propia

A partir de las series analizadas, la distribución Log-Normal es la que más se repite como distribución de mejor ajuste (8 casos), seguida por la distribución Normal (4 casos); las distribuciones Gumbel y Pearson se ajustan a los registros de 2 y 1 estaciones, respectivamente.

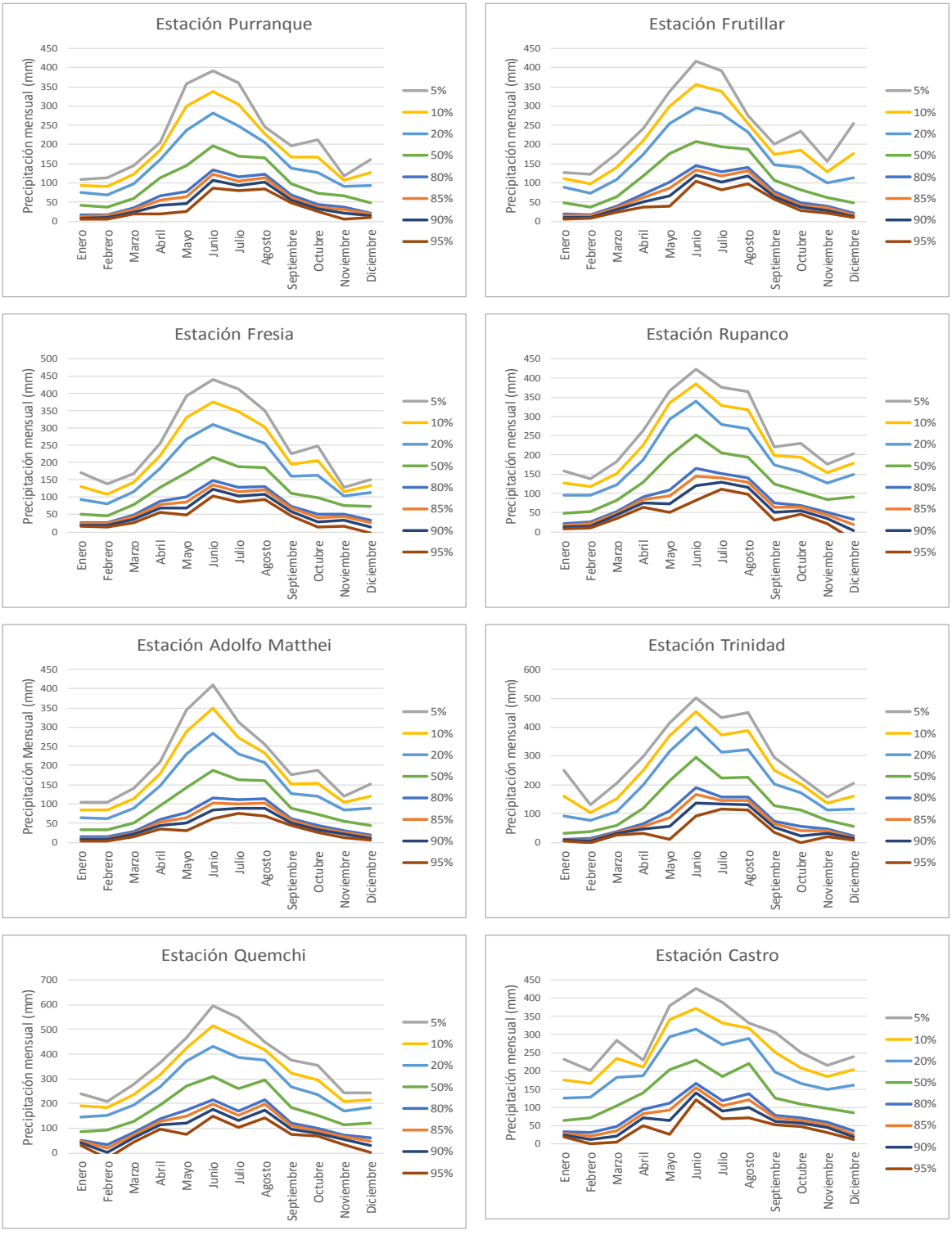
En las siguientes figuras se incluyen las curvas de variación estacional para las precipitaciones mensuales obtenida (los detalles se pueden consultar en el Anexo 8-2 digital).

Figura 8.1-5 Curvas de Variación Estacional



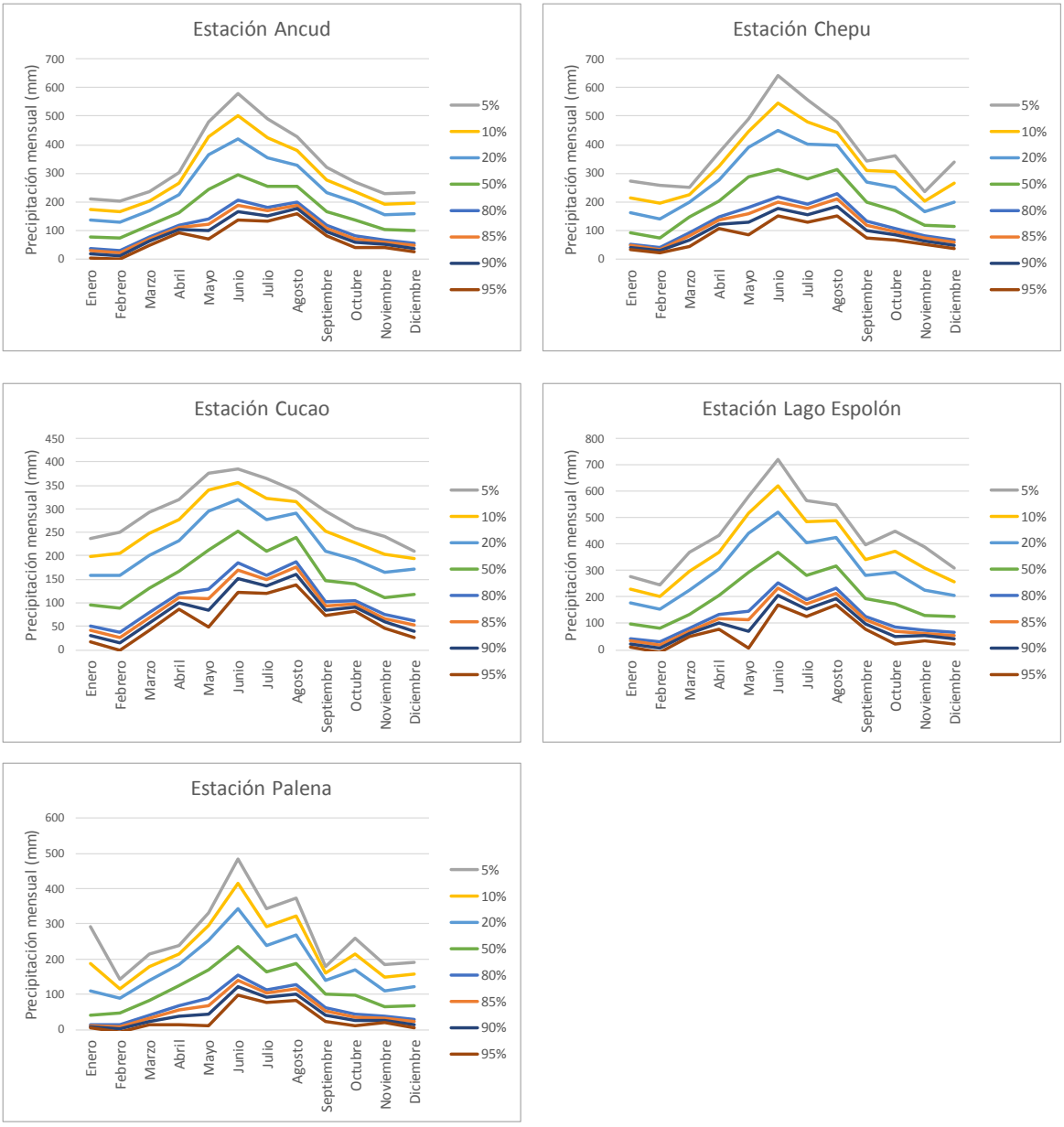
Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-6 Curvas de Variación Estacional (cont.)



Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-7 Curvas de Variación Estacional (cont.)



Ref.: Elaboración propia

Conocidos para cada estación pluviométrica, la precipitación media anual (promedio), así como la ubicación georreferenciada correspondiente, se procedió a elaborar el plano de isoyetas medias anuales resultantes. El procedimiento de elaboración de las isoyetas fue a través del software Arc Gis, mediante su herramienta Arc Tool Box. En el Mapa Temático 8.1-1 se pueden ver las isoyetas generadas. Además, en el Mapa Temático 8.1-2 se pueden ver

gráficos de estaciones pluviométricas con información de precipitación media anual, media anual en 30 años y media anual móvil de 5 años.

8.1.1.5. Análisis de Precipitaciones Máximas

Con el objetivo de determinar caudales máximos instantáneos en cuencas donde se extraerán recursos superficiales para riego, se recopilaron y procesaron precipitaciones máximas diarias (P_{max}^{24h}).

Para los análisis se han seleccionado todas aquellas estaciones que, estando dentro de la X Región, presentan al menos 15 valores medidos. Respecto a la disponibilidad de datos, en general, puede decirse que una fracción menor de las estaciones analizadas presentan menos de 15 datos (solo 12 de las 34 estaciones estudiadas); dejando fuera las estaciones que no cumplen con esta condición, las 22 estaciones restantes (las que sí cumplen), poseen, en promedio, 23 datos observados, con una mínima de 16 y una máxima de 43. La información base histórica se incluye en el Anexo 8-1 digital.

Ahora bien, para la obtención de caudales instantáneos para diferentes períodos de retorno, interesa establecer, dadas las metodologías de cálculo disponibles, la precipitación máxima diaria para un período de retorno T de 10 años (P_{10}^{24h}). Su determinación es análoga a la que se efectúa en el análisis de frecuencia ya visto, interesando su valor y la distribución de probabilidades con mejor ajuste.

Los resultados se incluyen en la Tabla 8.1-22; en ella se indica, para cada estación, la distribución de probabilidades con mejor ajuste, la precipitación máxima diaria para T = 10 años y los parámetros del Test-χ^2. El cálculo se presenta en el Anexo 8-3 digital.

Tabla 8.1-22: Precipitaciones máximas (mm) en 24 horas para T = 10 años - estaciones pluviométricas seleccionadas

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	P_{10}^{24h} (mm)	TEST χ^2	
			χ^2(calculado)	χ^2(0,05)
PUERTO MONTT	Pearson	83,8	4,82	7,81
ADOLFO MATTHEI	Gumbel	81,4	1,92	9,49
FRUTILLAR	Log-Normal	71,4	3,70	9,49
TRINIDAD	Pearson	99,4	1,63	7,81
RUPANCO	Log-Normal	82,9	3,44	9,49
PURRANQUE	Normal	80,1	2,03	9,49
MAULLIN	Pearson	72,9	0,81	7,81
FRESIA	Normal	81,8	2,84	9,49
ANCUD	Log-Normal	87,1	2,73	9,49
CASTRO	Pearson	87,8	1,53	7,81
CHEPU	Gumbel	102,5	3,43	9,49
CUCAO	Pearson	85,1	1,77	7,81
QUEMCHI	Normal	97,9	3,80	9,49
LAGO ESPOLON	Pearson	109,9	0,50	7,81
PALENA	Pearson	93,2	1,84	7,81
ENSENADA	Gumbel	114,0	2,73	9,49
HORNOPIREN	Log-Normal	161,6	6,30	9,49
LAGO CHAPO	Gumbel	120,8	3,53	9,49
PUELO	Pearson	114,9	1,50	7,81
PUERTO CARDENAS	Log-Normal	169,7	0,50	9,49
QUELLON	Log-Normal	79,3	1,53	9,49
VALLE RIO FRIO	Log-Normal	131,3	3,83	9,49

Ref.: Elaboración propia

Conocidos para cada estación pluviométrica tanto el valor de P_{10}^{24h}, como la ubicación georreferenciada correspondiente, se procedió a elaborar el plano de isoyetas resultante. El procedimiento de elaboración de las isoyetas fue a través del software Arc Gis, mediante su herramienta Arc Tool Box. En el Mapa Temático 8.1-1 se pueden ver las isoyetas generadas.

8.1.2. Análisis Fluviométrico

8.1.2.1. Generalidades

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

La mayoría de las veces en gran parte de sus cursos inferiores se hace posible la navegación por la presencia de lagos precordilleranos en su curso superior, los cuales regulan sus cursos de agua en forma natural y además son receptores de los sedimentos arrastrados desde las montañas. Estos ríos también presentan una gran potencialidad hidroeléctrica con los desniveles que existen entre la cordillera y la depresión intermedia.

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

Río Maullín: tiene una longitud de 85 km. Su caudal medio es de 100 m3/s, y un régimen de alimentación netamente pluvial. Nace en el lago Llanquihue y desemboca en la amplia bahía de Maullín, y sólo es navegable en su curso inferior por naves de poco calado. Su hoya hidrográfica tiene una superficie de 4.300 km2.

Río Petrohué: posee una longitud de 36 km. Nace en el extremo occidental del lago Todos los Santos hasta su desembocadura en el fiordo de Reloncaví, en la bahía de Ralún. Su hoya hidrográfica es de 2.640 km2, su régimen de alimentación es pluvial y está regulado por el lago Todos los Santos; su caudal medio es de 278 m3/s.

Río Puelo: nace en el lago Puelo y desemboca en el estuario de Reloncaví después de recorrer 120 km. Tiene un régimen de alimentación pluvial y su caudal medio es de 670 m3/seg. Sus aguas se utilizan en la producción de energía hidroeléctrica en la central Puelo. La hoya del río Puelo es de 8.830 km2, de las cuales sólo 2.990 km2 están en territorio chileno.

Río Yelcho: nace en el lago Yelcho y desemboca en la ensenada de Chaitén en el golfo de Corcovado. Es alimentado por los ríos Futaleufú, Correntoso, Cascada, Enredadera y Malito.

Tiene una extensión de 246 km y una hoya hidrográfica transandina de 11.000 km2. Su régimen de alimentación es pluvial y su caudal medio es de 360 m3/seg. Es navegable a excepción en el sector de su desembocadura.

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

En el continente, al sur del estero de Reloncaví, los ríos desarrollan la mayor parte de sus hoyas en territorio argentino. Sus nacientes se ubican en la vertiente andina oriental, corriendo dilatadamente por el ámbito trasandino para luego cortar la cordillera por estrechos valles. Presentan rápidos en su curso inferior y desembocan en amplios fiordos. Aquí se ubican los sistemas de los ríos Puelo, Yelcho y Palena.

A continuación, se presenta el desarrollo del análisis estadístico de caudales medios mensuales y anuales, así como las curvas de variación estacional asociadas, correspondientes a las principales estaciones fluviométricas localizadas en el área de estudio.

8.1.2.2. Antecedentes recopilados

Se consideraron las estaciones fluviométricas de la red hidrométrica DGA que cumplen con las siguientes condiciones:

i. Localización: aquellas que se encuentran en las cercanías del área general del interés del estudio y/o sean útiles para efectos de correlación entre estaciones.

ii. Series de caudales medios mensuales: aquellas que cuentan con registros históricos de longitud mínima aceptable y escasez de vacíos; se ha considerado una longitud de datos medidos aceptable de 15 años como mínimo, salvo excepciones justificadas.

iii. Vigencia: se consideran indistintamente las estaciones vigentes y suspendidas, siempre que cumplan con lo establecido en los puntos (i) y (ii) precedentes.

iv. Grado de actualización de las series: sin perjuicio de los puntos precedentes, se consideran preferentemente -salvo excepciones que lo justifiquen- aquellas estaciones que poseen registros a la fecha actual.

De esta forma, las estaciones fluviométricas que se consideraron para el proceso estadístico son las que se indican en la Tabla 8.1-23, totalizando 9 estaciones seleccionadas**.**

Tabla 8.1-23: Estaciones fluviométricas DGA consideradas en análisis estadístico de caudales medios mensuales y anuales (datum de coordenadas: WGS84 H18S)

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

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

La ubicación de las estaciones fluviométricas se puede ver en el Plano 8.1-1.

En el acápite 4.1.1 se detallan las características de los registros (longitud, distribución, etc.); los datos originales de fluviometría extraídos del BNA de la DGA se incluyen en el Anexo 4-1 digital.

8.1.2.3. Caracterización general de la calidad de las series estadísticas consideradas

En general, las series históricas seleccionadas según los criterios señalados en el numeral 8.1.2.2, muestran las siguientes características:

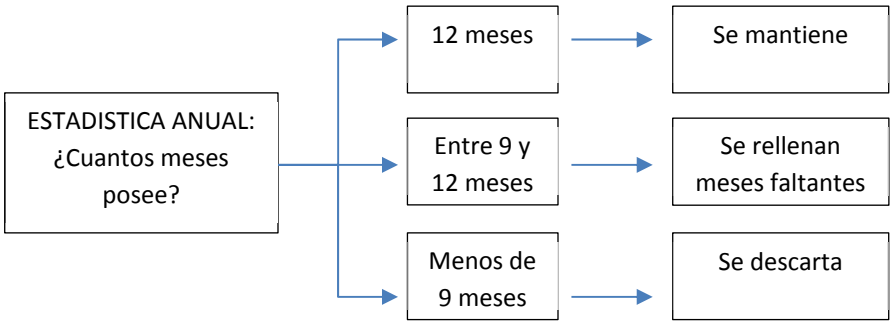
a) La estación fluviométrica cuya serie observada presenta la mejor característica de calidad corresponde a la de Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco (Cód. BNA: 10343001-1), cuya data se remonta, de forma cuasi continua desde el año 1986.

b) La mayoría de las estaciones fluviométricas seleccionadas poseen datos observados hasta la fecha actual, aunque presentando años vacíos o incompletos. Sólo 2 estaciones: "Río Forrahue en Aromos" y "Río Negro en Las Lomas" presentan menos de 20 años completos.

8.1.2.4. Relleno y extensión de estadísticas

Al igual que lo señalado en el capítulo de las precipitaciones, el relleno y extensión de las estadísticas fluviométricas considerará el período comprendido entre 1987 y 2016 (30 años).

Como fue descrito en el punto anterior, existen series de datos de las estaciones fluviométricas que presentan años con información mensual parcial y otros años simplemente sin información. Para los años con información mensual parcial, se debe evaluar la factibilidad de rellenar los datos mensuales, siguiendo el siguiente esquema:



El método utilizado para rellenar los meses faltantes es análogo al llamado Módulos Pluviométricos, que se basa en caracterizar el valor alcanzado por el caudal (o precipitación) en el mes y año que no se tiene el dato, usando como base la estadística de una o más estaciones cercanas.

Al usar este método, se asume que la proporción entre el caudal del mes *m* en el año *a*, con el promedio de los caudales para el mismo mes *m* en varios años cercanos al año *a* es similar entre las estaciones utilizadas. Lo anterior se expresa en la siguiente fórmula:

$$Q_A(m,a) = \frac{Q_B(m,a)}{PROMEDIO_{i=1\ldots n}[Q_B(m,a_i)]} * PROMEDIO_{i=1\ldots n}[Q_A(m,a_i)]$$

Donde:

$Q_A(m,a)$: caudal medio mensual, para el mes m y el año a, en la estación A

$Q_B(m,a)$: caudal medio mensual, para el mes m y el año a, en la estación B

i : cantidad de años con estadística disponible para el mes *m* (mínimo 4 años).

Es importante señalar que, en la aplicación del método, los valores de entrada utilizados corresponden en su totalidad a mediciones reales, descartándose los caudales mensuales generados por fórmulas.

Al efectuar el relleno de la estadística mensual, los pares de estaciones fueron seleccionados bajo los criterios usuales en este tipo de cálculo, priorizando entonces las estaciones que fueran similares en los siguientes aspectos: ubicación de cuenca hidrográfica, régimen hidrológico del cauce principal y sus tributarios, morfología de la cuenca, entre otros.

Asimismo, se permite el uso de datos cruzados, es decir, que dos estaciones se rellenen entre sí, siempre que no exista traslape entre los períodos de relleno. En la siguiente tabla se muestran los pares de estaciones considerados para el relleno:

Tabla 8.1-24: Pares de estaciones para relleno por módulos fluviométricos.

Estación Rellenada	Estación de Referencia
Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco	Río Rahue en Forrahue
Río Coihueco antes junta Pichicope	Río Damas en Tacamo
Río Negro en Chahuilco	Río Damas en Tacamo
Río Damas en Tacamo	Río Negro en Chahuilco
Río Forrahue en Aromos	Río Negro en Chahuilco
Río Rahue en Forrahue	Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco
Río Negro en Las Lomas	Río Vilcún en Bel-ben
Río Vilcún en Bel-ben	Río Negro en Las Lomas
Río Grande en San Pedro	Río Vilcún en Bel-ben

Luego de finalizado el proceso de relleno de los meses faltantes, la estadística anual disponible, incluyendo los años completados es la siguiente:

Tabla 8.1-25: Caudales Medios Anuales, se incluyen años rellenados.

Año \ Estación	Rio Rahue en Desague Lago Rupanco	Rio Coihueco antes junta Pichicope	Rio Negro en Chahuilco	Rio Damas en Tacamo	Río Forrahue en Aromos	Río Rahue en Forrahue	Río Negro en Las Lomas	Río Vilcún en Bel-ben	Río Grande en San Pedro
1987	96,74		55,14	8,13		224,12			
1988	71,25	22,10	31,56	3,34		156,69			
1989	94,43	26,05	42,62	5,02		204,60	5,64		
1990	122,09	38,11	57,24	8,87		257,77	10,81		
1991	102,41	33,91	51,60	7,90		312,67	10,55	12,33	
1992	125,87	36,17	71,78	9,46	4,77	320,94	10,15	12,12	24,50
1993	131,32	36,83	83,26	12,30	5,17	336,90	9,45	11,66	25,05
1994	130,21	40,06	71,86	10,01	4,69	269,69	11,22	15,64	35,24
1995	122,85	34,58	71,26	9,43	4,50	252,27	9,57	12,78	28,63
1996	85,36	25,47	39,39	5,15	2,18	175,97	6,61	14,55	24,20
1997	125,91	37,76	84,11	11,34	5,23	291,97	10,53	13,85	30,24
1998	67,38	17,38		3,67	2,26	139,62	4,28	8,98	21,32
1999		30,41		6,38	2,98	178,60	6,74	10,24	23,29
2000	104,64	35,79	61,89	9,82	3,77		10,20	14,24	24,44
2001	100,15	30,76	68,55	7,74	4,48		9,88	13,64	28,03
2002	123,97	39,75	90,55	10,83	5,69	318,31		16,89	31,92
2003	95,52	27,04	53,95	7,57	3,82	225,80	6,81	12,74	25,88
2004	112,50	30,12	61,08	10,83	4,48	271,67	10,36	13,87	23,39
2005	110,21	33,74	87,91	11,24	5,62	299,40	9,67	12,46	25,16
2006	118,08	32,33		11,96	4,83	302,74	9,97	13,03	27,46
2007	84,51	26,62	46,26	5,88	3,63	178,47	6,71	8,75	18,54
2008	101,74	28,29	71,88	9,45	5,26	223,74	9,39	11,84	24,66
2009	102,73	28,75	63,83	8,29		190,87	6,84	10,55	24,36
2010	99,43	30,59	46,83	7,28		189,99	5,53	9,46	24,34
2011	103,27	29,19	63,81	9,05		254,45	8,21	11,59	24,29
2012	101,15	29,33	46,17			208,13	8,06	10,44	26,44
2013	115,17	33,10	53,63			237,47	7,78	12,09	30,60
2014	106,42	31,40	64,31			252,67	7,34	13,59	27,72
2015	93,56	25,21	56,81	8,64			6,12	12,98	27,25
2016	61,40	14,60	19,61	3,33	1,36		4,08	5,69	15,55
Promedio	103,80	30,53	59,88	8,26	4,15	241,37	8,24	12,15	25,70
Años disponibles	29	29	27	27	18	26	27	26	25

Año con 3 meses o menos rellenados con módulos.

Con los datos de caudales medios anuales observados, se efectuaron correlaciones entre pares de estaciones. A partir de las gráficas obtenidas y sus respectivas ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación (R^2), se buscó la serie de pares de estaciones que tuviesen el mejor ajuste entre sí, cumpliendo además los criterios hidrológicos de similitud en características de la cuenca y régimen de los cauces. La ubicación de las estaciones fluviométricas se puede ver en el Plano 8.1-1.

Los resultados de dicho análisis se muestran en la Tabla 8.1-4, en términos de la pendiente ajustada, el intercepto de la recta y el coeficiente de correlación respectivo.

Tabla 8.1-26: Correlaciones de caudal medio anual entre estaciones (mejores resultados)

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA		PENDIENTE	INTERCEPTO	COEF. DE CORR.
DEPENDIENTE (Y = f(X))	DE REFERENCIA (X)	(m_L)	(b)	(R^2)
RIO RAHUE EN FORRAHUE	RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	2,6981	-42,1780	0,7218
RIO DAMAS EN TACAMO	RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE	0,3311	-1,8212	0,6558
RIO FORRAHUE EN AROMOS	RIO NEGRO EN CHAHUILCO	0,0606	0,3351	0,9341
RIO NEGRO EN LAS LOMAS	RIO FORRAHUE EN AROMOS	1,5729	2,1807	0,7543
RIO VILCUN EN BEL-BEN	RIO NEGRO EN LAS LOMAS	0,7557	5,7355	0,5039
RIO GRANDE EN SAN PEDRO	RIO VILCUN EN BEL-BEN	1,3474	9,3327	0,6314

Ref.: Elaboración propia

A continuación, se muestran los gráficos de las correlaciones efectuadas:

Figura 8.1-8: Correlaciones para extensión de estadística anual

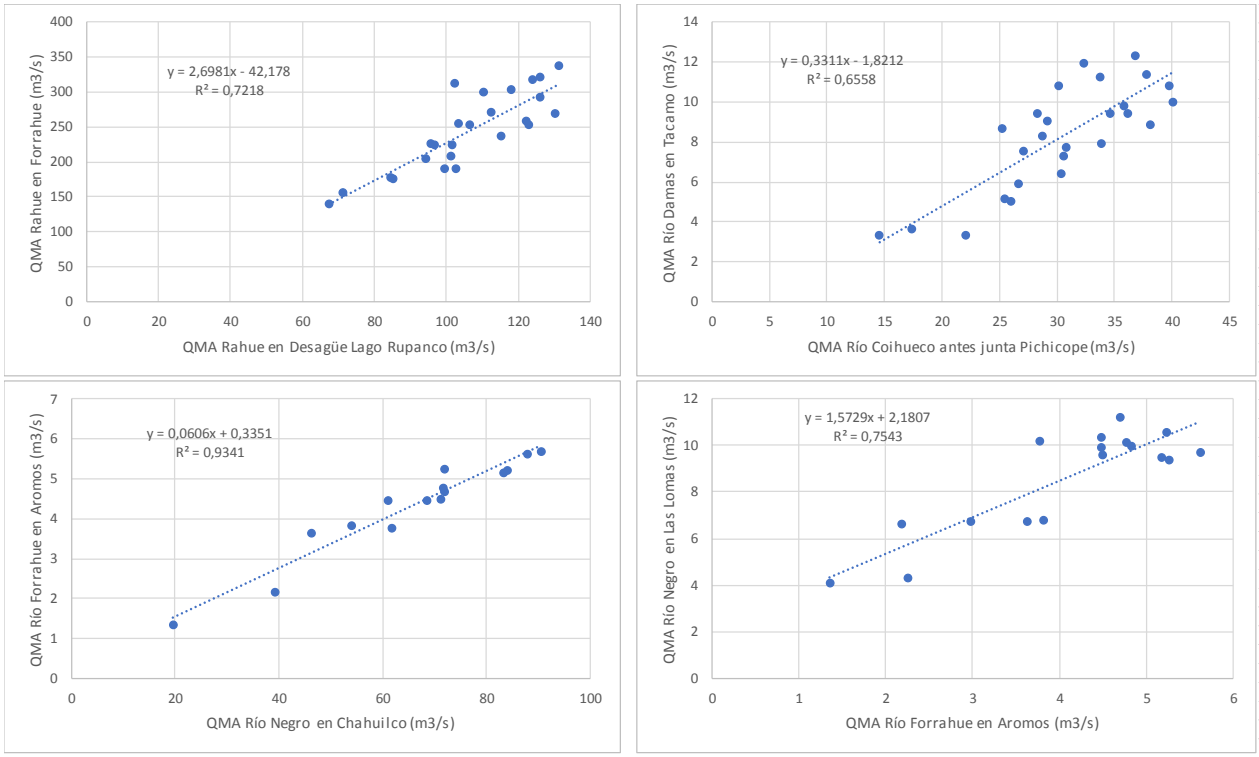
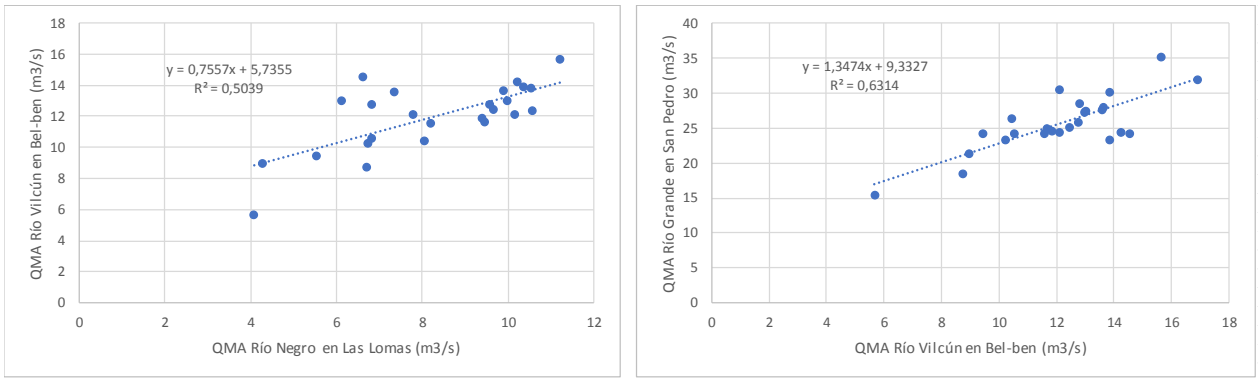


Figura 8.1-9: Correlaciones para extensión de estadística anual (cont.)



Tal como se aprecia en la Tabla 8.1-26, las correlaciones varían de aceptables a buenas, con un R^2 promedio del 70%, y valores máximo y mínimo respectivos de 93% y 50%. Cabe señalar que, de todos los análisis efectuados, éstos fueron los mejores ajustes posibles de encontrar, tales que las precipitaciones anuales extrapoladas fueran lo suficientemente coherentes con los datos históricos de cada estación.

Determinadas las correlaciones, se procedió a la extensión de las estadísticas anuales de las estaciones consideradas. El método usado fue el siguiente:

- ✓ Método de correlación: aplica fundamentalmente para la extensión de series de precipitación anual, cuando la ausencia de datos mensuales es mayoritaria. Para esto efectos, se recurre a la ecuación de regresión lineal generada para cada ajuste entre estaciones, cuya forma general es:

$$f(x) = m_L \cdot x + b$$

Donde:

m_L: pendiente de la recta de regresión

x: corresponde a la variable independiente (caudal de referencia)

b: intercepto de la variable x.

En la Tabla 8.1-27 se incluyen los caudales medios anuales rellenados y extrapolados.

Tabla 8.1-27: Caudales Medios Anuales - Datos Extendidos (m3/s)

Año \ Estación	Rio Rahue en Desague Lago Rupanco	Rio Coihueco antes junta Pichicope	Rio Negro en Chahuilco	Rio Damas en Tacamo	Río Forrahue en Aromos	Río Rahue en Forrahue	Río Negro en Las Lomas	Río Vilcún en Bel-ben	Río Grande en San Pedro
1987	96,74	30,08	55,14	8,13	3,68	224,12	7,93	11,63	25,17
1988	71,25	22,10	31,56	3,34	2,26	156,69	5,70	10,04	22,99
1989	94,43	26,05	42,62	5,02	2,93	204,60	6,75	10,79	24,01
1990	122,09	38,11	57,24	8,87	3,81	257,77	8,13	11,77	25,36
1991	102,41	33,91	51,60	7,90	3,47	312,67	10,55	12,33	26,13
1992	125,87	36,17	71,78	9,46	4,77	320,94	10,15	12,12	24,50
1993	131,32	36,83	83,26	12,30	5,17	336,90	9,45	11,66	25,05
1994	130,21	40,06	71,86	10,01	4,69	269,69	11,22	15,64	35,24
1995	122,85	34,58	71,26	9,43	4,50	252,27	9,57	12,78	28,63
1996	85,36	25,47	39,39	5,15	2,18	175,97	6,61	14,55	24,20
1997	125,91	37,76	84,11	11,34	5,23	291,97	10,53	13,85	30,24
1998	67,38	17,38	31,64	3,67	2,26	139,62	4,28	8,98	21,32
1999	81,90	30,41	43,55	6,38	2,98	178,60	6,74	10,24	23,29
2000	104,64	35,79	61,89	9,82	3,77	239,96	10,20	14,24	24,44
2001	100,15	30,76	68,55	7,74	4,48	227,84	9,88	13,64	28,03
2002	123,97	39,75	90,55	10,83	5,69	318,31	11,08	16,89	31,92
2003	95,52	27,04	53,95	7,57	3,82	225,80	6,81	12,74	25,88
2004	112,50	30,12	61,08	10,83	4,48	271,67	10,36	13,87	23,39
2005	110,21	33,74	87,91	11,24	5,62	299,40	9,67	12,46	25,16
2006	118,08	32,33	74,07	11,96	4,83	302,74	9,97	13,03	27,46
2007	84,51	26,62	46,26	5,88	3,63	178,47	6,71	8,75	18,54
2008	101,74	28,29	71,88	9,45	5,26	223,74	9,39	11,84	24,66
2009	102,73	28,75	63,83	8,29	4,21	190,87	6,84	10,55	24,36
2010	99,43	30,59	46,83	7,28	3,18	189,99	5,53	9,46	24,34
2011	103,27	29,19	63,81	9,05	4,21	254,45	8,21	11,59	24,29
2012	101,15	29,33	46,17	7,87	3,14	208,13	8,06	10,44	26,44
2013	115,17	33,10	53,63	9,13	3,59	237,47	7,78	12,09	30,60
2014	106,42	31,40	64,31	8,57	4,24	252,67	7,34	13,59	27,72
2015	93,56	25,21	56,81	8,64	3,78	210,07	6,12	12,98	27,25
2016	61,40	14,60	19,61	3,33	1,36	123,31	4,08	5,69	15,55
Promedio	103,07	30,52	58,87	8,28	3,91	235,89	8,19	12,01	25,54
Años disponibles	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Año con 3 meses o menos rellenados con módulos.
Año extendido por medio de correlación.

Realizado el relleno de la estadística de caudales medios anuales por medio de correlaciones entre estaciones, se tiene la serie completa de los 30 años en estudio. Luego, la estadística anual es utilizada para el relleno de la estadística mensual incompleta, lo que se efectúa por medio de la siguiente relación:

$$QMM_Y^{Año,mes} = \frac{QMM_X^{Año,mes}}{QMM_X^{Año}} \cdot QMM_Y^{Año}$$

donde:

$QMM_Y^{Año,\,mes}$: caudal medio mensual a estimar para el año y mes de la estación requerida (estación *Y*).

$QMM_X^{Año,\,mes}$: caudal medio mensual de la estación de referencia (estación *X*) en el mes y año requeridos.

$QMM_X^{Año}$: caudal medio anual correspondiente en la estación X.

$QMM_Y^{Año}$: caudal medio anual correspondiente en la estación Y, estimado previamente por correlación a partir de los datos de la estación X.

Además, se debe verificar que siempre el caudal medio anual de cada estación ($QMM_X^{Año}$) sea igual al promedio de los caudales medios mensuales correspondientes ($QMM_{X,i}$), es decir:

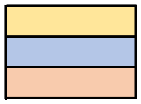
$$QMM_X^{Año} = \sum_{i=1}^{12} QMM_{X,i}$$

en que X hace referencia a una estación en específico y el subíndice i al correlativo de los meses del año que corresponda. Dicha condición se cumple a medida que los datos mensuales sean en su mayoría resultado del relleno mensual, mientras que, si un año posee la mayoría de los meses con datos observados, se deben corregir los valores mensuales de forma que el promedio de ellos sea igual al valor obtenido de la correlación.

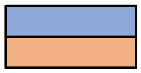
Existen casos en que algunos años tienen sobre 6 datos mensuales observados, lo que resulta en que la corrección planteada entrega valores notoriamente alejados de la tendencia para los meses rellenados. En estos casos, ya que no se cumple la relación de suma anual, se opta por establecer el valor del caudal medio anual, como el promedio de los valores mensuales (rellenados y observados).

Una vez aplicadas las relaciones descritas, se obtiene la estadística mensual completa para todas las estaciones en el período 1987-2016 (30 años).

A continuación, se presentan las tablas detalladas con los caudales medios mensuales, con la siguiente leyenda de colores:



Caudal Medio Mensual interpolado por módulos fluviométricos.
Caudal Medio Mensual extrapolado de caudal medio anual correlacionado y ajustado al valor del mismo.
Caudal Medio Mensual extrapolado de caudal medio anual correlacionado sin otro ajuste.



Caudal Medio Anual determinado con correlación entre estaciones.
Caudal Medio Anual que resulta de sumatoria de valores mensuales.

Tabla 8.1-28: QMM Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco (m3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	58,35	45,10	39,25	42,38	69,77	111,24	178,06	156,42	142,80	131,61	104,10	81,82	96,74
1988	69,29	53,73	41,72	43,15	56,63	77,01	91,59	88,15	93,14	78,25	86,84	75,45	71,25
1989	64,47	54,57	49,96	68,91	71,87	115,78	128,00	170,35	145,60	90,23	78,57	94,88	94,43
1990	87,43	69,79	55,48	116,99	139,45	186,00	169,23	169,94	145,80	134,06	101,88	89,01	122,09
1991	65,23	47,25	53,04	57,05	84,36	129,37	139,52	145,26	142,60	125,52	90,81	148,96	102,41
1992	155,71	87,13	79,63	84,35	126,23	155,60	138,00	110,72	118,34	154,26	171,57	128,84	125,87
1993	96,82	71,49	82,19	141,95	169,94	172,37	257,06	186,65	124,47	83,92	79,96	108,99	131,32
1994	72,48	62,98	53,45	58,51	134,59	218,91	226,97	189,65	148,20	147,39	124,60	124,74	130,21
1995	113,73	76,45	57,57	78,48	145,07	163,57	218,06	160,10	156,33	129,00	101,14	74,66	122,85
1996	53,26	50,06	61,47	80,65	85,73	101,24	85,65	116,86	118,67	96,74	100,36	73,67	85,36
1997	64,26	74,97	54,00	62,22	116,29	146,60	189,00	202,97	171,73	149,58	147,23	132,06	125,91
1998	87,04	59,69	48,82	45,66	46,80	59,43	78,29	119,97	85,01	72,62	61,10	44,11	67,38
1999	39,98	29,73	30,27	29,98	49,50	107,75	106,05	193,47	175,50	91,30	71,19	58,03	81,90
2000	49,41	58,81	58,34	56,36	62,80	157,45	205,68	165,42	126,10	125,74	101,21	88,40	104,64
2001	91,08	81,83	69,81	56,43	57,34	171,75	199,19	162,77	106,68	73,94	68,66	62,33	100,15
2002	47,31	35,96	47,92	59,16	109,65	160,30	154,65	174,42	160,53	204,94	192,83	139,94	123,97
2003	95,83	79,72	58,79	51,48	53,01	97,66	134,10	118,81	116,93	110,56	107,07	122,23	95,52
2004	85,77	55,67	48,27	108,71	94,69	107,15	228,42	140,42	145,13	121,10	122,73	91,97	112,50
2005	77,46	59,15	54,19	64,05	119,59	204,67	181,65	142,29	117,85	82,12	93,69	125,86	110,21
2006	107,85	75,14	71,44	77,82	95,08	152,77	208,74	169,90	125,43	119,68	118,23	94,91	118,08
2007	92,62	63,14	56,94	55,55	58,83	62,57	102,38	115,97	115,69	103,01	105,79	81,60	84,51
2008	68,32	51,22	43,62	49,78	86,87	125,40	161,00	195,94	183,30	106,07	85,37	64,00	101,74
2009	44,34	37,05	32,37	51,30	93,16	120,27	127,52	152,23	187,27	122,10	145,03	120,16	102,73
2010	101,30	88,59	74,84	67,78	75,85	74,42	156,50	124,77	127,70	92,64	107,76	101,03	99,43
2011	80,76	68,68	55,69	69,70	89,70	125,00	132,65	157,39	154,80	130,00	92,91	81,95	103,27
2012	55,12	63,20	75,38	60,95	78,80	169,23	203,74	139,81	116,80	94,20	73,39	83,12	101,15
2013	97,25	71,53	67,64	59,25	109,10	188,67	184,94	156,48	150,00	126,19	99,20	71,75	115,17
2014	60,78	64,08	57,41	73,92	111,46	153,40	138,77	181,19	134,40	122,13	104,16	75,35	106,42
2015	56,04	41,88	33,88	37,97	53,32	143,24	147,84	178,26	168,47	110,10	77,38	74,36	93,56
2016	57,51	43,58	35,96	36,11	39,77	36,52	41,26	90,86	102,46	85,33	89,24	78,18	61,40

Tabla 8.1-29: QMM Río Coihueco antes junta Pichicope (m3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	3,07	2,23	2,08	5,15	12,85	36,56	139,16	37,59	44,76	36,47	19,57	21,47	30,08
1988	14,38	6,74	7,16	19,13	22,74	43,61	22,90	40,47	29,64	22,13	20,09	16,15	22,10
1989	14,51	8,53	5,91	5,83	21,63	57,06	40,91	60,03	27,48	14,22	17,02	39,44	26,05
1990	15,26	12,72	13,07	55,88	49,92	85,40	37,31	61,40	41,05	38,77	21,80	24,79	38,11
1991	13,23	11,98	16,58	26,04	57,76	31,24	42,74	41,37	40,82	28,75	13,81	82,58	33,91
1992	12,44	21,84	18,79	33,05	50,46	53,91	33,36	34,73	41,03	70,83	34,85	28,76	36,17
1993	16,87	10,82	47,70	50,45	62,35	69,83	76,79	26,35	16,50	14,22	17,68	32,45	36,83
1994	13,50	11,51	31,07	26,69	75,33	85,38	60,84	47,50	38,20	35,06	32,47	23,19	40,06
1995	27,64	9,69	10,41	31,66	65,50	71,32	54,07	47,02	38,34	31,95	18,56	8,79	34,58
1996	7,14	16,33	22,62	24,42	33,77	23,61	31,26	45,61	36,86	28,37	23,34	12,32	25,47
1997	14,13	29,58	7,89	41,92	28,12	64,78	78,88	36,60	38,05	44,19	44,58	24,36	37,76
1998	15,11	7,94	7,21	10,06	16,61	23,19	34,16	47,61	17,06	10,27	9,72	9,64	17,38
1999	8,75	7,75	9,55	8,97	30,44	43,92	48,59	108,87	55,08	17,61	12,61	12,72	30,41
2000	9,21	28,91	17,44	16,20	26,00	105,14	68,67	35,92	37,53	33,93	29,43	21,14	35,79
2001	24,80	18,85	20,45	19,54	54,88	66,20	58,92	37,74	21,14	13,97	21,11	11,46	30,76
2002	8,26	7,19	18,73	24,16	60,85	63,82	44,20	59,05	35,09	74,06	57,44	24,14	39,75
2003	16,10	14,08	8,37	13,79	14,34	52,89	35,56	32,82	38,13	30,18	33,31	34,91	27,04
2004	8,97	2,85	6,01	57,67	13,51	65,07	54,74	37,65	32,50	39,55	22,13	20,83	30,12
2005	27,80	16,90	5,20	18,44	25,26	85,84	58,72	47,15	43,36	23,25	13,55	39,43	33,74
2006	20,92	28,19	7,83	19,92	32,55	28,41	68,78	57,18	36,28	27,67	33,45	26,78	32,33
2007	41,29	12,99	7,51	12,51	17,52	16,72	26,86	48,95	30,88	48,32	33,68	22,21	26,62
2008	14,99	12,57	6,78	10,41	23,73	68,46	33,64	66,06	47,86	17,02	18,55	19,42	28,29
2009	9,19	6,30	6,98	8,25	21,14	44,26	32,93	36,91	77,96	28,97	34,21	37,94	28,75
2010	25,25	31,85	18,03	20,71	31,14	54,13	51,23	20,38	32,62	25,81	36,90	19,02	30,59
2011	15,29	10,41	13,25	32,00	30,40	45,59	51,58	42,91	52,70	23,69	21,23	11,21	29,19
2012	7,39	20,13	14,56	14,34	37,88	77,21	56,28	34,54	26,43	14,51	9,00	39,64	29,33
2013	12,57	16,41	13,22	11,63	65,17	78,07	45,92	52,20	54,60	18,28	19,95	9,19	33,10
2014	10,75	10,34	20,86	30,99	44,77	75,56	45,75	45,10	38,81	25,45	18,54	9,93	31,40
2015	7,15	5,25	4,88	14,87	29,29	54,22	56,16	56,33	26,83	16,79	15,82	14,97	25,21
2016	7,88	6,71	5,95	12,55	3,88	5,95	6,45	37,90	26,81	17,07	25,33	18,66	14,60

Tabla 8.1-30: QMM Río Negro en Chahuilco (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	8,26	7,42	7,57	14,43	29,34	58,65	195,05	127,21	108,66	73,32	29,51	2,31	55,14
1988	9,94	6,78	7,90	10,04	10,42	39,94	62,35	103,33	69,79	33,39	16,16	8,68	31,56
1989	5,23	4,10	5,32	7,63	6,97	22,22	75,92	194,61	95,85	33,41	23,24	36,91	42,62
1990	14,27	6,92	8,22	52,24	76,00	115,50	88,50	118,49	115,98	48,52	29,60	12,69	57,24
1991	9,30	6,90	9,52	11,34	50,85	68,64	113,60	122,76	96,88	55,40	25,98	48,06	51,60
1992	18,26	32,43	37,95	64,99	127,81	185,20	96,11	76,32	72,44	81,13	43,62	25,08	71,78
1993	13,11	9,84	22,20	107,12	178,72	211,82	233,48	83,56	47,63	33,27	30,76	27,60	83,26
1994	9,36	7,49	5,79	13,05	65,63	195,70	177,96	120,49	103,99	89,84	44,08	28,91	71,86
1995	21,76	8,96	8,06	14,94	41,27	173,67	197,87	183,94	99,28	61,66	31,35	12,36	71,26
1996	8,29	7,84	9,54	17,05	39,87	50,59	57,57	120,32	80,41	35,37	28,89	16,92	39,39
1997	11,96	14,08	7,08	21,71	54,79	248,30	238,24	121,57	105,93	104,83	53,32	27,53	84,11
1998	11,91	7,55	8,70	3,89	22,00	57,67	94,02	110,39	39,17	14,89	6,57	2,95	31,64
1999	2,11	1,83	3,10	2,54	5,35	150,42	50,84	139,15	116,62	24,69	15,70	10,24	43,55
2000	6,39	12,65	8,61	10,60	22,64	248,68	145,46	100,16	69,45	62,60	38,51	16,87	61,89
2001	16,88	14,18	24,55	13,97	67,14	171,42	241,74	133,40	73,67	31,75	22,64	11,21	68,55
2002	6,69	6,41	12,45	20,14	116,69	157,25	103,80	188,13	123,85	223,57	97,14	30,52	90,55
2003	15,76	10,80	10,34	12,68	12,62	104,82	119,61	97,71	121,32	65,17	47,57	28,95	53,95
2004	12,32	7,40	8,42	54,48	29,14	146,66	205,35	78,67	66,34	58,97	42,36	22,90	61,08
2005	12,21	7,50	11,41	14,24	192,46	228,40	212,98	215,19	83,72	32,30	25,35	19,17	87,91
2006	19,29	8,24	12,93	29,94	34,34	235,17	246,73	163,75	63,60	56,28	15,13	3,40	74,07
2007	13,94	9,65	7,28	15,80	19,30	62,75	95,61	100,02	136,37	50,06	31,99	12,38	46,26
2008	5,93	2,96	3,94	6,65	90,94	98,44	258,08	196,13	128,50	38,33	23,92	8,72	71,88
2009	4,06	4,20	4,88	4,62	71,57	119,52	119,42	193,99	104,27	56,57	60,08	22,80	63,83
2010	21,31	21,50	16,71	8,23	16,61	57,13	122,01	150,04	73,28	30,66	29,97	14,50	46,83
2011	9,78	6,23	10,83	28,79	41,26	104,98	181,35	190,32	108,98	48,92	22,49	11,73	63,81
2012	6,88	11,64	11,03	7,94	37,10	111,41	113,09	114,45	64,33	29,51	15,77	30,83	46,17
2013	14,91	9,67	10,42	10,91	50,09	98,14	130,97	99,67	156,98	33,09	19,49	9,20	53,63
2014	11,80	8,59	5,62	9,10	30,96	234,50	115,62	172,84	98,70	49,75	23,81	10,44	64,31
2015	6,48	5,12	5,14	8,32	22,48	96,28	189,77	214,26	80,95	28,23	14,86	9,81	56,81
2016	5,88	4,84	4,68	9,84	9,55	9,97	19,88	72,76	40,41	30,15	16,43	10,87	19,61

Tabla 8.1-31: QMM Río Damas en Tacamo (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	0,77	0,56	0,52	1,29	3,22	9,16	34,87	17,40	12,47	12,38	3,50	1,36	8,13
1988	0,90	0,44	0,51	0,62	0,74	4,83	6,74	14,12	6,13	2,54	1,55	1,00	3,34
1989	0,59	0,52	0,48	0,70	0,68	3,64	13,56	23,00	8,87	2,72	1,57	3,93	5,02
1990	1,20	0,54	0,53	5,61	12,79	19,16	13,45	22,83	18,62	7,51	2,81	1,36	8,87
1991	0,82	0,53	0,59	0,76	7,92	12,94	17,99	20,87	8,97	4,36	2,22	16,88	7,90
1992	2,80	1,64	2,22	6,42	19,79	25,72	15,47	10,88	10,58	11,89	4,19	1,87	9,46
1993	1,32	1,08	1,94	21,74	26,32	29,08	36,52	11,15	4,37	3,79	3,12	7,19	12,30
1994	0,83	0,57	0,49	0,98	10,77	33,23	24,66	16,30	12,04	11,91	3,69	4,62	10,01
1995	4,15	1,23	0,97	1,55	6,00	26,41	23,45	23,22	12,34	8,07	3,92	1,80	9,43
1996	0,93	0,87	1,02	1,66	5,57	7,53	7,25	17,16	8,68	4,10	4,59	2,41	5,15
1997	1,56	2,01	0,98	3,11	7,87	32,41	31,73	16,80	14,12	13,41	7,73	4,38	11,34
1998	1,49	0,84	0,66	0,53	1,29	3,44	9,25	16,05	6,22	2,32	1,21	0,72	3,67
1999	0,56	0,44	0,65	0,59	0,92	11,93	9,03	25,99	19,18	3,79	2,20	1,30	6,38
2000	0,91	1,75	1,19	1,53	4,21	48,55	22,17	14,57	10,92	7,17	3,31	1,54	9,82
2001	2,02	5,14	2,31	0,40	8,93	18,72	19,49	15,44	9,61	4,35	4,43	2,07	7,74
2002	1,10	0,81	1,23	1,77	9,15	15,41	12,32	25,22	13,32	30,57	14,78	4,28	10,83
2003	2,16	1,58	1,41	1,66	1,88	16,65	15,65	11,35	15,79	9,70	7,47	5,55	7,57
2004	2,04	1,25	1,32	9,32	5,26	24,92	37,13	18,23	12,75	7,58	7,25	2,91	10,83
2005	1,32	1,02	1,24	1,41	27,66	27,06	25,15	23,47	11,17	5,33	5,46	4,63	11,24
2006	4,04	2,68	2,91	4,08	8,06	32,86	34,94	21,69	10,48	12,42	5,76	3,55	11,96
2007	1,84	1,21	0,97	1,39	1,45	5,35	13,97	15,99	17,55	5,80	3,46	1,59	5,88
2008	1,04	0,57	0,72	0,85	13,30	10,63	37,12	28,48	15,64	2,81	1,77	0,43	9,45
2009	0,19	0,54	0,35	0,69	7,79	15,43	14,70	28,99	12,63	6,38	7,82	4,00	8,29
2010	2,37	2,01	1,67	1,60	3,22	10,15	21,55	22,44	10,66	4,50	4,75	2,42	7,28
2011	1,29	0,88	1,03	4,35	8,24	20,60	20,31	24,42	16,67	6,97	2,54	1,31	9,05
2012	0,91	1,09	0,84	0,77	5,54	25,58	18,64	11,44	8,76	4,81	2,98	13,13	7,87
2013	3,47	4,53	3,65	3,21	17,98	21,54	12,67	14,40	15,06	5,04	5,50	2,54	9,13
2014	2,93	2,82	5,69	8,45	12,21	28,23	20,43	24,13	20,14	7,77	4,07	1,72	11,55
2015	0,91	0,74	0,68	0,99	1,18	16,08	29,72	32,57	12,44	5,11	1,96	1,35	8,64
2016	0,82	0,63	0,31	0,47	0,50	0,57	2,85	16,53	8,59	4,68	2,14	1,91	3,33

Tabla 8.1-32: QMM Río Forrahue en Aromos (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	0,55	0,50	0,51	0,96	1,96	3,92	13,02	8,49	7,26	4,90	1,97	0,15	3,68
1988	0,71	0,48	0,57	0,72	0,75	2,86	4,46	7,39	4,99	2,39	1,16	0,62	2,26
1989	0,36	0,28	0,37	0,52	0,48	1,53	5,21	13,36	6,58	2,29	1,60	2,53	2,93
1990	0,95	0,46	0,55	3,48	5,06	7,69	5,89	7,88	7,72	3,23	1,97	0,84	3,81
1991	0,60	0,45	0,62	0,74	3,31	4,46	7,39	7,98	6,30	3,60	1,69	4,48	3,47
1992	0,76	1,21	2,28	5,18	9,75	13,08	4,98	5,56	5,07	6,17	2,14	1,04	4,77
1993	0,49	0,29	1,76	8,91	11,37	12,03	14,78	4,87	2,60	2,06	1,30	1,58	5,17
1994	0,27	0,23	0,23	0,60	6,18	14,45	11,07	8,47	6,14	5,58	1,91	1,20	4,69
1995	0,71	0,19	0,20	0,45	2,36	11,74	11,84	12,72	6,89	4,63	1,83	0,40	4,50
1996	0,28	0,31	0,35	0,60	2,69	2,60	3,11	8,07	4,74	1,27	1,51	0,63	2,18
1997	0,39	0,46	0,20	0,91	3,52	15,64	14,71	7,44	6,61	8,08	3,29	1,46	5,23
1998	0,45	0,23	0,26	0,29	1,64	4,30	7,01	8,23	2,92	1,11	0,49	0,22	2,26
1999	0,15	0,13	0,22	0,18	0,38	10,68	3,61	9,88	8,28	1,27	0,69	0,31	2,98
2000	0,14	0,30	0,23	0,29	0,88	19,03	8,49	5,60	4,55	3,62	1,65	0,46	3,77
2001	0,57	0,47	1,30	0,58	7,33	12,64	16,11	8,80	3,56	1,22	0,87	0,29	4,48
2002	0,16	0,13	0,27	0,48	8,13	9,88	7,63	13,35	6,64	15,01	5,63	0,94	5,69
2003	0,39	0,21	0,21	0,27	0,36	10,48	9,39	6,50	8,44	4,32	3,15	2,16	3,82
2004	0,36	0,19	0,23	6,27	1,71	13,04	12,50	4,99	4,56	5,14	3,00	1,78	4,48
2005	0,43	0,15	0,42	1,07	21,34	17,56	11,75	12,14	1,94	0,12	0,09	0,42	5,62
2006	0,95	1,06	1,62	3,25	4,91	13,83	14,51	9,63	3,74	3,31	0,89	0,20	4,83
2007	0,44	1,29	1,22	1,19	1,24	5,43	8,81	8,89	10,07	2,79	1,62	0,62	3,63
2008	0,38	0,36	0,37	0,46	10,31	8,39	17,92	13,91	7,62	1,68	1,23	0,44	5,26
2009	0,27	0,28	0,32	0,30	4,72	7,88	7,87	12,78	6,87	3,73	3,96	1,50	4,21
2010	1,45	1,46	1,13	0,56	1,13	3,88	8,28	10,19	4,98	2,08	2,04	0,98	3,18
2011	0,74	0,47	0,82	2,19	3,14	7,99	13,80	8,26	6,71	3,72	1,71	0,89	4,21
2012	0,47	0,79	0,75	0,54	2,52	7,58	7,69	7,78	4,38	2,01	1,07	2,10	3,14
2013	1,00	0,65	0,70	0,73	3,35	6,57	8,77	6,67	10,51	2,22	1,30	0,62	3,59
2014	0,60	0,43	0,28	0,46	1,57	13,91	10,40	13,93	4,99	2,52	1,20	0,53	4,24
2015	0,44	0,35	0,27	0,44	0,59	6,57	12,96	14,63	5,53	1,93	1,01	0,67	3,78
2016	0,21	0,20	0,26	0,33	0,32	0,40	1,13	6,29	4,16	2,37	0,58	0,04	1,36

Tabla 8.1-33: QMM Río Rahue en Forrahue (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	75,13	55,79	44,55	92,35	148,24	268,63	592,71	422,35	375,80	309,77	173,03	131,03	224,12
1988	104,78	72,00	58,85	84,52	100,59	193,72	231,06	351,39	260,40	163,42	142,03	117,56	156,69
1989	96,46	80,80	85,77	140,62	118,42	221,00	298,71	556,74	341,80	169,19	141,77	203,87	204,60
1990	141,42	109,12	94,37	251,33	323,39	442,43	354,81	473,16	327,73	292,55	153,70	129,29	257,77
1991	94,54	80,27	85,52	100,13	215,33	287,17	531,52	568,10	540,40	425,35	317,80	505,87	312,67
1992	378,03	185,24	155,77	192,73	340,35	614,03	492,97	314,94	302,33	411,65	280,20	183,03	320,94
1993	137,84	129,78	216,65	496,93	561,90	625,13	741,61	377,81	223,10	156,16	136,13	239,70	336,90
1994	29,00	25,82	21,91	89,76	337,42	657,20	559,45	460,68	365,63	366,03	135,10	188,23	269,69
1995	159,19	96,82	80,46	19,85	228,03	463,93	559,13	505,94	379,00	265,52	170,20	99,21	252,27
1996	70,53	74,82	91,69	127,86	174,97	210,70	249,02	364,71	279,27	180,29	174,73	113,05	175,97
1997	98,55	130,47	75,80	148,50	239,81	429,57	635,19	472,87	401,50	369,77	275,03	226,59	291,97
1998	95,64	53,69	67,66	68,17	96,18	175,50	259,84	357,87	218,53	124,50	84,14	73,68	139,62
1999	66,69	64,20	77,71	70,44	116,96	254,60	250,58	457,13	414,67	175,71	111,95	82,57	178,60
2000	65,14	117,82	102,82	102,84	141,29	675,87	502,03	370,26	228,93	228,28	183,74	160,49	239,96
2001	206,35	185,39	158,16	127,85	129,91	477,77	545,61	377,03	223,37	122,89	104,73	75,03	227,84
2002	57,78	54,67	101,82	142,87	343,81	486,70	377,71	560,39	418,67	629,61	428,40	217,32	318,31
2003	140,35	116,02	93,40	100,13	100,48	360,90	392,55	319,45	374,47	264,81	232,89	214,16	225,80
2004	125,16	96,25	94,37	287,13	174,81	431,00	659,94	343,23	340,73	285,03	250,37	172,06	271,67
2005	133,06	95,28	104,98	122,71	532,81	629,23	583,39	561,94	304,33	154,94	183,90	186,26	299,40
2006	172,29	96,07	107,56	158,50	215,52	586,03	723,06	539,10	317,80	295,00	236,83	185,13	302,74
2007	143,71	96,13	91,24	88,50	92,20	162,70	317,06	323,97	372,63	205,48	158,33	89,68	178,47
2008	78,70	62,36	61,21	62,31	200,68	226,67	642,32	585,61	428,80	155,42	106,45	74,37	223,74
2009	56,52	52,56	52,17	71,08	98,85	127,67	370,75	523,50	365,17	194,10	239,80	138,22	190,87
2010	107,80	100,22	72,83	70,42	95,02	218,07	423,74	383,29	302,43	159,68	205,17	141,16	189,99
2011	105,04	84,42	82,66	155,59	200,48	389,89	512,81	559,00	455,37	253,45	147,13	107,58	254,45
2012	75,08	99,66	106,82	86,41	176,09	469,72	452,17	360,40	253,69	138,20	98,00	181,31	208,13
2013	121,47	94,33	92,11	75,99	290,90	469,17	441,03	372,48	476,40	180,81	139,13	95,76	237,47
2014	85,33	90,13	83,03	115,77	190,84	591,37	398,52	516,13	376,40	300,63	184,03	99,86	252,67
2015	81,02	60,16	48,65	69,18	126,02	392,64	340,69	410,80	388,24	253,72	178,32	171,36	210,07
2016	115,50	87,52	72,22	72,52	79,87	73,34	82,86	182,47	205,77	171,37	179,22	157,01	123,31

Tabla 8.1-34: QMM Río Negro en Las Lomas (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	1,19	1,07	1,09	2,08	4,22	8,44	28,07	18,30	15,63	10,55	4,25	0,33	7,93
1988	1,80	1,23	1,43	1,81	1,88	7,22	11,27	18,67	12,61	6,03	2,92	1,57	5,70
1989	0,83	0,65	0,84	1,21	4,35	8,20	7,81	11,27	3,72	2,72	2,05	4,99	4,05
1990	1,37	0,64	1,17	16,03	15,85	22,87	9,50	15,44	12,80	6,89	4,21	2,83	9,13
1991	2,39	0,64	2,31	5,53	26,34	10,08	21,07	13,19	14,27	8,09	4,23	18,49	10,55
1992	1,05	9,72	5,49	11,26	15,25	18,50	9,22	8,85	12,83	18,70	5,38	5,58	10,15
1993	1,52	0,86	6,96	19,30	15,60	16,74	25,00	6,54	3,27	4,46	3,82	9,37	9,45
1994	0,92	1,16	0,84	7,87	20,98	28,58	17,79	16,25	14,25	14,43	4,93	6,61	11,22
1995	5,91	0,90	1,10	10,11	20,33	28,30	17,55	14,79	8,27	5,14	1,97	0,51	9,57
1996	0,71	2,01	3,99	7,78	11,47	5,61	8,30	12,14	8,66	6,50	8,03	4,15	6,61
1997	5,66	9,52	0,97	3,52	8,18	29,22	27,30	9,63	10,63	11,83	4,89	5,00	10,53
1998	1,21	0,86	1,04	2,59	6,95	4,66	8,59	17,25	4,52	1,57	0,96	1,21	4,28
1999	0,91	0,84	2,27	1,34	7,80	20,73	13,28	18,07	12,07	1,00	0,80	1,80	6,74
2000	1,02	5,97	4,01	5,10	7,88	38,11	19,08	11,43	7,21	10,80	8,20	3,59	10,20
2001	7,23	1,77	9,23	1,08	14,91	17,39	25,21	15,31	10,13	10,12	4,27	1,96	9,88
2002	0,31	0,25	0,53	0,93	15,83	19,24	14,86	26,00	12,93	29,23	10,96	1,83	11,08
2003	2,76	4,26	2,09	2,61	3,30	15,38	9,60	13,27	9,30	5,85	6,48	6,80	6,81
2004	1,04	0,58	2,34	28,63	9,50	27,12	17,32	10,65	8,08	8,95	5,91	4,18	10,36
2005	2,76	1,02	6,21	6,70	27,73	16,90	16,33	17,26	7,02	3,20	7,59	3,34	9,67
2006	5,34	1,05	6,38	11,28	9,20	20,50	23,83	12,90	8,52	10,85	4,19	5,63	9,97
2007	1,55	1,27	1,86	7,08	5,96	9,65	15,36	13,17	11,66	7,51	3,80	1,70	6,71
2008	0,72	0,58	0,58	5,02	41,05	12,08	22,76	17,16	6,63	1,78	3,49	0,87	9,39
2009	0,72	0,89	1,25	5,81	14,08	12,62	7,90	18,45	6,44	6,01	3,32	4,54	6,84
2010	4,30	1,85	1,56	4,56	7,00	10,44	11,49	10,30	4,53	3,45	5,42	1,40	5,53
2011	2,30	1,08	5,10	8,26	8,13	12,66	20,49	15,41	13,62	4,89	5,17	1,38	8,21
2012	1,26	5,49	2,72	2,36	13,46	21,93	16,59	11,55	7,72	2,62	1,35	9,68	8,06
2013	1,65	2,43	3,39	2,77	17,98	21,79	6,03	15,00	14,85	2,93	3,25	1,31	7,78
2014	1,29	3,06	1,40	5,42	10,08	21,81	17,97	10,38	8,49	4,14	2,26	1,75	7,34
2015	1,41	0,86	0,51	1,91	7,68	12,78	17,22	19,11	5,73	2,80	1,44	1,95	6,12
2016	1,05	0,94	0,89	2,24	1,08	1,70	6,17	14,53	7,21	3,88	5,36	3,87	4,08

Tabla 8.1-35: QMM Río Vilcún en Bel-ben (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	1,74	1,56	1,60	3,04	6,19	12,37	41,13	26,82	22,91	15,46	6,22	0,49	11,63
1988	3,16	2,16	2,51	3,19	3,32	12,71	19,84	32,88	22,21	10,62	5,14	2,76	10,04
1989	2,20	1,73	2,24	3,22	11,56	21,82	20,79	29,99	9,89	7,25	5,46	13,29	10,79
1990	1,76	4,32	6,48	17,03	20,55	22,59	15,64	24,96	17,21	8,53	3,17	7,94	12,52
1991	4,07	2,15	3,49	7,80	20,70	11,20	20,65	16,03	27,64	13,66	6,64	13,87	12,33
1992	2,47	5,00	8,46	8,56	18,51	25,38	10,54	14,71	12,73	22,07	8,26	8,71	12,12
1993	2,80	2,00	8,98	18,24	23,13	23,30	27,43	10,10	6,57	4,42	5,31	7,61	11,66
1994	1,42	2,28	2,44	10,54	30,46	37,04	25,05	31,68	16,25	9,18	9,88	11,42	15,64
1995	5,48	1,40	2,14	10,17	32,86	33,20	22,30	21,52	11,36	9,59	2,47	0,88	12,78
1996	1,15	1,86	6,46	14,23	52,82	23,86	13,74	26,62	9,73	7,77	13,18	3,21	14,55
1997	3,66	6,66	3,41	21,75	16,28	28,55	34,55	13,89	10,40	14,29	6,89	5,90	13,85
1998	2,97	1,21	3,09	7,79	17,08	19,17	22,03	15,42	8,26	4,58	3,38	2,73	8,98
1999	2,15	2,85	7,01	5,09	12,47	18,98	17,86	27,50	18,63	2,70	2,27	5,41	10,24
2000	3,18	11,15	6,21	12,35	13,56	44,36	22,73	21,19	13,59	10,70	6,97	4,87	14,24
2001	12,70	10,78	7,99	4,73	20,69	24,56	34,21	23,72	10,09	4,85	6,71	2,66	13,64
2002	1,74	4,21	10,56	13,30	27,43	13,43	23,35	31,43	17,51	31,46	20,85	7,43	16,89
2003	4,33	6,75	3,16	5,48	11,33	27,71	15,15	24,75	21,02	16,18	11,70	5,33	12,74
2004	3,11	3,48	2,90	27,32	4,73	33,04	10,35	21,01	17,02	18,24	11,92	13,29	13,87
2005	8,22	0,63	5,55	5,51	36,40	30,36	21,98	22,04	6,71	4,57	5,73	1,79	12,46
2006	8,29	2,65	6,62	12,24	16,00	33,09	26,28	12,56	9,54	9,61	4,67	14,83	13,03
2007	3,17	1,09	4,13	9,15	8,17	13,15	13,23	14,45	21,57	12,19	2,56	2,13	8,75
2008	1,22	0,23	1,69	11,61	22,08	24,77	37,66	23,91	8,03	3,76	5,98	1,18	11,84
2009	0,52	2,69	3,37	9,78	15,59	18,46	12,40	27,81	7,85	11,98	8,69	7,49	10,55
2010	5,02	9,69	1,42	2,48	6,07	22,06	18,61	18,27	7,49	6,96	11,04	4,40	9,46
2011	4,82	2,37	9,04	9,98	11,62	20,53	27,78	19,23	17,18	9,24	5,63	1,68	11,59
2012	1,61	7,41	5,53	4,22	16,78	21,18	13,95	20,52	11,49	5,08	4,91	12,61	10,44
2013	2,38	1,88	2,48	5,48	21,90	30,33	21,36	25,22	21,63	5,61	5,54	1,27	12,09
2014	1,55	2,80	5,40	6,03	19,33	26,31	29,78	25,09	21,66	17,47	5,34	2,32	13,59
2015	1,50	1,05	1,33	8,90	21,82	27,74	45,37	29,49	6,92	4,54	5,43	1,72	12,98
2016	1,15	0,97	1,01	6,10	2,27	2,08	12,94	19,83	9,72	2,62	6,25	3,28	5,69

Tabla 8.1-36: QMM Río Grande en San Pedro (m^3/s)

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total general
1987	3,77	3,39	3,46	6,59	13,39	26,77	89,03	58,06	49,60	33,47	13,47	1,05	25,17
1988	7,24	4,94	5,75	7,31	7,59	29,09	45,41	75,26	50,83	24,32	11,77	6,32	22,99
1989	4,91	3,85	4,99	7,16	25,74	48,58	46,28	66,75	22,02	16,13	12,14	29,58	24,01
1990	3,02	7,40	11,10	29,18	35,21	38,70	26,79	61,17	47,57	25,22	5,43	13,60	25,36
1991	8,63	4,56	8,48	15,47	48,16	25,91	43,47	35,01	54,31	28,40	16,45	38,04	27,24
1992	4,12	10,29	14,38	21,67	31,67	44,95	15,64	28,34	28,86	58,20	15,43	20,49	24,50
1993	6,70	5,31	25,64	36,08	46,17	46,89	53,11	26,53	13,62	8,38	10,82	21,32	25,05
1994	4,31	9,84	5,57	19,83	78,02	86,50	50,63	44,34	56,65	14,41	30,19	22,66	35,24
1995	13,18	5,07	9,76	21,86	60,94	82,73	60,44	42,85	23,89	11,21	9,44	2,16	28,63
1996	3,28	7,41	17,36	12,50	29,03	57,95	24,95	59,82	20,39	22,54	26,75	8,46	24,20
1997	13,82	18,17	10,96	49,07	19,40	48,78	36,51	50,77	42,54	33,74	23,13	15,95	30,24
1998	16,96	3,09	12,92	10,20	34,90	37,03	50,18	45,03	15,77	11,67	9,26	8,85	21,32
1999	4,54	7,43	12,85	7,75	23,57	39,77	47,75	62,64	37,10	8,59	6,17	21,36	23,29
2000	7,05	17,26	10,67	27,44	25,16	66,94	44,05	30,62	24,01	16,83	10,31	12,90	24,44
2001	29,21	16,81	42,47	14,30	43,58	46,38	53,02	43,35	18,18	7,88	14,14	7,07	28,03
2002	6,53	11,03	25,41	32,46	50,41	29,12	34,55	53,80	32,67	60,78	34,80	11,49	31,92
2003	17,77	11,53	4,94	8,04	20,40	55,72	27,81	47,25	41,55	35,01	20,46	20,06	25,88
2004	8,21	3,12	12,17	35,84	9,23	66,93	35,14	29,33	25,39	25,52	11,97	17,84	23,39
2005	12,23	2,43	19,58	13,55	67,84	53,60	32,14	39,85	14,86	13,54	27,02	5,33	25,16
2006	17,74	6,35	20,43	32,03	34,83	51,79	52,05	28,56	16,68	21,90	12,84	34,28	27,46
2007	8,05	4,55	10,90	21,27	15,61	31,15	28,05	27,14	31,07	30,50	7,61	6,61	18,54
2008	4,68	7,29	4,59	19,60	40,62	55,70	68,58	49,86	11,50	9,34	19,04	5,11	24,66
2009	3,31	10,59	7,79	21,82	32,14	33,44	28,58	60,24	17,43	25,07	29,20	22,68	24,36
2010	11,70	26,11	8,10	10,03	25,73	49,64	46,57	45,90	15,97	14,15	22,58	15,54	24,34
2011	19,27	9,62	15,58	19,68	22,54	37,61	50,41	40,69	31,93	15,98	19,22	8,93	24,29
2012	11,58	14,35	10,31	13,19	52,22	49,92	32,53	39,47	24,96	18,70	11,14	38,91	26,44
2013	8,90	6,02	10,10	14,56	59,58	73,17	49,86	64,26	48,01	11,93	15,31	5,54	30,60
2014	8,10	9,67	9,18	16,01	41,65	50,84	57,00	49,23	37,66	31,78	13,02	8,49	27,72
2015	3,14	1,77	2,77	24,27	58,20	56,19	84,33	61,52	14,49	3,51	13,70	3,06	27,25
2016	3,21	3,62	2,79	25,89	4,43	5,28	29,48	48,51	23,18	9,97	20,72	9,48	15,55

Tabla 8.1-37: Caudal Medio Anual - Resultado Final (m^3/s)

Año \ Estación	Rio Rahue en Desague Lago Rupanco	Rio Coihueco antes junta Pichicope	Rio Negro en Chahuilco	Rio Damas en Tacamo	Río Forrahue en Aromos	Río Rahue en Forrahue	Río Negro en Las Lomas	Río Vilcún en Bel-ben	Río Grande en San Pedro
1987	96,74	30,08	55,14	8,13	3,68	224,12	7,93	11,63	25,17
1988	71,25	22,10	31,56	3,34	2,26	156,69	5,70	10,04	22,99
1989	94,43	26,05	42,62	5,02	2,93	204,60	4,05	10,79	24,01
1990	122,09	38,11	57,24	8,87	3,81	257,77	9,13	12,52	25,36
1991	102,41	33,91	51,60	7,90	3,47	312,67	10,55	12,33	27,24
1992	125,87	36,17	71,78	9,46	4,77	320,94	10,15	12,12	24,50
1993	131,32	36,83	83,26	12,30	5,17	336,90	9,45	11,66	25,05
1994	130,21	40,06	71,86	10,01	4,69	269,69	11,22	15,64	35,24
1995	122,85	34,58	71,26	9,43	4,50	252,27	9,57	12,78	28,63
1996	85,36	25,47	39,39	5,15	2,18	175,97	6,61	14,55	24,20
1997	125,91	37,76	84,11	11,34	5,23	291,97	10,53	13,85	30,24
1998	67,38	17,38	31,64	3,67	2,26	139,62	4,28	8,98	21,32
1999	81,90	30,41	43,55	6,38	2,98	178,60	6,74	10,24	23,29
2000	104,64	35,79	61,89	9,82	3,77	239,96	10,20	14,24	24,44
2001	100,15	30,76	68,55	7,74	4,48	227,84	9,88	13,64	28,03
2002	123,97	39,75	90,55	10,83	5,69	318,31	11,08	16,89	31,92
2003	95,52	27,04	53,95	7,57	3,82	225,80	6,81	12,74	25,88
2004	112,50	30,12	61,08	10,83	4,48	271,67	10,36	13,87	23,39
2005	110,21	33,74	87,91	11,24	5,62	299,40	9,67	12,46	25,16
2006	118,08	32,33	74,07	11,96	4,83	302,74	9,97	13,03	27,46
2007	84,51	26,62	46,26	5,88	3,63	178,47	6,71	8,75	18,54
2008	101,74	28,29	71,88	9,45	5,26	223,74	9,39	11,84	24,66
2009	102,73	28,75	63,83	8,29	4,21	190,87	6,84	10,55	24,36
2010	99,43	30,59	46,83	7,28	3,18	189,99	5,53	9,46	24,34
2011	103,27	29,19	63,81	9,05	4,21	254,45	8,21	11,59	24,29
2012	101,15	29,33	46,17	7,87	3,14	208,13	8,06	10,44	26,44
2013	115,17	33,10	53,63	9,13	3,59	237,47	7,78	12,09	30,60
2014	106,42	31,40	64,31	11,55	4,24	252,67	7,34	13,59	27,72
2015	93,56	25,21	56,81	8,64	3,78	210,07	6,12	12,98	27,25
2016	61,40	14,60	19,61	3,33	1,36	123,31	4,08	5,69	15,55
Promedio	103,07	30,52	58,87	8,38	3,91	235,89	8,13	12,03	25,58

Para verificar la consistencia de las operaciones de extensión y relleno estadístico, se recurrió a la elaboración de las denominadas Curvas Doble-Acumuladas, esto es, a través de ellas y su grado de ajuste a una ecuación lineal (coeficiente de correlación, R^2).

En la Figura 8.1-10 se presentan las curvas mencionadas, las cuales fueron graficadas para cada par de estaciones correlacionado. Tal como se aprecia, los coeficientes R^2 obtenidos oscilan por sobre el 96 y 99%, lo que permite señalar que existe un buen comportamiento de los datos rellenados y extendidos.

Figura 8.1-10: Curvas Doble Acumulada

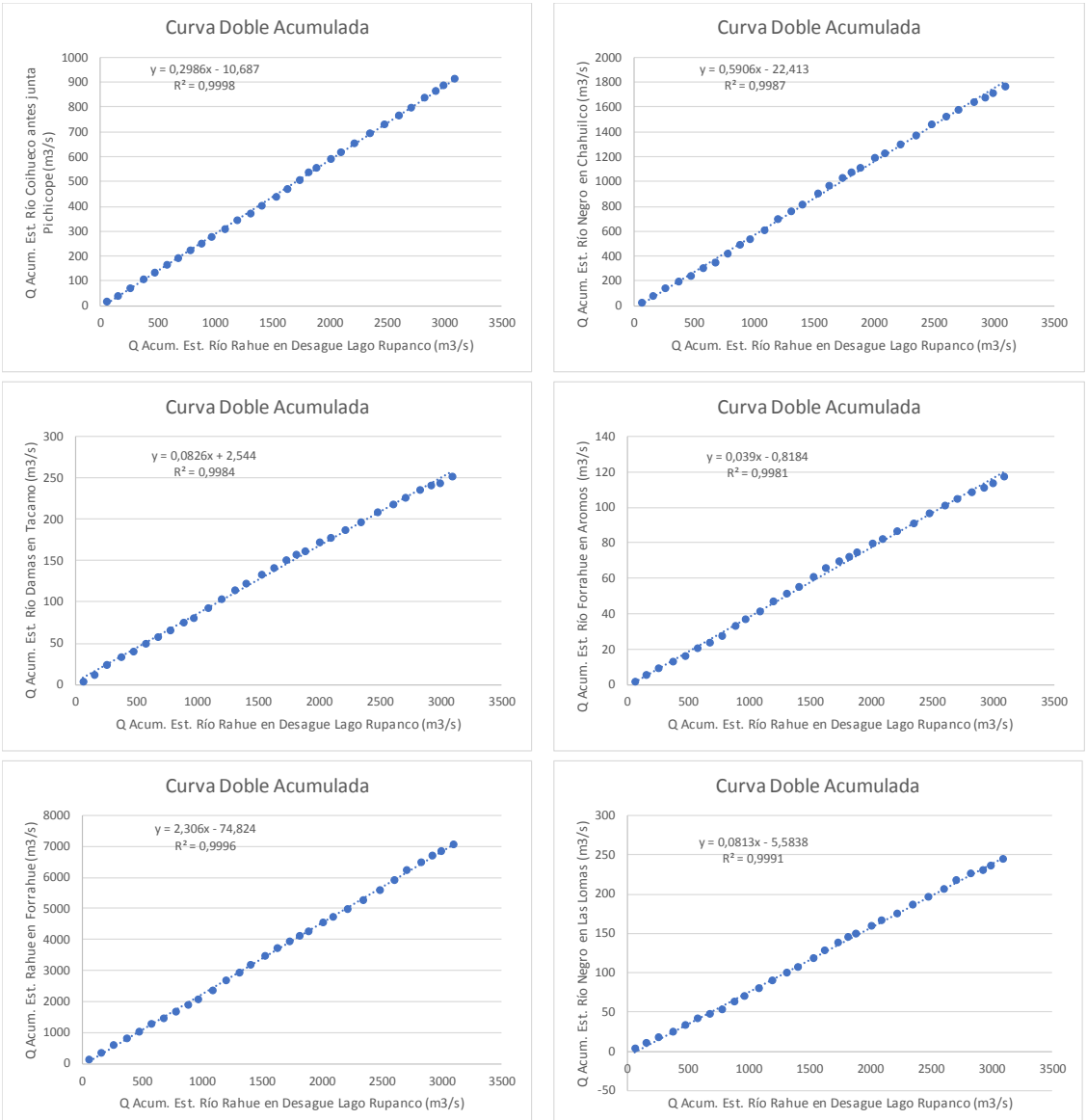
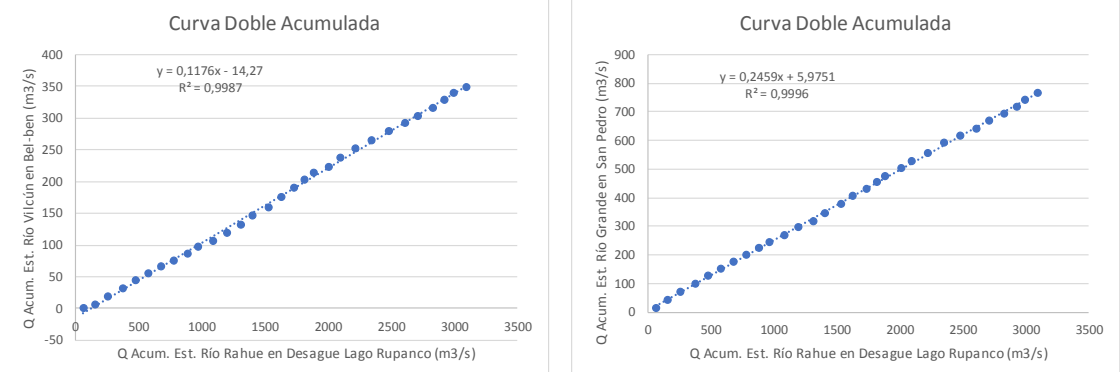


Figura 8.1-11: Curvas Doble Acumulada (cont.)



En el Anexo 8-4 digital se incluye el detalle de los cálculos y resultados obtenidos.

En el Mapa Temático 8.1-2 se pueden ver gráficos de estaciones fluviométricas con información de precipitación media anual, media anual en 30 años y media anual móvil de 5 años.

8.1.2.5. Determinación de las Curvas de Variación Estacional de Caudales

A partir de las estadísticas de caudales rellenados, se procedió al Análisis de Frecuencia anual y mensual. Se calcularon los valores de caudal para probabilidades de excedencia de 5, 10, 20, 50, 80, 85, 90 y 95%, utilizando para ello cinco distribuciones de probabilidad, siendo ellas: (i) Normal; (ii) Gumbel; (iii) Pearson III; (iv) Log-Normal; (v) Log-Pearson. Para cada una de ellas, además de los valores de precipitación, se ha estimado el grado de ajuste de distribución, a través del denominado Test-χ^2.

El Test-χ^2 acepta la hipótesis con un nivel de confianza α% (es decir, acepta la distribución propuesta), siempre y cuando el valor del estadístico χ^2 calculado con los valores observados y la distribución ajustada sea menor al valor de χ^2 calculado según la función de densidad teórica de la distribución χ^2 para una probabilidad α%.

Para este caso, se ha utilizado un nivel de confianza 95%, por lo que se acepta como distribución de densidad de probabilidad ajustada a los datos medidos, a aquella se cumpla que:

$$\chi^2(calculado) \leq \chi^2(0{,}05)$$

En el caso de ajustarse más de alguna distribución a los datos de una misma estación, se ha determinado como distribución de mejor ajuste a aquélla porcentualmente menor respecto al χ^2 lím 95% (es decir, aquella que minimiza la proporción χ^2(calculado)/χ^2(0,05)). Cabe destacar que esta condición se ha aplicado también en el caso en que no se cumpla que χ^2(0,05) ≥ χ^2(calculado), aceptando como distribución de mejor ajuste a aquella que minimiza la razón señalada.

Los resultados obtenidos del análisis de frecuencia de precipitación anual se proporcionan, en forma resumida para estación, en la Tabla 8.1-38; en ella se destaca además la distribución de mejor ajuste, de acuerdo a los análisis realizados.

En el Anexo 8-5 digital se incluye el detalle de los cálculos y resultados obtenidos.

Tabla 8.1-38: Análisis de distribución de frecuencia - Caudales Medios Anuales (m^3/s)

ESTACIÓN	DISTRIBUCIÓN	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (%)								TEST χ^2	
		5	10	20	50	80	85	90	95	χ^2(calculado)	χ^2(0,05)
RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO	Normal	133,2	126,5	118,5	103,1	87,7	84,1	79,6	73,0	5,99	9,49
	Log-Normal	138,9	129,6	119,1	101,4	86,3	83,1	79,3	73,9	6,04	9,49
	Pearson	130,6	125,4	118,7	104,5	88,3	84,2	78,9	70,8	6,09	7,81
	Log-Pearson	131,2	126,1	119,3	104,3	87,6	83,6	78,5	70,9	4,94	7,81
	Gumbel	143,1	131,3	118,9	100,2	86,3	83,6	80,4	76,1	4,59	9,49
RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE	Normal	40,4	38,2	35,6	30,5	25,5	24,3	22,8	20,6	2,70	9,49
	Log-Normal	43,2	39,8	36,1	29,8	24,7	23,6	22,4	20,6	2,40	9,49
	Pearson	39,0	37,6	35,6	31,2	25,8	24,4	22,5	19,6	2,20	7,81
	Log-Pearson	38,6	37,6	35,9	31,4	25,6	24,1	22,2	19,3	2,79	7,81
	Gumbel	43,7	39,8	35,7	29,6	25,0	24,1	23,1	21,7	2,22	9,49
RIO NEGRO EN CHAHUILCO	Normal	87,3	81,0	73,4	58,9	44,3	41,0	36,7	30,5	1,44	9,49
	Log-Normal	97,8	86,5	74,5	56,0	42,1	39,4	36,3	32,1	1,67	9,49
	Pearson	86,5	80,7	73,5	59,3	44,5	41,0	36,5	29,7	1,48	7,81
	Log-Pearson	86,1	81,2	74,5	59,6	43,7	40,1	35,7	29,5	1,37	7,81
	Gumbel	96,7	85,5	73,8	56,2	43,1	40,5	37,5	33,4	1,67	9,49
RIO DAMAS EN TACAMO	Normal	12,5	11,6	10,5	8,4	6,3	5,8	5,1	4,2	2,03	9,49
	Log-Normal	14,4	12,6	10,8	7,9	5,8	5,4	5,0	4,4	5,00	9,49
	Pearson	12,1	11,4	10,5	8,6	6,4	5,8	5,0	3,9	2,42	7,81
	Log-Pearson	12,5	11,8	10,8	8,5	6,1	5,5	4,9	4,0	1,23	7,81
	Gumbel	13,9	12,3	10,6	8,0	6,1	5,7	5,3	4,7	4,98	9,49

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

Nota: celda sombreada corresponde a la distribución escogida

Ref.: Elaboración propia

A partir de las series analizadas, la distribución Normal es la que más se repite como distribución de mejor ajuste (7 casos), las distribuciones Log-Normal y Log-Pearson se ajustan a los registros de una estación, cada una.

En las siguientes figuras se incluyen las curvas de variación estacional para los caudales medios mensuales y anuales (los detalles se pueden consultar en el Anexo 8-5 digital).

Figura 8.1-12: CVE Río Coihueco antes junta Pichicope

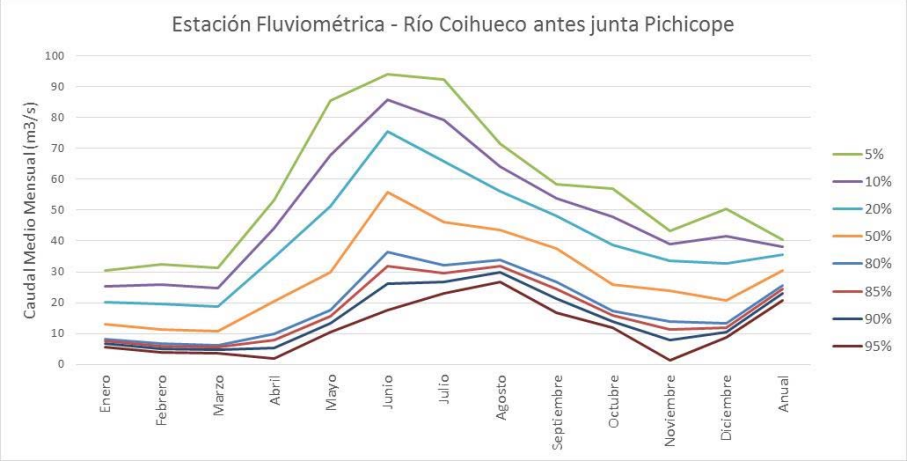


Figura 8.1-13: CVE Río Damas en Tacamo

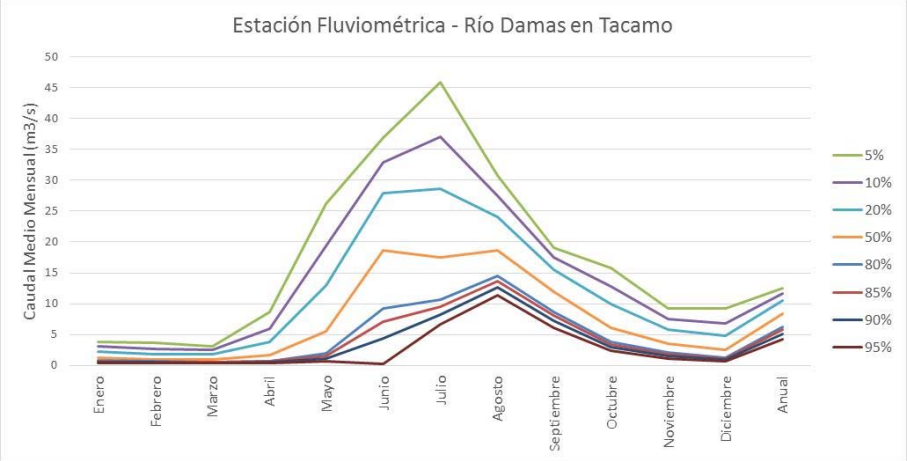


Figura 8.1-14: CVE Río Forrahue en Aromos

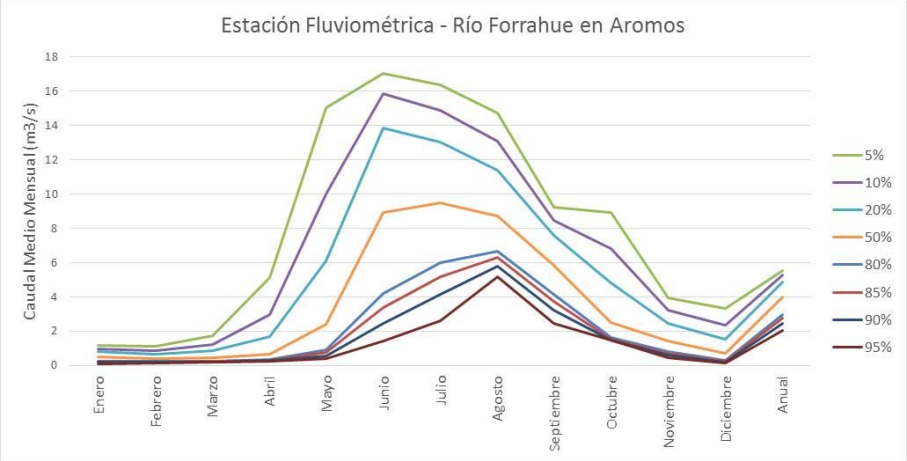


Figura 8.1-15: CVE Río Grande en San Pedro

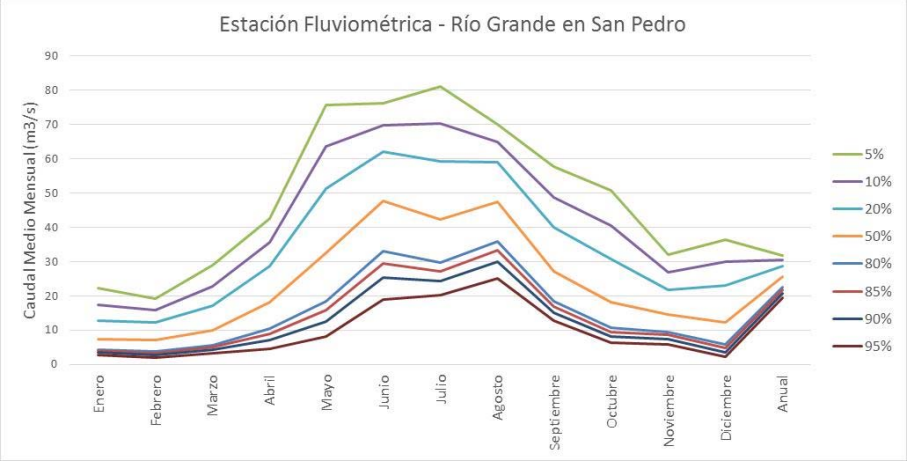


Figura 8.1-16: CVE Río Negro en Chahuilco

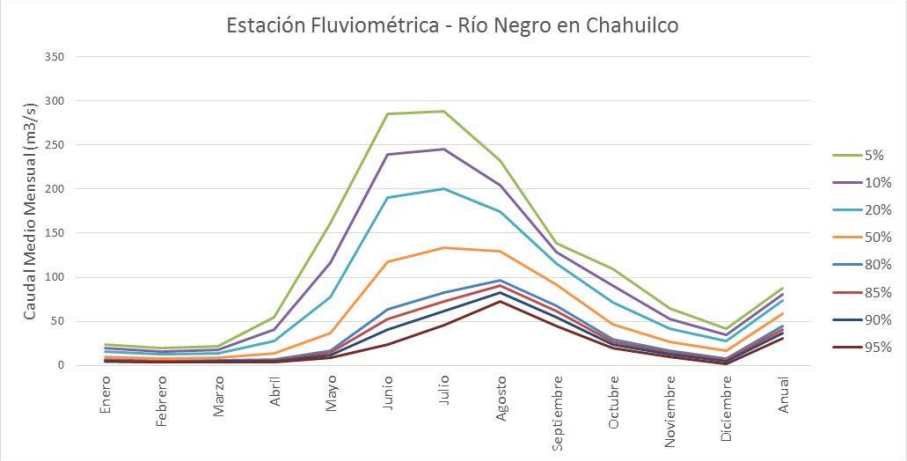


Figura 8.1-17: CVE Río Negro en Las Lomas

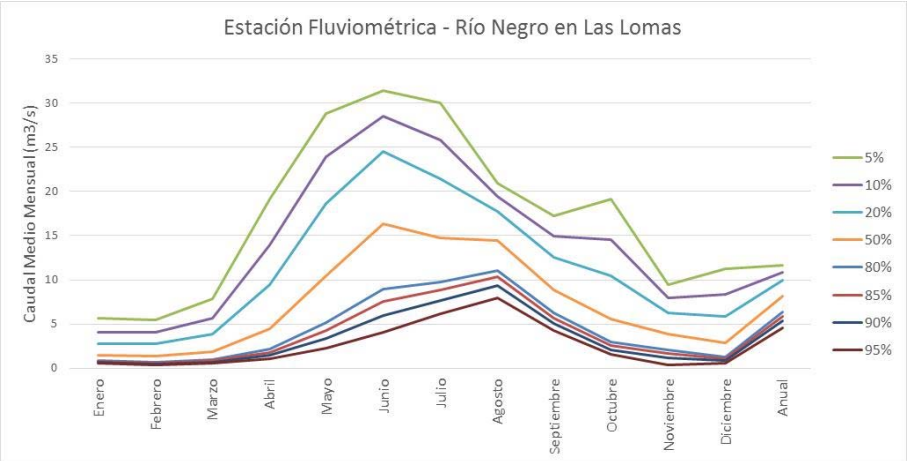


Figura 8.1-18: CVE Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco

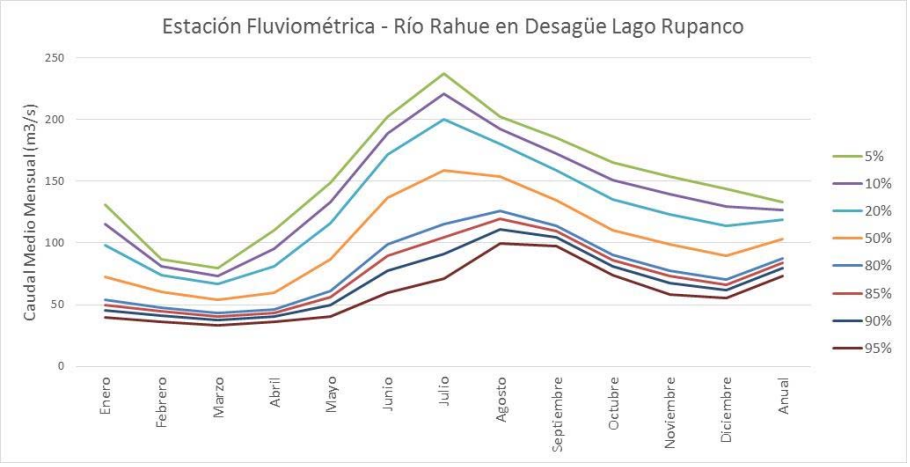


Figura 8.1-19: CVE Río Rahue en Forrahue

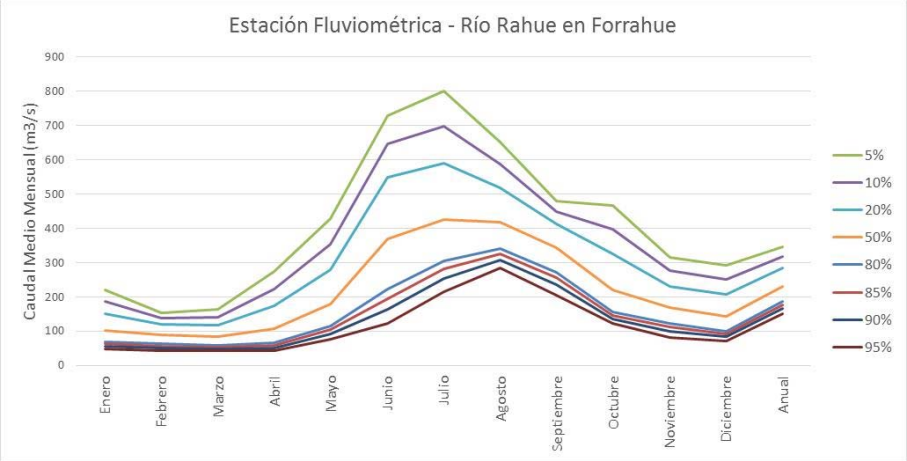
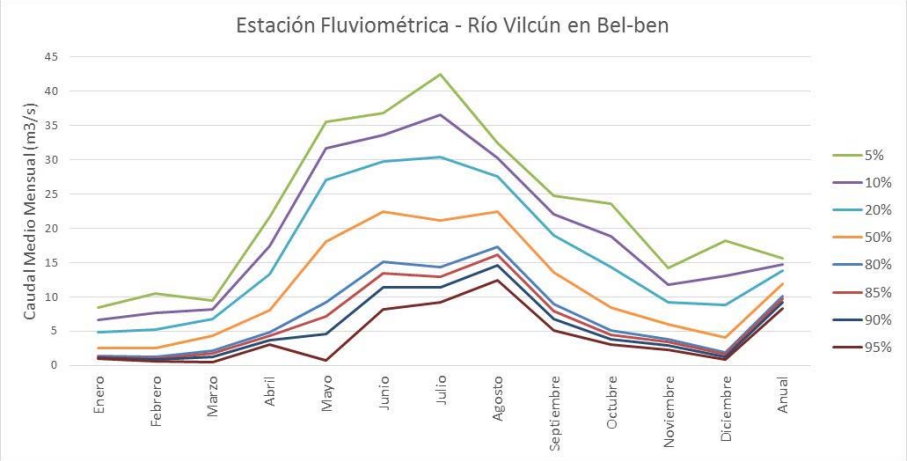


Figura 8.1-20: CVE Río Vilcún en Bel-ben



8.1.3. Generación de Caudales en Cuencas sin Control Fluviométrico

Para la generación de caudales medios mensuales en cauces menores con cuya fuente superficial se contemplen efectuar los proyectos de riego, se utilizarán relaciones de precipitación-escorrentía, estudiando las distintas relaciones existentes y determinando la que aplica de mejor forma a la zona de estudio.

A continuación, se describe la metodología a utilizar para la generación de caudales medios mensuales.

8.1.3.1. Metodología para Generación de Caudales Medios Mensuales

Existen varias fórmulas que establecen una relación entre la escorrentía total anual y la precipitación anual, tales como: Turc, Turc-Pike, Peñuelas, Grunsky, Coutagne, etc., algunas de las cuales consideran variables climáticas como la temperatura media anual y la evapotranspiración potencial de la cuenca.

En general, las relaciones de precipitación-escorrentía que más se utilizan en el país son Turc y Peñuelas.

- **MÉTODO DE TURC**

La relación fundamental del método es la siguiente:

$$ETR = \frac{P}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{0.5}}$$

En que:

ETR : Evapotranspiración Real Anual (mm/año)
P : Precipitación Anual (mm/año)
L : Parámetro Heliotérmico

$$L = 300 + 25 \cdot \theta + 0.05 \cdot \theta^3$$

Donde

θ : Temperatura media anual en °C

Luego, la escorrentía disponible, corresponde a:

$$E = P - ETR$$

Donde:

E : Escorrentía anual (mm/año)
P : Precipitación anual (mm/año)
ETR : Evapotranspiración Real Anual (mm/año)

- **MÉTODO DE PEÑUELAS**

Usado de base el método de Grunsky, en Chile se hicieron estudios en el Lago Peñuelas, llegando a una relación que resultó más representativa para dicho sector:

$$E = 0{,}5 * P^2$$

Donde:

E : Escorrentía anual (mm/año)
P : Precipitación anual (mm/año)

- **GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES A PARTIR DE ESCORRENTÍA ANUAL**

Una vez determinada la escorrentía anual con alguno de los métodos expuestos, se puede convertir dicho valor a volumen anual de escorrentía, para lo que se debe conocer la superficie total de la cuenca en estudio. Este cálculo se puede expresar por medio de la siguiente relación:

$$Vol.Esc._{AÑO} = E * A$$

Donde:

$Vol.Esc._{año}$: Volumen total de escorrentía del año (m^3)
E : Escorrentía anual (m/año)
A : Superficie pluvial aportante de la cuenca (m^2)

Cabe mencionar que se hace la distinción entre la superficie de aporte pluvial y la de aporte nival en las cuencas, ya que, dependiendo de las cotas máximas de la cuenca, puede que parte de la superficie total de la cuenca quede sobre la línea de nieve y, por lo tanto, no aporte directamente a la escorrentía superficial.

En la zona de estudio la cota de nieve ha sido estimada en la literatura especializada en un rango entre 800 y 1200 msnm, elevaciones presentes principalmente en el sector oriente de la zona de estudio, hacia la Cordillera de Los Andes.

Dado que las cuencas que se estudiarán en el marco del presente estudio corresponden principalmente a cuencas relativamente planas de la Depresión Intermedia, éstas no tendrán superficie de aportes nivales.

Una vez determinado este volumen total anual, se lo distribuye a nivel mensual, en base a las precipitaciones medidas en cada mes. Esta distribución se expresa con la siguiente relación:

$$Vol.Esc._{mes} = Vol.Esc_{año} * \frac{PP_{mes}}{PP_{año}}$$

Donde:

$Vol.Esc._{mes}$: Volumen total de escorrentía del mes (m^3)
$Vol.Esc._{año}$: Volumen total de escorrentía del año (m^3)
PP_{mes} : Precipitación registrada en la estación pluviométrica para el mes (mm)
$PP_{año}$: Precipitación registrada en la estación pluviométrica para el año (mm)

Luego, se aplica esta relación a los 30 años en que se tiene estadística pluviométrica y se obtienen los volúmenes de escorrentía para cada mes. Finalmente, los caudales medios mensuales se calculan de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$Qmm = \frac{Vol.Esc._{mes}}{d_{mes} * t_{día}}$$

Donde:

Qmm	:	Caudal medio mensual (m^3/s)
$Vol.Esc._{mes}$	:	Volumen total de escorrentía del mes (m^3)
d_{mes}	:	Días del mes (días)
t_{mes}	:	Tiempo transcurrido en el día (s/día)

Y el caudal medio anual resulta del promedio de los caudales medios mensuales:

$$QMA = \left(\sum Qmm\right)/12$$

Donde:

QMA	:	Caudal medio anual (m^3/s)
Qmm	:	Caudal medio mensual (m^3/s)

a) Validación de los Métodos

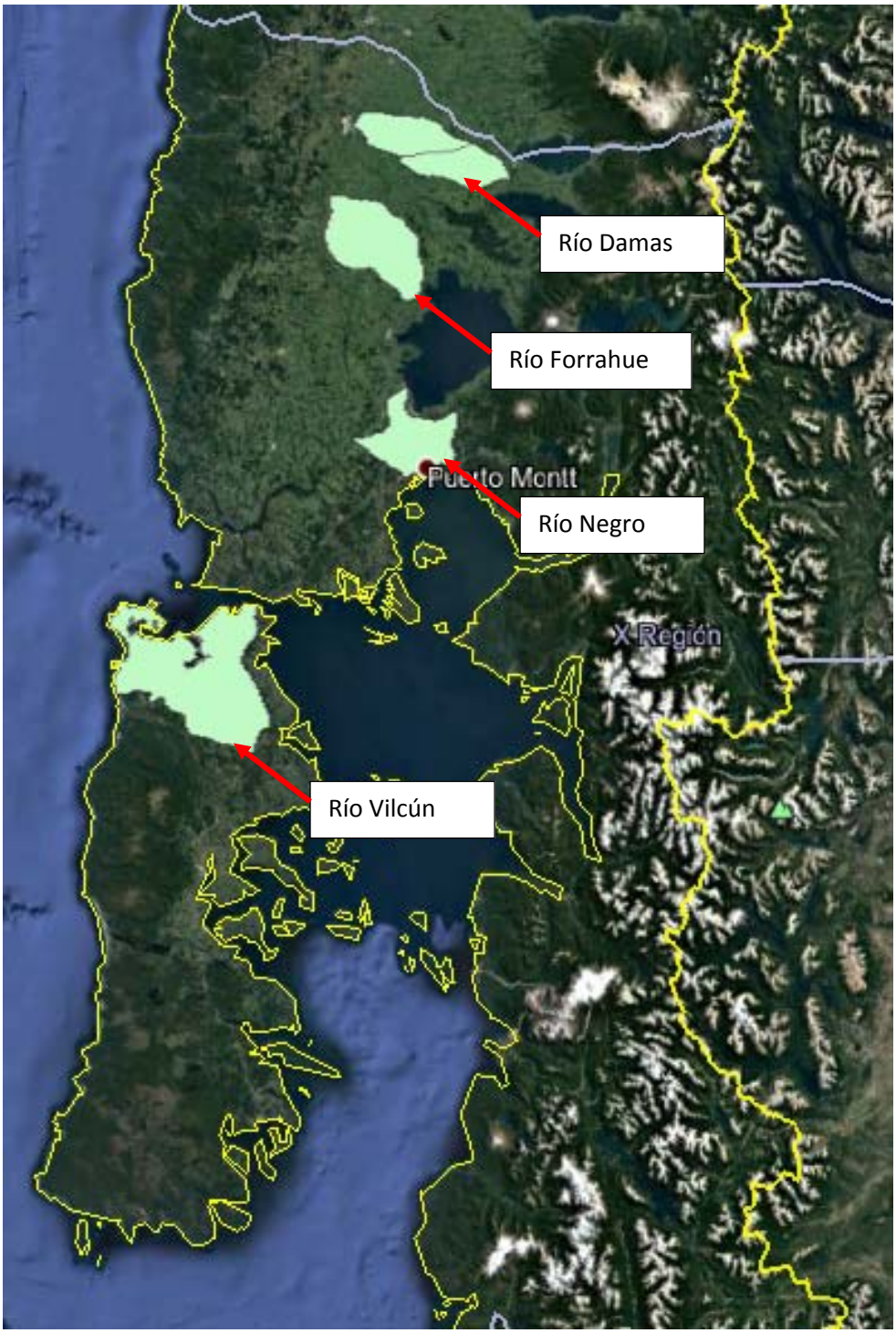
Para validar ambos métodos, se aplicarán a 4 cuencas de la zona de estudio que tengan características similares a las cuencas donde se generarán los caudales a utilizar para los proyectos de riego.

Para este proceso de validación se debe contar tanto con estadística pluviométrica como fluviométrica por lo que se han elegido una o dos cuencas por provincia.

En el caso del método de Turc, se deben utilizar los datos de temperatura estimados en el presente estudio, junto con la estadística pluviométrica.

En la siguiente figura se identifican las cuencas seleccionadas para este proceso de comparación y validación:

Figura 8.1-21: Cuencas utilizadas para validación métodos Turc y Peñuelas



Ref.: Elaboración propia

Dado que las estaciones pluviométricas no siempre están ubicadas dentro de la cuenca que será analizada, se utiliza la más cercana, cuidando que la calidad de los datos sea la mejor disponible. En la siguiente tabla se resume la información de las cuencas a utilizar en el proceso de validación, incluyendo las estaciones cuyos datos se utilizan en la aplicación de los distintos métodos de generación de caudales:

Tabla 8.1-39: Cuencas a utilizar en la validación de los métodos Escorrentía-Precipitación

#	Cuenca	Estación Fluviométrica	Estación Pluviométrica	Superficie (km^2)
1	Río Damas	Río Damas en Tacamo	Adolfo Matthei	277,0
2	Río Forrahue	Río Forrahue en Aromos	Purranque	154,0
3	Río Negro (El Tepual)	Río Negro en Las Lomas	Puerto Montt	220,8
4	Río Vilcún	Río Vilcún en Bel-ben	Chepu	160,4

Ref.: Elaboración propia

Para cada una de las cuencas indicadas se aplican por separado los métodos de Turc y Peñuelas, resultando distintas estadísticas de caudales medios mensuales. En la siguiente tabla se resumen los valores de los parámetros locales de cada cuenca:

Tabla 8.1-40: Parámetros utilizados en la aplicación de los métodos

#	Cuenca	Temperatura media anual (ºC)	Parámetro heliotérmico (-)
1	Río Damas	11,0	641,6
2	Río Forrahue	11,0	641,6
3	Río Negro (El Tepual)	10,8	633,0
4	Río Vilcún	9,8	592,1

Ref.: Elaboración propia

Con el objetivo de comparar la calidad de dichos resultados, se comparan las series de caudales medios mensuales con los caudales observados en cada estación fluviométrica, calculando en cada caso el coeficiente de correlación R^2 y el valor estadístico NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency). Además, se incluye en la comparación el valor promedio entre los dos métodos.

En la siguiente tabla se resume el resultado de la validación:

Tabla 8.1-41: Resumen y Comparación Estadística - Caudales Medios Mensuales (m^3/s)

Estación Fluviométrica	Caudales Medios Mensuales (m^3/s)							
	Observado		Turc		Peñuelas		Prom. T-P	
Río Damas en Tacamo	Prom.	8,38	Prom.	5,88	Prom.	6,95	Prom.	6,42
	Mín.	0,19	Mín.	0,00	Mín.	0,00	Mín.	0,00
	Máx.	48,55	Máx.	30,27	Máx.	37,46	Máx.	33,87
	R^2	---	R^2	0,633	R^2	0,620	R^2	0,627
	N-S	---	N-S	0,49	N-S	0,57	N-S	0,54
Río Forrahue en Aromos	Prom.	3,91	Prom.	3,62	Prom.	4,34	Prom.	3,98
	Mín.	0,04	Mín.	0,00	Mín.	0,00	Mín.	0,00
	Máx.	21,34	Máx.	16,23	Máx.	20,43	Máx.	18,33
	R^2	---	R^2	0,646	R^2	0,637	R^2	0,642
	N-S	---	N-S	0,61	N-S	0,63	N-S	0,63
Río Negro en Las Lomas	Prom.	8,12	Prom.	8,83	Prom.	12,55	Prom.	10,69
	Mín.	0,25	Mín.	0,49	Mín.	0,62	Mín.	0,56
	Máx.	41,05	Máx.	30,92	Máx.	52,82	Máx.	41,14
	R^2	---	R^2	0,673	R^2	0,597	R^2	0,630
	N-S	---	N-S	0,66	N-S	0,06	N-S	0,48
Río Vilcún en Bel-ben	Prom.	11,95	Prom.	9,55	Prom.	15,54	Prom.	12,55
	Mín.	0,23	Mín.	0,74	Mín.	0,48	Mín.	0,61
	Máx.	52,82	Máx.	59,95	Máx.	33,24	Máx.	45,10
	R^2	---	R^2	0,660	R^2	0,706	R^2	0,681
	N-S	---	N-S	0,47	N-S	0,58	N-S	0,68

Ref.: Elaboración propia

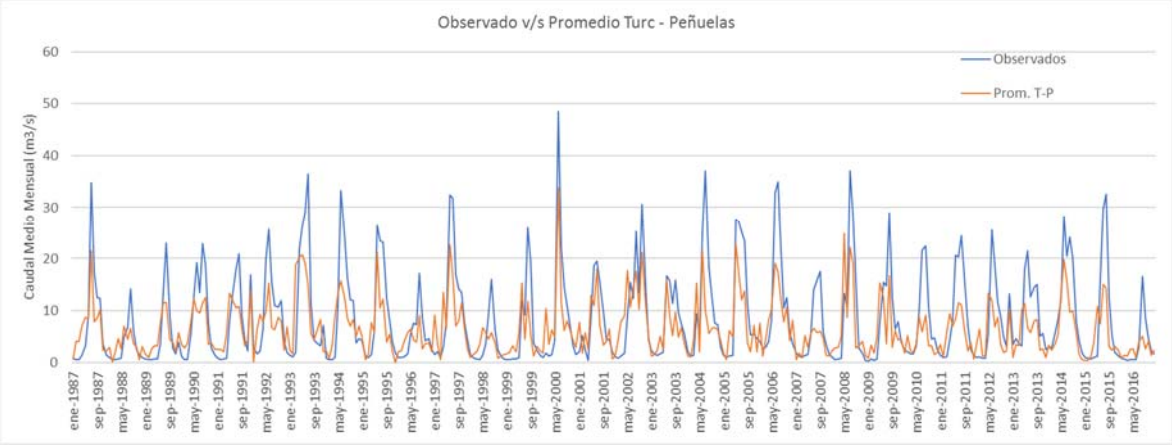
Se observa que la serie correspondiente al promedio de los métodos de Turc y Peñuelas presenta los mejores ajustes según el valor Nash-Sutcliffe (3 de 4), una buena correlación en todos los casos (sobre 0,60) y una buena cercanía en los valores promedios, mínimos y máximos de cada serie.

En el Anexo 8-10 se entrega, para cada cuenca, una planilla con el detalle del análisis estadístico realizado, incluyendo gráficos para observar la correlación tanto de la serie completa como de los valores extremos, donde se consideran los caudales con probabilidad

de excedencia menor al 10% y mayor al 90%. Además, se incluye el detalle del cálculo del valor Nash-Sutcliffe.

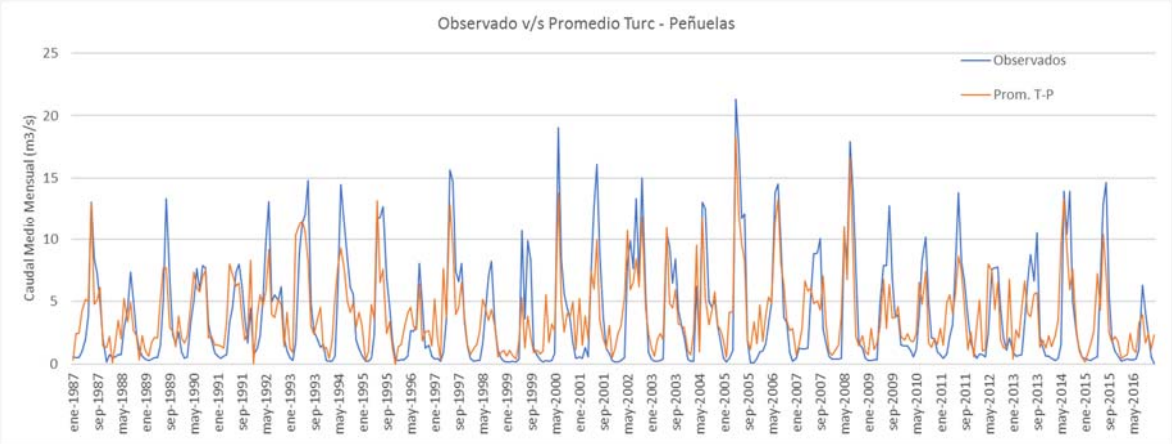
A continuación, se presentan los gráficos de series de caudales para cada cuenca:

Figura 8.1-22: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) – Río Damas en Tacamo



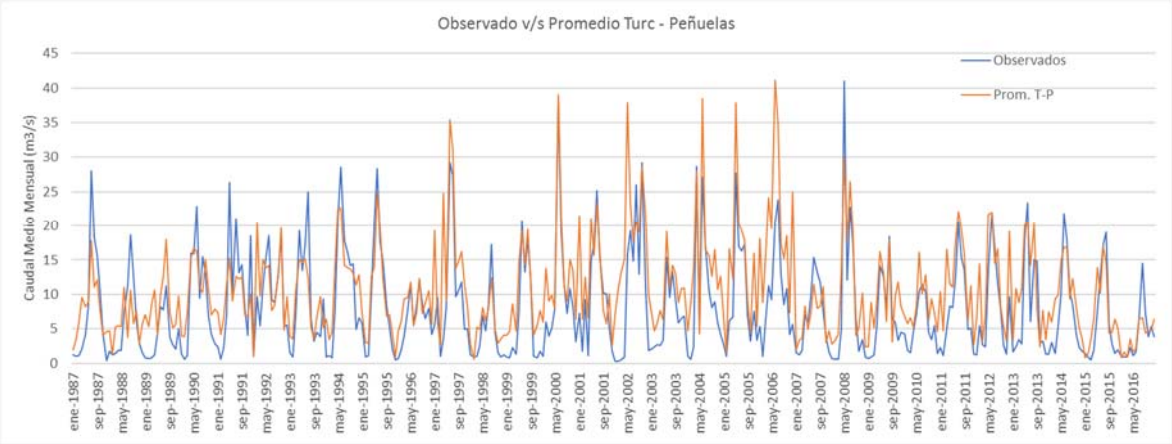
Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-23: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) – Río Forrahue en Aromos



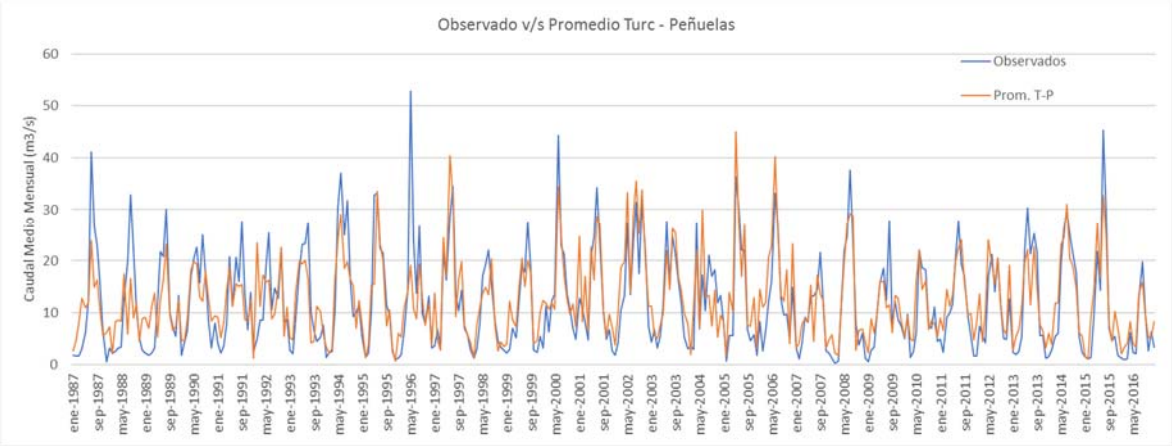
Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-24: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Negro en Las Lomas



Ref.: Elaboración propia

Figura 8.1-25: Serie de Caudales Medios Mensuales (m^3/s) - Río Vilcún en Bel-ben



Ref.: Elaboración propia

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

b) Ejemplos de Aplicación de Métodos de Turc y Peñuelas en Zona de Estudio

Se han seleccionado 3 predios, ubicados en distintas provincias de la región, los que además forman parte de los 127 sectores identificados como de interés para el desarrollo de proyectos de riego.

En la siguiente tabla se entrega información de los predios seleccionados:

Tabla 8.1-42: Predios para ejemplo aplicación método de Turc

Predio	Sector	Provincia	Tipo de Fuente
Predio 165	S2	Osorno	Superficial
Predio 213	S43	Llanquihue	Superficial
Predio 302	S72	Chiloé	Superficial

En las siguientes figuras, se muestran los predios, el sector de riego en que están incluidos y la delimitación de la cuenca aportante a su punto de captación:

Figura 8.1-26: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 165

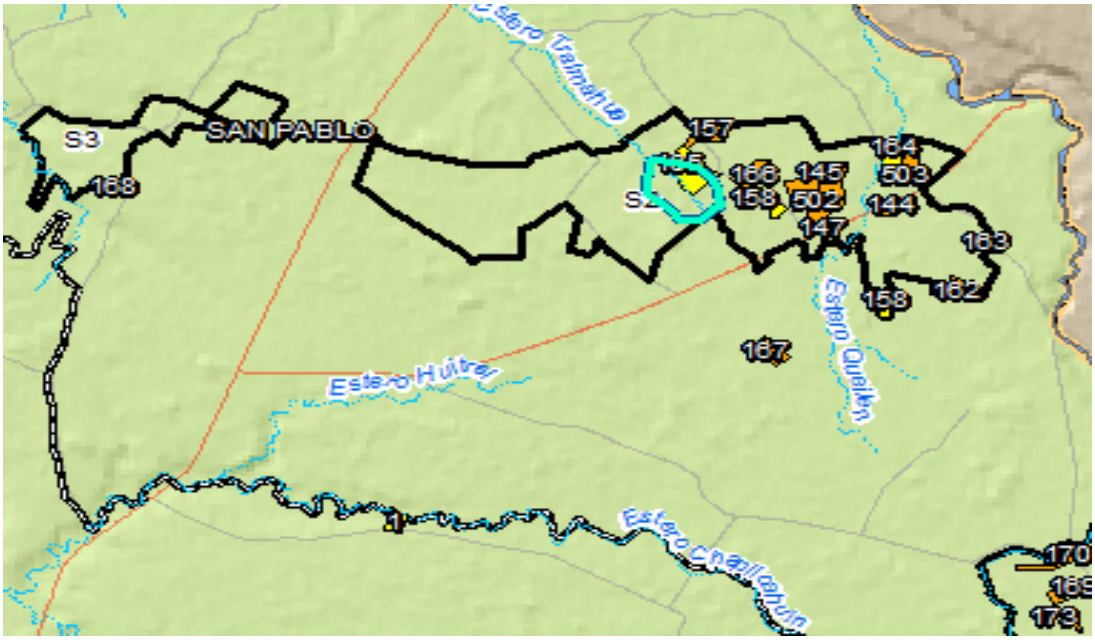


Figura 8.1-27: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 213

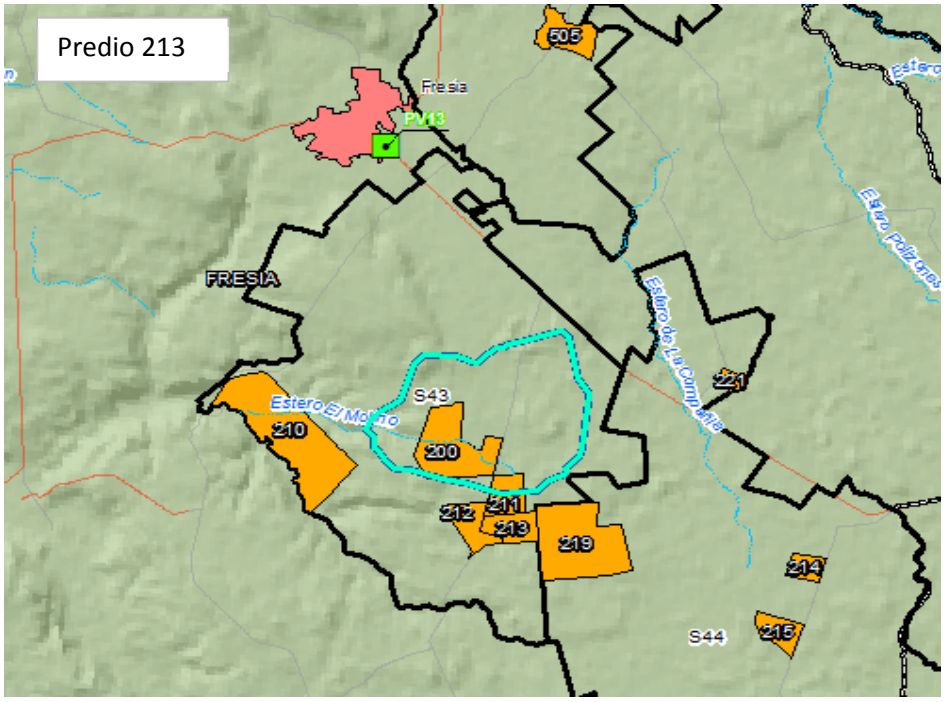
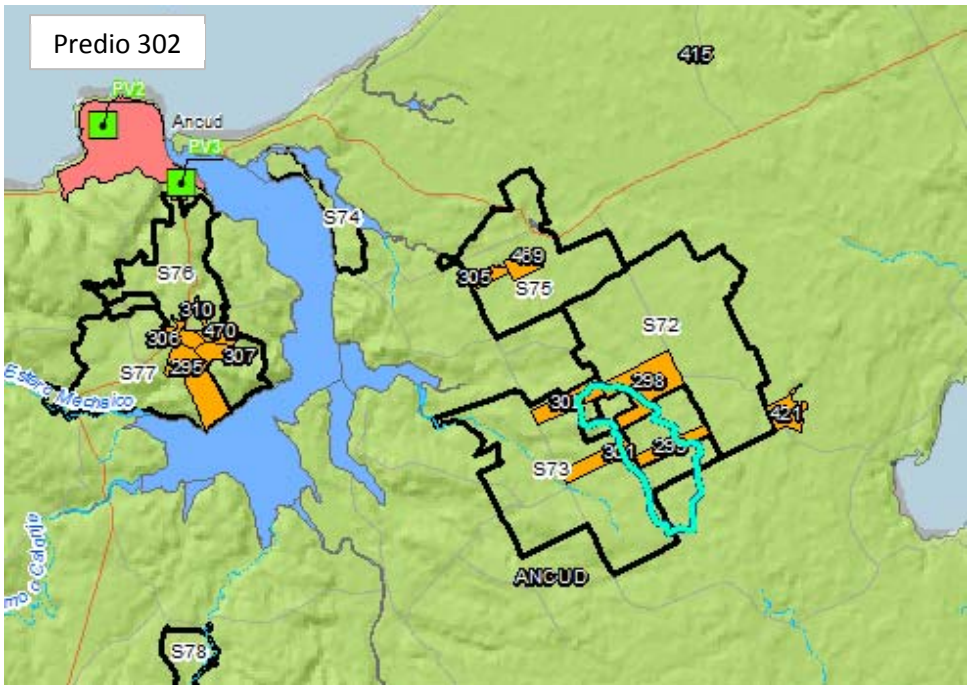


Figura 8.1-28: Ubicación Predio de Ejemplo y Cuenca Aportante - Predio 302



Tal como fue indicado anteriormente, se elige utilizar la estadística pluviométrica de la estación más cercana, mientras sus datos sean de buena calidad. En la siguiente tabla se resume la selección de estación pluviométrica para cada uno de los predios de ejemplo:

Tabla 8.1-43: Predios para ejemplo aplicación método de Turc

Predio	Estación Pluviométrica	Superficie Cuenca (km^2)
Predio 165	Adolfo Matthei	0,76
Predio 213	Fresia	8,49
Predio 302	Ancud	6,14

Junto con los datos de temperatura disponibles en el presente estudio, se procede a generar la estadística de caudales medios mensuales para cada una de estas cuencas.

En las siguientes páginas, se incluye la serie completa de 30 años y las curvas de variación estacional para cada caso de ejemplo. Se destaca la curva de probabilidad de excedencia del 85%, ya que dichos caudales son los que exige la DGA para constituir derechos de aguas superficiales permanentes.

Tabla 8.1-44: Caudales Medios Mensuales Predio 165

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL
1987	19,26	23,52	22,98	58,23	21,46	23,61	27,49	6,54	5,84	1,58	11,36	11,11	19,42
1988	12,75	7,25	19,19	12,16	17,82	9,86	8,17	1,24	8,14	7,89	0,42	5,74	9,22
1989	8,82	8,48	21,26	31,34	31,27	11,96	10,60	5,77	15,69	4,38	2,61	7,01	13,26
1990	22,06	33,04	27,63	25,93	31,36	34,35	9,37	10,32	6,61	9,32	7,87	9,77	18,97
1991	15,20	36,38	33,18	28,39	29,48	17,74	8,78	11,67	37,73	6,83	6,90	5,73	19,83
1992	21,44	26,64	42,10	18,05	17,02	23,95	21,52	6,33	18,78	0,19	18,14	25,17	19,94
1993	55,79	56,64	52,78	40,47	14,98	11,96	16,48	22,67	5,68	6,32	4,82	51,04	28,30
1994	24,90	36,14	43,37	34,48	23,10	19,40	22,62	13,87	19,08	6,10	2,28	8,62	21,16
1995	21,17	15,52	58,51	28,70	33,07	10,74	14,73	5,62	0,00	13,57	1,29	4,45	17,28
1996	15,94	17,59	11,84	10,51	24,82	7,32	9,77	10,45	5,54	5,41	6,40	10,80	11,37
1997	37,06	17,80	62,34	44,92	19,00	22,08	31,18	17,90	7,30	24,88	9,75	1,46	24,64
1998	9,63	18,30	15,77	12,24	15,48	10,51	2,06	3,26	3,88	2,70	4,57	5,54	8,66
1999	5,75	16,16	42,05	12,11	32,03	15,18	3,46	8,55	5,84	4,56	5,58	8,54	13,32
2000	17,21	13,07	93,50	31,69	16,71	22,00	16,99	11,97	7,82	4,79	29,54	9,30	22,88
2001	6,68	34,90	30,33	48,83	19,38	8,99	10,97	17,64	1,92	20,86	5,09	15,68	18,44
2002	24,62	47,97	29,38	38,94	47,76	28,19	57,58	30,42	13,57	3,37	11,92	21,25	29,58
2003	13,99	6,89	43,73	24,52	14,01	26,84	13,32	18,34	10,27	3,40	4,26	6,39	15,49
2004	42,37	5,63	59,63	27,53	15,24	18,17	18,33	17,44	11,47	3,36	3,15	11,64	19,50
2005	13,43	62,36	47,13	32,58	37,33	10,47	5,50	19,58	5,63	4,94	1,27	16,83	21,42
2006	22,49	27,93	52,81	47,43	32,29	21,64	29,01	11,36	21,88	20,36	3,39	12,00	25,22
2007	14,39	7,76	15,31	17,84	15,68	16,60	12,80	3,64	3,41	1,28	4,90	2,57	9,68
2008	14,32	67,56	23,84	60,41	51,91	7,48	8,78	11,04	3,81	6,16	7,81	7,83	22,58
2009	13,74	41,55	34,13	9,70	45,25	8,13	16,74	11,71	12,46	2,18	9,58	4,66	17,49
2010	5,32	9,66	23,83	15,96	24,85	8,71	8,49	4,19	5,07	4,74	14,64	6,14	10,97
2011	25,79	18,92	23,32	31,28	30,00	18,17	5,83	10,20	1,74	9,54	3,17	15,83	16,15
2012	3,56	36,19	32,92	18,58	23,66	9,65	5,38	6,25	27,90	9,85	18,17	3,26	16,28
2013	27,93	30,93	18,54	15,49	21,72	22,66	6,27	7,08	2,45	2,68	9,74	8,77	14,52
2014	15,08	35,92	54,57	42,77	26,09	27,61	15,27	4,02	1,39	9,11	6,73	9,74	20,69
2015	10,30	29,37	20,58	40,81	38,80	8,27	6,20	8,27	6,87	0,90	0,93	3,02	14,53
2016	6,87	7,06	2,38	11,09	13,77	7,27	10,86	3,73	6,29	2,68	3,81	3,24	6,59
Promedio	18,3	26,6	35,3	29,1	26,2	16,3	14,5	10,7	9,5	6,8	7,3	10,4	17,6
min	3,6	5,6	2,4	9,7	13,8	7,3	2,1	1,2	0,0	0,2	0,4	1,5	6,6
máx	55,8	67,6	93,5	60,4	51,9	34,4	57,6	30,4	37,7	24,9	29,5	51,0	29,6

Figura 8.1-29: Curvas de Variación Estacional Predio 165

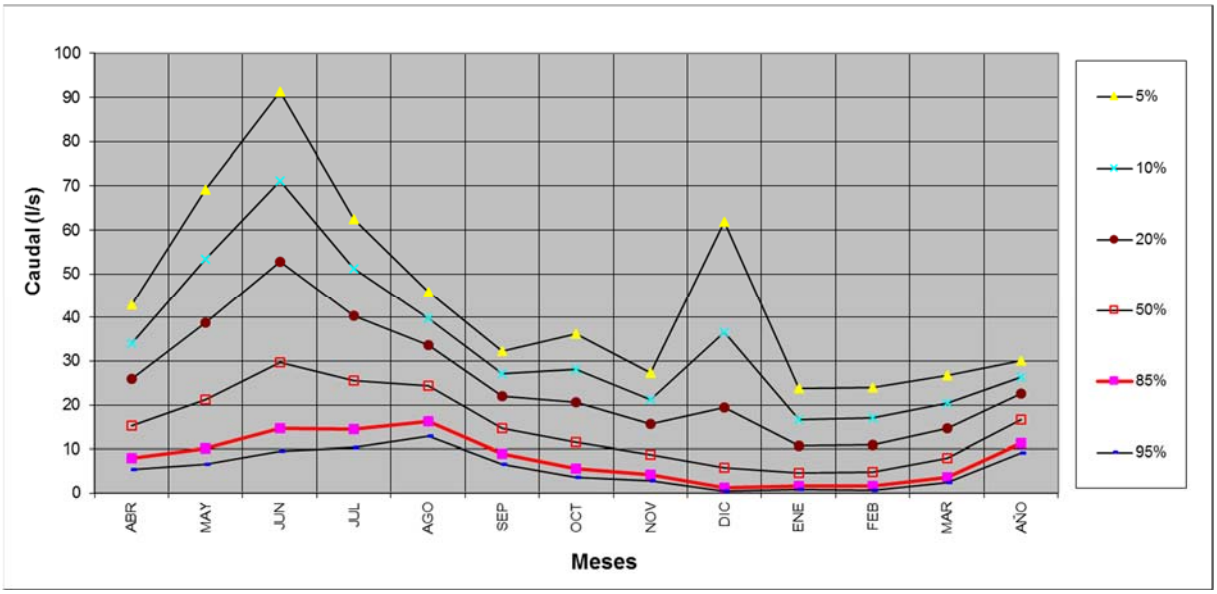


Tabla 8.1-45: Caudales Medios Mensuales Predio 213

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL
1987	288,05	243,18	267,85	527,93	328,41	365,20	228,57	124,28	137,53	58,29	105,28	178,91	237,79
1988	181,86	175,15	367,37	123,43	346,78	190,02	245,52	95,27	184,73	152,32	43,88	171,29	189,80
1989	313,78	118,07	287,94	367,43	521,04	215,77	147,90	166,49	282,22	205,42	162,16	249,71	253,16
1990	430,81	462,17	455,24	303,31	284,65	422,99	297,22	197,37	219,08	109,54	111,46	206,70	291,71
1991	328,17	431,74	259,23	357,39	343,94	358,03	198,33	192,92	285,77	208,15	122,57	183,97	272,52
1992	413,05	374,75	390,74	207,47	227,93	358,14	534,72	130,76	262,29	29,85	574,96	266,04	314,23
1993	455,52	436,38	458,20	370,66	94,52	100,48	253,24	233,16	128,40	116,08	111,30	314,56	256,04
1994	484,03	699,55	851,55	536,57	573,47	480,32	439,46	205,74	354,90	95,32	64,68	86,10	405,97
1995	388,45	388,49	856,68	586,88	503,62	187,15	262,58	77,46	15,26	195,93	36,77	95,38	299,55
1996	286,12	383,38	219,89	178,21	391,79	260,07	152,42	241,29	76,01	121,35	111,85	220,42	220,23
1997	760,05	528,02	1260,47	998,28	284,62	517,23	611,59	235,29	175,54	422,59	144,99	84,97	501,97
1998	207,81	256,20	281,31	251,25	379,86	142,24	48,44	81,61	64,82	80,51	25,68	142,60	163,53
1999	95,31	270,24	530,26	228,49	433,45	264,15	59,78	121,00	112,92	98,68	124,60	143,85	206,89
2000	305,40	191,00	1179,61	435,81	244,57	261,46	303,77	270,93	115,82	141,43	389,64	194,53	336,16
2001	153,36	608,88	577,07	800,34	451,43	207,43	143,18	245,53	50,66	442,39	115,86	296,59	341,06
2002	474,45	1084,51	598,84	404,48	651,04	512,97	797,64	364,61	167,59	106,02	264,11	371,63	483,16
2003	212,78	205,70	658,72	375,41	358,06	419,15	201,21	251,31	246,20	104,35	86,59	129,64	270,76
2004	561,58	69,19	813,05	395,05	218,91	233,43	376,93	172,99	165,66	112,84	41,32	226,55	282,29
2005	312,65	1087,49	761,19	776,71	624,91	187,38	109,42	319,02	124,57	146,92	62,56	370,63	406,95
2006	603,43	630,05	1075,44	1132,34	567,34	428,91	476,04	232,39	394,95	475,75	189,57	379,78	548,83
2007	387,97	176,36	455,80	355,31	303,04	395,81	267,13	103,28	69,43	62,84	121,92	77,41	231,36
2008	332,28	763,58	420,11	1108,69	767,70	147,57	173,65	258,49	74,56	74,80	84,97	81,12	357,29
2009	286,54	623,22	645,45	263,15	735,46	180,79	343,56	331,13	208,92	75,22	245,66	95,50	336,22
2010	91,87	203,54	403,90	339,98	479,22	78,78	106,80	164,49	84,44	156,57	171,08	104,01	198,72
2011	268,30	254,54	445,17	683,14	564,96	331,99	80,26	169,32	71,17	212,41	75,85	335,91	291,09
2012	113,22	502,94	430,33	274,86	454,50	129,77	105,83	33,95	448,05	137,85	311,22	93,14	252,97
2013	233,03	413,60	376,15	234,26	367,82	288,00	75,62	135,66	71,25	38,19	111,06	143,44	207,34
2014	201,96	547,94	717,96	465,08	273,97	348,78	201,95	78,45	53,36	149,03	110,48	185,47	277,87
2015	211,53	480,51	308,80	692,02	485,72	113,21	110,36	117,35	87,93	13,62	66,97	87,93	231,33
2016	224,50	140,77	140,34	556,98	651,59	149,41	165,00	136,79	166,33	31,66	45,62	81,83	207,57
Promedio	320,3	425,0	549,8	477,7	430,5	275,9	250,6	182,9	163,3	145,9	141,2	186,7	295,8
min	91,9	69,2	140,3	123,4	94,5	78,8	48,4	33,9	15,3	13,6	25,7	77,4	163,5
máx	760,0	1087,5	1260,5	1132,3	767,7	517,2	797,6	364,6	448,1	475,7	575,0	379,8	548,8

Figura 8.1-30: Curvas de Variación Estacional Predio 213

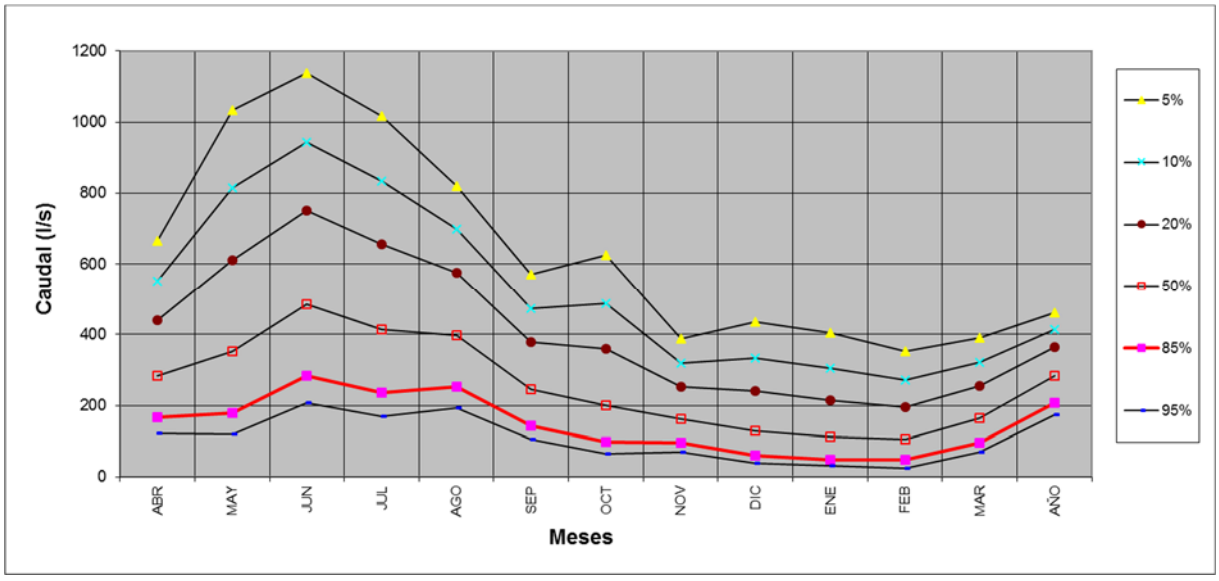
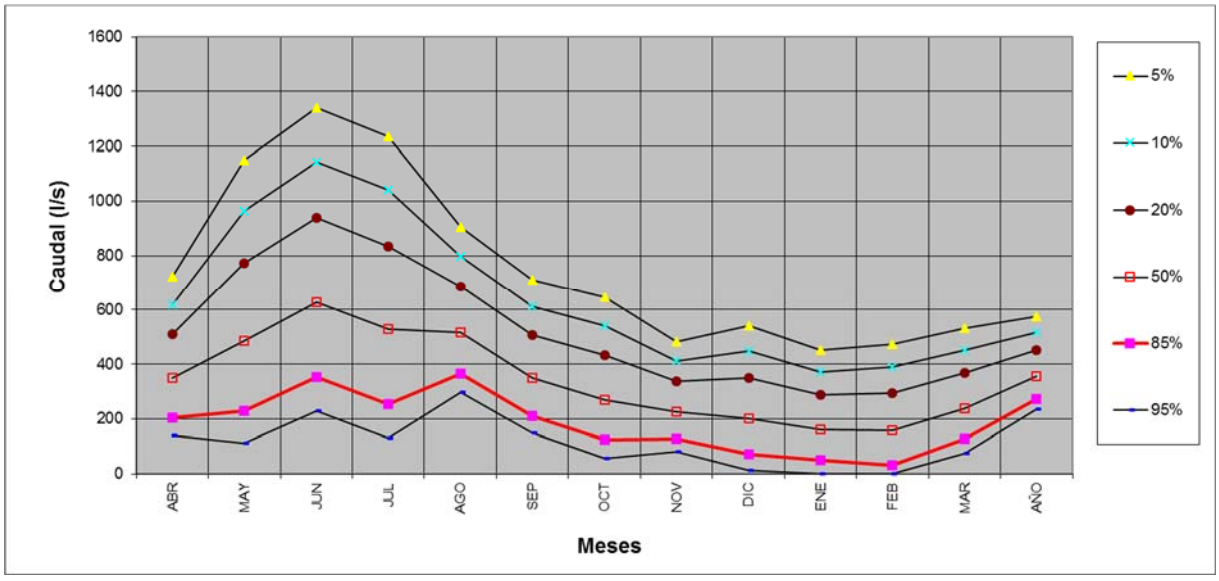


Tabla 8.1-46: Caudales Medios Mensuales Predio 302

AÑO	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL
1987	391,95	330,91	364,47	718,36	446,88	496,93	311,02	169,11	187,14	79,31	143,25	243,45	323,57
1988	268,67	258,76	542,72	182,35	512,31	280,72	362,71	140,74	272,90	225,02	64,82	253,05	280,40
1989	417,87	157,24	383,46	489,31	693,89	287,35	196,96	221,72	375,85	273,56	215,96	332,55	337,14
1990	547,79	587,66	578,85	385,67	361,95	537,84	377,92	250,96	278,56	139,28	141,72	262,83	370,92
1991	426,28	560,82	336,73	464,24	446,77	465,08	257,62	250,59	371,20	270,37	159,21	238,97	353,99
1992	359,54	498,48	640,86	484,49	311,68	425,05	566,33	272,78	357,27	30,83	578,71	308,93	402,91
1993	629,51	745,83	577,49	523,93	341,69	277,07	183,89	306,79	189,03	174,03	92,13	411,95	371,11
1994	404,03	919,91	1043,81	463,63	474,55	567,49	359,81	412,09	288,52	151,50	143,06	173,78	450,18
1995	366,48	244,53	754,84	507,31	496,91	236,09	277,74	106,92	23,72	126,46	82,84	154,20	281,50
1996	436,62	404,79	485,87	458,43	785,45	303,13	190,03	280,85	172,30	167,50	151,67	315,09	345,98
1997	942,40	654,71	1562,89	476,16	352,91	641,32	127,31	50,56	26,05	523,98	179,77	105,35	470,28
1998	33,70	436,48	433,94	244,97	346,08	207,59	80,71	116,18	119,53	7,00	1,48	84,44	176,01
1999	241,33	550,91	642,49	356,49	582,85	566,80	71,86	130,97	222,16	125,15	414,84	283,45	349,11
2000	440,29	343,50	1260,27	1518,59	475,16	463,29	375,10	290,64	189,82	211,85	446,83	399,52	534,57
2001	201,62	937,67	579,18	788,49	380,13	263,46	148,97	276,96	70,38	510,56	183,13	375,07	392,97
2002	357,00	840,77	454,37	855,50	914,45	615,39	791,24	496,81	298,38	92,05	323,39	485,61	543,75
2003	245,99	364,27	593,72	364,68	572,34	540,96	358,60	439,64	259,32	266,42	164,86	147,90	359,89
2004	248,94	74,06	880,50	424,27	444,33	212,13	372,15	223,37	229,48	173,42	76,80	237,16	299,72
2005	486,38	1219,15	949,94	611,32	787,97	396,07	248,71	391,51	115,29	174,33	34,74	529,50	495,41
2006	532,19	666,36	1209,42	1061,78	480,85	327,89	526,01	201,78	712,74	346,85	86,48	518,69	555,92
2007	327,57	173,42	448,97	441,95	523,99	514,48	430,76	119,47	141,72	89,51	88,78	248,01	295,72
2008	380,48	951,39	968,92	1287,58	871,35	172,52	208,12	241,05	171,52	125,78	238,01	112,06	477,40
2009	403,87	448,38	556,61	314,46	737,44	180,41	423,58	389,52	272,00	53,57	206,48	123,21	342,46
2010	239,98	315,60	669,36	360,32	359,77	145,85	253,04	324,41	164,70	199,67	286,46	141,52	288,39
2011	383,52	322,53	583,49	636,12	568,64	423,52	164,74	231,76	100,23	290,77	115,36	286,80	342,29
2012	335,43	563,00	614,26	414,90	588,97	269,40	115,64	115,31	530,54	216,07	385,22	189,70	361,54
2013	342,40	571,97	697,02	325,24	695,05	431,05	255,42	161,01	95,66	108,48	217,27	157,79	338,20
2014	305,98	821,19	737,09	785,09	580,56	585,35	470,04	176,31	91,37	180,53	166,97	336,84	436,44
2015	298,73	784,67	645,46	871,40	692,78	205,91	149,71	311,53	221,98	29,94	77,73	203,40	374,44
2016	211,11	116,85	93,56	428,72	427,17	199,91	164,83	179,12	200,43	86,67	99,39	99,83	192,30
Promedio	373,6	528,9	676,4	574,9	541,8	374,7	294,0	242,7	225,0	181,7	185,6	258,7	371,5
min	33,7	74,1	93,6	182,3	311,7	145,9	71,9	50,6	23,7	7,0	1,5	84,4	176,0
máx	942,4	1219,1	1562,9	1518,6	914,5	641,3	791,2	496,8	712,7	524,0	578,7	529,5	555,9

Figura 8.1-31: Curvas de Variación Estacional Predio 302



El detalle de la generación de caudales y del análisis de frecuencia realizado para cada cuenca de ejemplo se puede ver en el Anexo Digital 8-11.

8.1.3.2. Análisis de Caudales Máximos

- **Fórmulas Precipitación – Escorrentía**

Con el objetivo de determinar caudales máximos instantáneos en cuencas donde se extraerán recursos superficiales para riego, se estiman las crecidas a partir de datos de precipitaciones máximas, usando las siguientes relaciones precipitación-escorrentía:

a) Método Racional
b) Fórmula Racional Modificada
c) Fórmula de Verni King Modificada
d) Método DGA-AC

Se utilizan estos métodos al ser los recomendados en el "Manual de Cálculo de Crecidas y Caudales Mínimos en Cuencas sin Información Fluviométrica", DGA-MOP, 1995.

Para cada una de las relaciones, se calcularán los caudales máximos para períodos de retorno 2, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años.

Así, el caudal de crecida a utilizar, dependiendo de la variabilidad de los valores que se obtengan, será el valor máximo entre los distintos métodos.

a) Método Racional

El Método Racional estima el caudal máximo a través de la siguiente fórmula:

$$Q^T = C \times I^T \times A / 3{,}6$$

donde:

Q^T : Caudal máximo asociado al período de retorno T (m^3/s)
C : Coeficiente de escorrentía de la cuenca

I^T : Intensidad máxima de lluvia durante un tiempo igual al tiempo de concentración (t_c) de la cuenca, para un período de retorno T (mm/hr)

A : Área de la cuenca aportante (Km²)

Para estimar el tiempo de concentración de una cuenca existen diversas fórmulas. Entre las aplicables a cuencas no urbanas, se encuentra la fórmula de California y la fórmula de Giandotti; además, algunos autores recomiendan la que está basada en velocidades medias de escurrimiento (Texas Highway Department. Rational Design of Culverts and Bridges).

La fórmula de California está dada por la siguiente expresión:

$$t_c = 0{,}95 \cdot \left(\frac{L^3}{H_{máx}} \right)^{0{,}385}$$

donde:

t_c : Tiempo de concentración (hr)

L : Longitud del cauce principal (Km)

$H_{máx}$: Desnivel máximo de la cuenca (m)

Por otra parte, la fórmula de Giandotti incorpora la diferencia de altura entre el centro de gravedad de la cuenca y el punto de salida a través de la ecuación:

$$t_c = \frac{4 \times \sqrt{A} + 1{,}5 \times L}{0{,}8 \times \sqrt{H_g}}$$

$$\frac{L}{5{,}4} \leq t_c \leq \frac{L}{3{,}6}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración de la cuenca (hr)

L : Longitud del cauce principal (Km)

H_g : Desnivel entre centro de gravedad y el punto de salida de la cuenca (m)

A : Área de la cuenca (Km²)

Los parámetros característicos de cada una de las subcuencas serán determinados de modelos digitales de elevación (DEM) o cartografía 1:50.000.

b) Fórmula Racional Modificada

Adicionalmente al uso de la fórmula racional, de acuerdo a lo con el manual antes señalado, se recomienda el empleo de coeficientes de escorrentía que mejor se ajustan a los resultados de los análisis de frecuencias efectuadas en el estudio desarrollado para su elaboración; esos análisis incluyen información de 130 estaciones limnigráficas ubicadas entre la IIIª y IXª Regiones de Chile.

El procedimiento de cálculo consiste básicamente en determinar el coeficiente de escorrentía que es función del período de retorno, de la ubicación geográfica de la cuenca y de la intensidad de la lluvia de diseño. Si bien el manual entrega coeficientes entre la Región de Atacama y Región de La Araucanía, se asume que los coeficientes de ésta última son válidos para la región del estudio.

El procedimiento de cálculo es similar al ya explicado, salvo que el coeficiente de escorrentía se calcula de acuerdo con la siguiente metodología:

- Determinación del Coeficiente de Escorrentía de Período de Retorno 10 años

El coeficiente de escorrentía asociado al período de retorno de 10 años C (T= 10) es variable según la ubicación geográfica de la cuenca. De acuerdo con la recomendación del manual, a la cuenca de interés le corresponde un valor de:

$$C(T= 10 \text{ años}) = 0,28$$

Cabe destacar que este coeficiente es aplicable sólo para cuencas naturales; para cuencas urbanizadas se recomienda utilizar los coeficientes de escorrentía usuales.

- Determinación de la Curva de Frecuencia del Coeficiente de Escorrentía

Para determinar el valor del coeficiente de escorrentía correspondiente a cualquier período de retorno comprendido entre 2 y 100 años, se debe multiplicar el valor del coeficiente asociado al período de retorno de 10 años por la razón C(T)/C(T=10); el factor de frecuencia, asociado a la región de interés, se muestra en la Tabla 8.1-47 siguiente.

Tabla 8.1-47: Factores de Frecuencia Coef. de Escorrentía – Los Lagos

Período de Retorno (años)	C(T)/C(T=10)
2	1,03
5	1,02
10	1,00
20	0,98
25	0,98
50	0,97
100	0,93

c) Fórmula de Verni-King Modificada

Este método está basado en la fórmula de Verni King, el cual relaciona el caudal instantáneo máximo de una crecida con la precipitación diaria máxima y el área pluvial a través de una relación de potencias.

A la fórmula original, establecida para períodos de retorno mayores que 30 años, se le ha agregado un coeficiente empírico variable con el período de retorno, el cual es producto de un proceso de ajuste y calibración a los resultados de los análisis de frecuencias realizados a más de 100 estaciones limnigráficas del país.

La fórmula de Verni King modificada es la siguiente:

$$Q = C(T) \cdot 0,00618 \cdot P_{24}^{1,24} \cdot A_P^{0,88}$$

donde:

Q= caudal instantáneo máximo asociado al período de retorno T años (m3/s)
C(T)= coeficiente empírico de período de retorno T años
P_{24}= precipitación diaria máxima asociada al período de retorno de T años (mm)
AP= área pluvial de la cuenca (km2)

Si bien el manual entrega coeficientes entre la Región de Atacama y Región de La Araucanía, se asume que los coeficientes de ésta última son válidos para la región del estudio.

El procedimiento de cálculo consiste en determinar el coeficiente empírico de ajuste y calibración antes señalado, el cual resulta ser función del período de retorno; luego se aplica la fórmula directamente.

- Determinación del Coeficiente Empírico de Período de Retorno 10 años

Este coeficiente se obtiene en base al correspondiente coeficiente asociado a un período de retorno T= 10 años C(T=10); este último coeficiente es variable de acuerdo con la región en que se encuentra la cuenca analizada; para la cuenca de interés, el coeficiente es:

C(T=10 años) = 0,89

- Determinación de la Curva de Frecuencia del Coeficiente de Escorrentía

Para determinar el valor del coeficiente de escorrentía correspondiente a cualquier período de retorno comprendido entre 2 y 100 años, se debe multiplicar el valor del coeficiente asociado al período de retorno de 10 años por la razón C(T)/C(T=10); el factor de frecuencia, asociado a la cuenca de interés es el mismo señalado en la Tabla 8.1-48 anterior.

Tabla 8.1-48: Factores de Frecuencia Coef. de Escorrentía – Los Lagos

Período de Retorno (años)	C(T)/C(T=10)
2	1,03
5	1,02
10	1,00
20	0,98
25	0,98
50	0,97
100	0,93

d) Método DGA-AC

Este método corresponde a un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximos anuales generados a partir de la información de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del período pluvial, de 234 estaciones de control fluviométrico. Este método, que abarca estaciones desde la IIIª a IXª Región, es válido para cuencas pluviales o pluvionivales sin información fluviométrica y con áreas comprendidas entre 20 y 10.000 km^2; su uso está restringido a períodos de retorno inferiores a 100 años.

El método consiste básicamente en determinar una curva de frecuencias para el caudal instantáneo máximo de la cuenca, en base al siguiente procedimiento general:

1º Se debe definir la zona homogénea a la cual pertenece la cuenca.

2º Se determina la curva de frecuencias de la cuenca para la variable caudal medio diario máximo.

3º La curva anterior se convierte a la correspondiente a caudales instantáneos máximos, a través de la determinación de un factor de conversión apropiado.

- Zona Homogénea

Las cuencas que se analizan pertenecen a la zona homogénea Xp (regiones de Los Ríos y Los Lagos), razón por la cual la curva de frecuencia regional de caudales medios diarios máximos correspondió al definido para esa zona. En la siguiente tabla se incluyen los valores de la curva de frecuencia correspondiente a esa zona.

Tabla 8.1-49: Curva de Frecuencia Caudales Medios Diarios Máximos Zona Homógenea Xp

Período de Retorno (T)	Q(T)/(Q10)		
	Media	Máxima	Mínima
2	0,66	0,69	0,64
5	0,87	0,88	0,86
10	1,00	1,00	1,00
20	1,13	1,14	1,12
25	1,17	1,18	1,16
50	1,29	1,32	1,27
75	1,37	1,40	1,34
100	1,42	1,45	1,39

- Determinación de Caudal Medio Diario Máximo en Período de Período de Retorno de 10 años.

El caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años (Q10), es la variable usada para adimensionalizar las curvas de frecuencias regionales del método. Para su determinación, se plantea la siguiente relación (VII a IX Región):

$$Q_{10} = 2 * 10^{-3} * Ap^{0,973} * (P_{24}^{10})^{1,224} \ (m3/s)$$

donde:

Q_{10} = caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años (m3/s)
Ap = área pluvial de la cuenca (km2)
P^{10}_{24} = precipitación diaria máxima de período de retorno 10 años (mm)

A través de estas relaciones es posible determinar la curva de frecuencias de caudal medio diario máximo de la cuenca, multiplicando los valores de la Tabla 8.1-49 por el caudal medio diario máximo de período de retorno 10 años.

La precipitación máxima diaria con período de retorno 10 años fue estimada para diversos sectores de la región en estudio en el acápite 8.1.1.5 del presente informe.

- **Método del Hidrograma Unitario Sintético**

Con el objetivo de complementar y validar los resultados de caudales de crecida obtenidos a través de las fórmulas antes señaladas, en las 5 cuencas de mayor área aportante se hará un análisis del método del Hidrograma Unitario Sintético; ello para comparar los valores de los caudales de crecida obtenidos. La metodología a utilizar será la siguiente:
Para la aplicación de este método es necesario conocer ciertos parámetros, a saber: tiempo al peak (Tp), tiempo base (Tb), tiempo unitario (Tu) y caudal peak (Qp).

Se utilizarán las expresiones presentadas en el estudio "Análisis Eventos Hidrometeorológicos Extremos en el País. Caudales Máximos y Mínimos (AC, DGA, 1995)". De acuerdo con las relaciones de Linsley, para la Región de Los Lagos, estos parámetros están dados por las siguientes ecuaciones:

$$Tp\ (hrs) = 1{,}351*(L*Lg/S^{0,5})^{0,237}$$

$$Tb\ (hrs) = 5{,}428*Tp^{0,717}$$

$$Tu = Tp/5{,}5$$

$$Qp\ (l/s/Km^2/mm) = 144{,}141*Tp^{-0,796}$$

donde:

L : Longitud del cauce principal (km)
Lg : Longitud al centro de gravedad de la cuenca medido a lo largo del cauce (km)

S : Pendiente media de la cuenca (º/1)

Para estimar la forma completa del hidrograma, se utilizarán coeficientes de distribución señalados en la Tabla 8.1-50 siguiente, los cuales expresan la razón entre el caudal en cualquier instante y el máximo en función de la razón entre el tiempo considerado y el tiempo de retraso.

Tabla 8.1-50: Coeficientes de Distribución para el Hidrograma Unitario Sintético

Razón t/t_p	Razón q/q_p
0,00	0,00
0,25	0,13
0,50	0,44
1,00	1,00
1,25	0,84
1,50	0,62
2,00	0,30
2,50	0,15
3,00	0,06
3,50	0,03
4,00	0,015

Una vez determinado el hidrograma unitario, el escurrimiento proveniente de cualquier tormenta de duración igual a la correspondiente al hidrograma (Tu), se obtiene amplificando las ordenadas del hidrograma por el valor de la precipitación efectiva.

Para determinar la lluvia de diseño, de una duración t y un período de retorno T, se utilizan distribuciones de lluvia tipo para la zona (por ejemplo, las propuestas por Espíldora Y Echavarría).

Para determinar el hietograma efectivo de la lluvia de diseño, se debe restar la infiltración, para lo cual se utilizará el método de la curva número, las que dependen de las características de los suelos de la cuenca afluente a los puntos de interés.

Finalmente, los caudales de crecida se obtendrán de la convolución entre el hietograma y la función del hidrograma unitario sintético.

- **Ejemplos de Cálculo de Caudales Máximos Instantáneos**

Con el objetivo de validar la metodología propuesta, se ha desarrollado el cálculo de caudales máximos instantáneos para las cuencas ya consideradas en el ejemplo de generación de caudales medios mensuales.

Ahora bien, para aplicar los métodos descritos, se debe establecer con mayor detalle la morfología de la cuenca. En la siguiente tabla, se muestran los parámetros principales de las cuencas a utilizar en estos cálculos:

Tabla 8.1-51: Características cuencas

Cuenca	Estación Pluviométrica	Superficie Cuenca (km^2)	Longitud Cauce (km)	Cota máx. Cuenca (msnm)	Cota máx. Cauce (msnm)	Cota mín. Cauce (msnm)
Predio 165	Adolfo Matthei	0,76	1,48	95	88	77
Predio 213	Fresia	8,49	3,90	215	174	127
Predio 302	Ancud	6,14	5,63	104	93	40

Ref.: Elaboración propia

Con los datos principales de las cuencas, se procede a aplicar cada uno de los métodos anteriormente descritos: Racional, Racional Modificado, Verni-King Modificado y el método DGA-AC. La aplicación del hidrograma unitario sintético, como ya fue establecido, será para cuencas de mayor extensión a modo de validación posterior. En la siguiente tabla se muestran los parámetros principales usados en el cálculo, mientras que el detalle de la aplicación de estos métodos se entrega en el Anexo Digital 8-12.

Tabla 8.1-52: Parámetros principales de cada cuenca

Cuenca	Pp. Máx. en 24h T = 10 años (mm)	Tiempo de concentración (horas)	Pendiente de la cuenca	Coef. de escorrentía	Zona Homogénea
Predio 165	81,4	0,76	0,012	0,31	Osorno
Predio 213	81,8	1,39	0,023	0,32	Pto. Montt
Predio 302	87,1	2,06	0,011	0,31	Pto. Montt

Ref.: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se entregan los caudales calculados con cada método, para cada una de las cuencas de ejemplo:

Tabla 8.1-53: Caudales máximos instantáneos por método

Cuenca	T (Años)	DGA-AC (Pluvial)	V-K MOD	RAC MOD	RACIONAL
		(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m^3/s)
Predio 165	2	0,30	0,66	0,82	0,88
	5	0,40	0,95	1,09	1,18
	10	0,46	1,14	1,26	1,39
	20	0,52	1,31	1,41	1,75
	25	0,54	1,38	1,47	1,82
	50	0,59	1,56	1,61	2,21
	100	0,65	1,69	1,71	2,54
Predio 213	2	3,19	5,78	6,37	7,07
	5	4,20	8,11	8,35	9,35
	10	4,83	9,58	9,52	10,88
	20	5,45	10,93	10,54	13,52
	25	5,65	11,53	11,01	14,12
	50	6,23	12,99	12,09	17,10
	100	6,85	14,00	12,75	19,58
Predio 302	2	2,51	4,70	4,90	5,27
	5	3,30	6,58	6,42	6,97
	10	3,80	7,78	7,32	8,11
	20	4,29	8,87	8,11	10,07
	25	4,44	9,36	8,47	10,52
	50	4,90	10,55	9,30	12,74
	100	5,39	11,37	9,80	14,59

Ref.: Elaboración propia

Según se puede observar, los caudales mayores resultan con la aplicación del método racional, por lo que dicho método será el recomendado para obtener un diseño conservador de las obras.

En la siguiente tabla, se resumen los resultados obtenidos con la fórmula racional para las cuencas en análisis:

Tabla 8.1-54: Caudales máximos instantáneos – Fórmula Racional

Cuenca	Caudal según Período de Retorno (m3/s)						
	2	5	10	20	25	50	100
Predio 165	0,88	1,18	1,39	1,75	1,82	2,21	2,54
Predio 213	7,07	9,35	10,88	13,52	14,12	17,10	19,58
Predio 302	5,27	6,97	8,11	10,07	10,52	12,74	14,59

Ref.: Elaboración propia

8.2. Análisis de Calidad de Aguas Superficiales

En el presente numeral se efectúa la caracterización de la calidad de las aguas superficiales de la X Región de Los Lagos, fundamentada en la serie de datos que aportan las siguientes fuentes de información:

a) Red hidrométrica de calidad de la DGA: se trabaja con datos medidos desde el año 2000 hasta la fecha, con el objetivo de evitar posibles errores en las mediciones por antigüedad de los datos (datos duros en Anexo 8-6 digital).

b) Información de calidad de aguas recopilada por la SISS, a través de su *Sistema de Información de Facturación y Atención de Clientes* (SIFAC), mediante el protocolo denominado *PR18*. Dada la estructura y calidad de los datos duros, se han considerado las mediciones informadas para los años 2013 a 2015 (datos duros en Anexo 8-7 digital).

Siendo la base de comparación lo establecido por la norma NCh1333 of 78 para el uso de las aguas en riego, la caracterización mencionada se realiza a través de gráficas tipo *"boxplot"* (gráfico de cajas), superpuestas a los límites de concentración indicadas por la normativa. Así, no solo se puede ver si los parámetros analizados se encuentran dentro de los rangos permitidos por la norma, sino que también es posible observar la distribución de las mediciones, incluidos valores atípicos registrados.

La interpretación de gráficos *boxplot*, en términos sencillos, es como sigue, según los componentes que despliega:

- Caja (*"box"*): muestra cómo se distribuye entre el 25% (primer cuartil) y el 75% (tercer cuartil) de la muestra, consistente en los datos que se ubican entre el primer y tercer cuartil de la serie.

- Marcador de media (X): corresponde al marcador de la media estadística de los datos graficados.

- Bigotes (*"whiskers"*): grafican el valor máximo y mínimo de la muestra graficada (excluye valores atípicos).

- Valores atípicos (◦): despliegue de aquellos datos que se encuentran por encima o por debajo de los bigotes, cuyo valor es igual o mayor a 1,5 veces la longitud del rango intercuartil (es decir, la longitud de la caja).

En lo que respecta a los parámetros considerados para los análisis, ellos corresponden a todos los que señala la Norma para uso de agua en riego NCh1333 of 78, que efectivamente se encuentran dentro de las bases de datos de medición. Los parámetros que cumplen con ambas condiciones y que son objeto de los análisis, son los siguientes:

- ✓ Elementos químicos: As, Pb, Cu, Mo, Cr, Hg, Zn, Cl, B, Cd, Fe, Mn, Ni, Al, Co, Ag, Se, Na

- ✓ Compuestos inorgánicos: SO_4

- ✓ Parámetros físico-químicos: pH, Conductividad Específica (CE), Sólidos Disueltos Totales (SDT)

En la Tabla 8.2-1 se incluye la Norma Nch 1333 of 78.

Tabla 8.2-1: Norma Nch 1333 of 74 (Agua para Riego)

Parámetros	Unidades	Límite Norma
Boro	mg/L B	0,75
Cadmio	mg/L Cd	0,010
Cianuro Total	mg/L CN	0,20
Cinc	mg/L Zn	2,00
Cobre	mg/L Cu	0,20
Cromo	mg/L Cr	0,10
Hierro	mg/L Fe	5,00
Manganeso	mg/L Mn	0,20
Molibdeno	mg/L Mo	0,010
Niquel	mg/L Ni	0,20
pH	unidad	5,5 - 9,0
Porcentaje de sodio	% Na	35,00
Berilio	mg/L Be	0,10
Vanadio	mg/L V	0,10
Aluminio	mg/L Al	5,00
Bario	mg/L Ba	4,00
Cobalto	mg/L Co	0,050
Plomo	mg/L Pb	5,00
Litio	mg/L Li	2,50
Plata	mg/L Ag	0,20
Sulfato disuelto	mg/L SO4	250
Cloruros	mg/L Cl	200
Fluoruro	mg/L F	1,00
Arsénico	mg/L As	0,10
Selenio	mg/L Se	0,020
Mercurio	mg/L Hg	0,001
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000

Es importante decir que el porcentaje de Sodio se calcula mediante la expresión:

$$\%Na = \frac{[Na]}{[Na] + [K] + [Ca] + [Mg]} \cdot 100\%$$

8.2.1. Análisis de calidad de aguas superficiales según registros DGA

Para la elaboración de los análisis se recopilaron las series de mediciones (datos mensuales) provistas por la red de monitoreo DGA existente en la X Región, tales que contuvieran registros desde el año 2000 a la fecha (tal como se señalara precedentemente). En la Tabla 8.2-2 se incluye la lista de estaciones consideradas (todas ellas vigentes a la fecha actual).

Tabla 8.2-2: Estaciones DGA de Calidad de Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos

		Coordenadas UTM WGS 84	
Cód. Estación (BNA)	Nombre Estación de Calidad	UTM Este (m)	UTM Norte (m)
10322001-7	Río Gol-Gol Bajo Salto El Indio	738642	5495105
10322003-3	Río Gol Gol en Puente N2	738640	5495044
10340001-5	Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco	695003	5482029
10340007-4	Río Frutillar en Lago Rupanco	713918	5474191
10343001-1	Río Coihueco Antes Junta Pichicope	693645	5466018
10344002-5	Río Rahue en Longitudinal (CA)	656419	5498371
10356001-2	Río Negro en Chahuilco	649700	5491445
10362001-5	Río Damas en Tacamo	664154	5501753
10362002-3	Río Damas en Ruta 5 (CA)	656652	5509473
10364001-6	Río Rahue en Forrahue	645434	5513402
10405002-6	Río Hueyusca en Camarones	616318	5458392
10405003-4	Río Hueyusca Después Junta Río La Plata	609089	5443697
10411002-9	Río Negro en Las Lomas	661662	5416804
10411003-7	Río Maullin en Llanquihue	666139	5429663
10411008-8	Río Maullin Antes Junta Río Negro	662988	5418934
10411009-6	Río Maullin Camino a Nueva Braunau	665202	5422247
10414001-7	Río Maullin en Las Quemas	649080	5415223
10430008-1	Río Negro en Lago Chapo	711238	5413336
10432001-5	Río Chamiza en Puente Chamiza	680895	5405239
10454001-5	Río Petrohue en Desagüe Lago Todos Los Santos	716845	5443145
10454006-6	Río Negro en Lago Todos Los Santos	749897	5449901
10454007-4	Río Blanco en Lago Todos Los Santos	743225	5439041
10461000-5	Río Cochamo Ante Junta Río Del Este	730137	5403867
10503002-9	Río Manso Ante Junta Río Puelo	748400	5376703
10520001-3	Río Puelo en Desagüe Lago Tagua Tagua	735765	5386364
10702002-0	Río Futaleufu en la Frontera	276111	5216074
10711001-1	Río Yelcho en Desagüe Lago Yelcho (CA)	707241	5215582
10904001-0	Río Grande en San Pedro	593879	5305837
10904004-5	Río Puntra en Camino Ancud-Castro	604606	5329008
10906003-8	Río Bravo en Puente Milildeo N1	586003	5271879

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

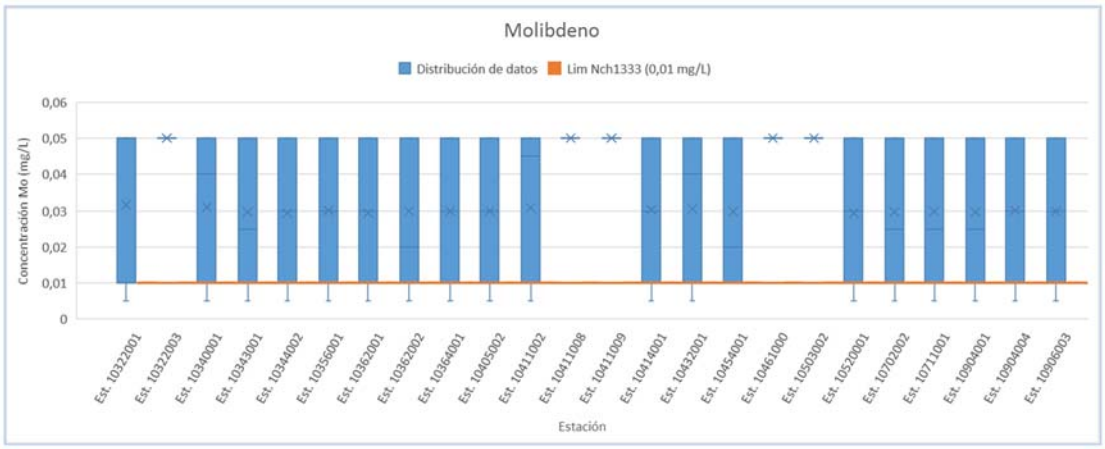
En lo sucesivo se proporcionan las gráficas *boxplot* resultantes, donde, además de la distribución de los datos analizados, se indica el límite según la Norma Nch 1333 of 78. Cabe señalar que, en aquellos gráficos donde el límite de la norma se encuentra muy lejano a la magnitud de las mediciones informadas, se ha omitido la línea gráfica, pero se indica de forma explícita su valor.

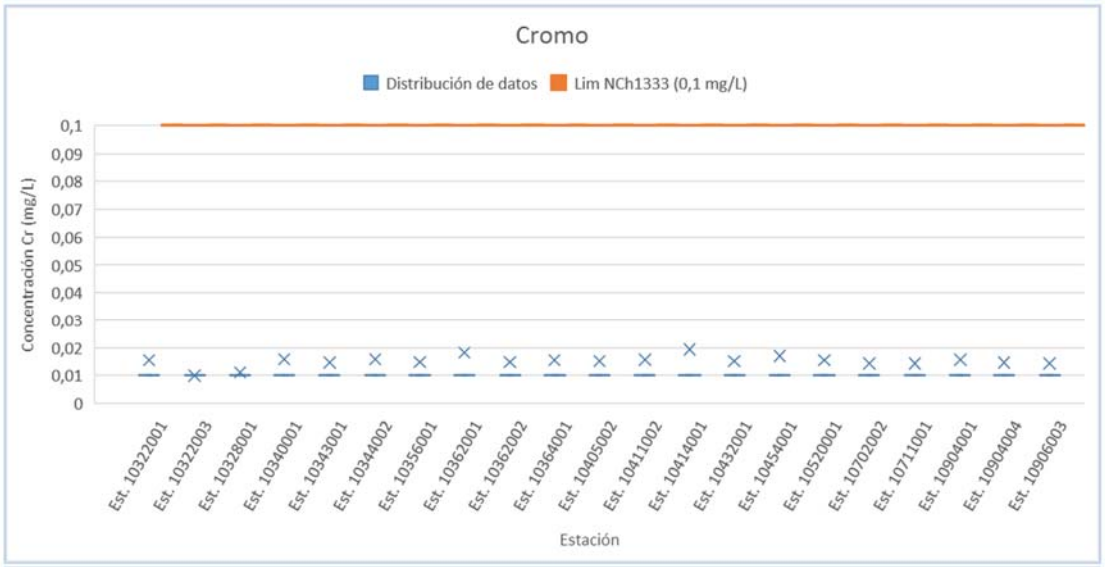
Figura 8.2-1: Gráficos *boxplot* concentración As, Pb y Cu - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos

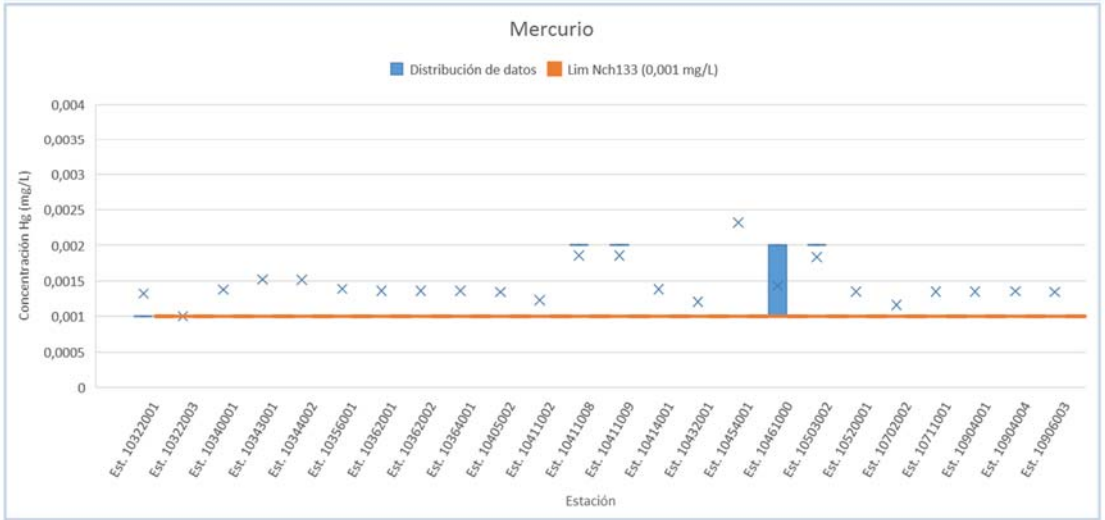


Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-2: Gráficos *boxplot* concentración Mo, Cr y Hg - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos

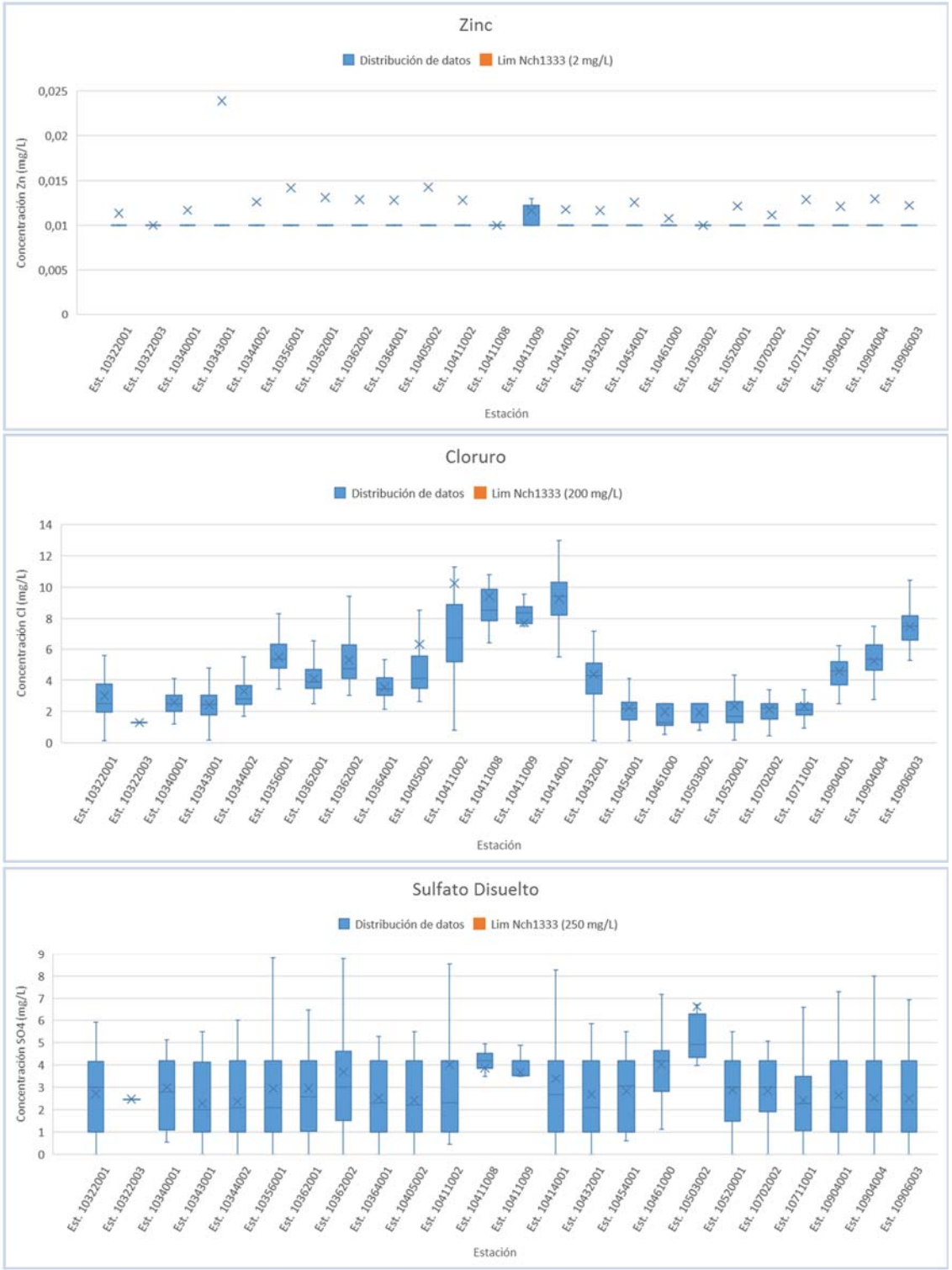






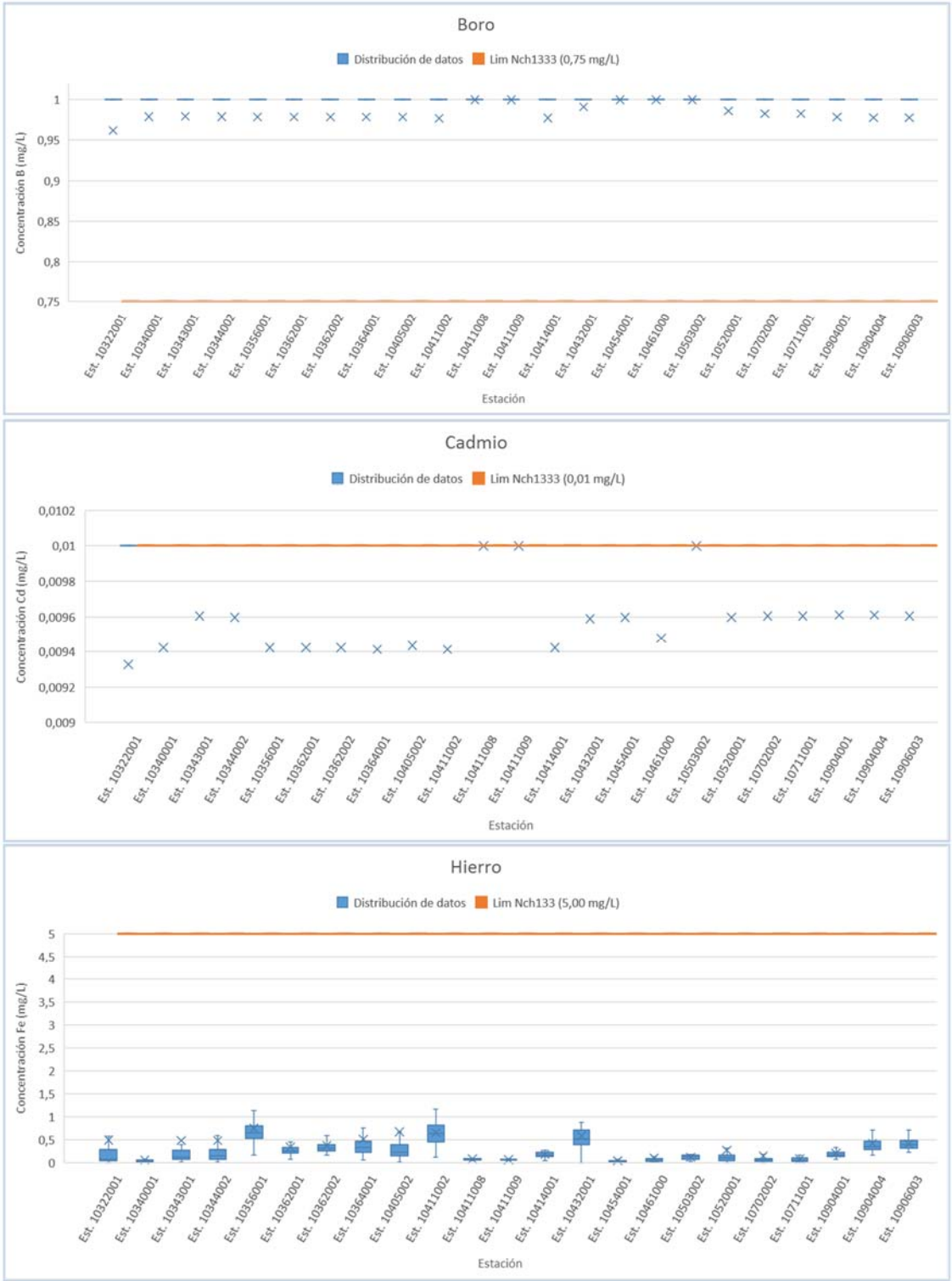
Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-3: Gráficos *boxplot* concentración Zn, Cl y SO_4 - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



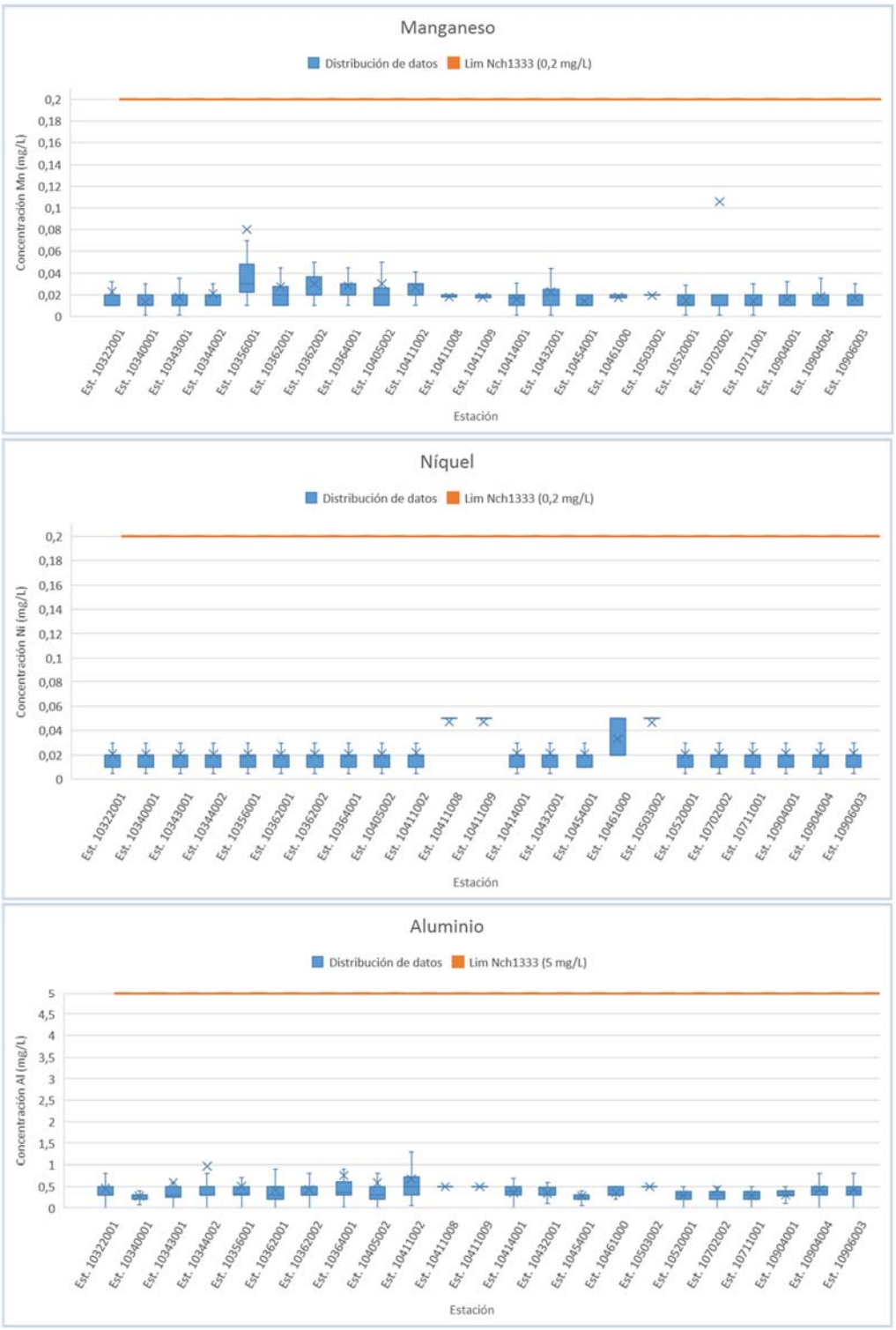
Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-4: Gráficos *boxplot* concentración B, Cd y Fe - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-5: Gráficos *boxplot* concentración Mn, Ni y Al - Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



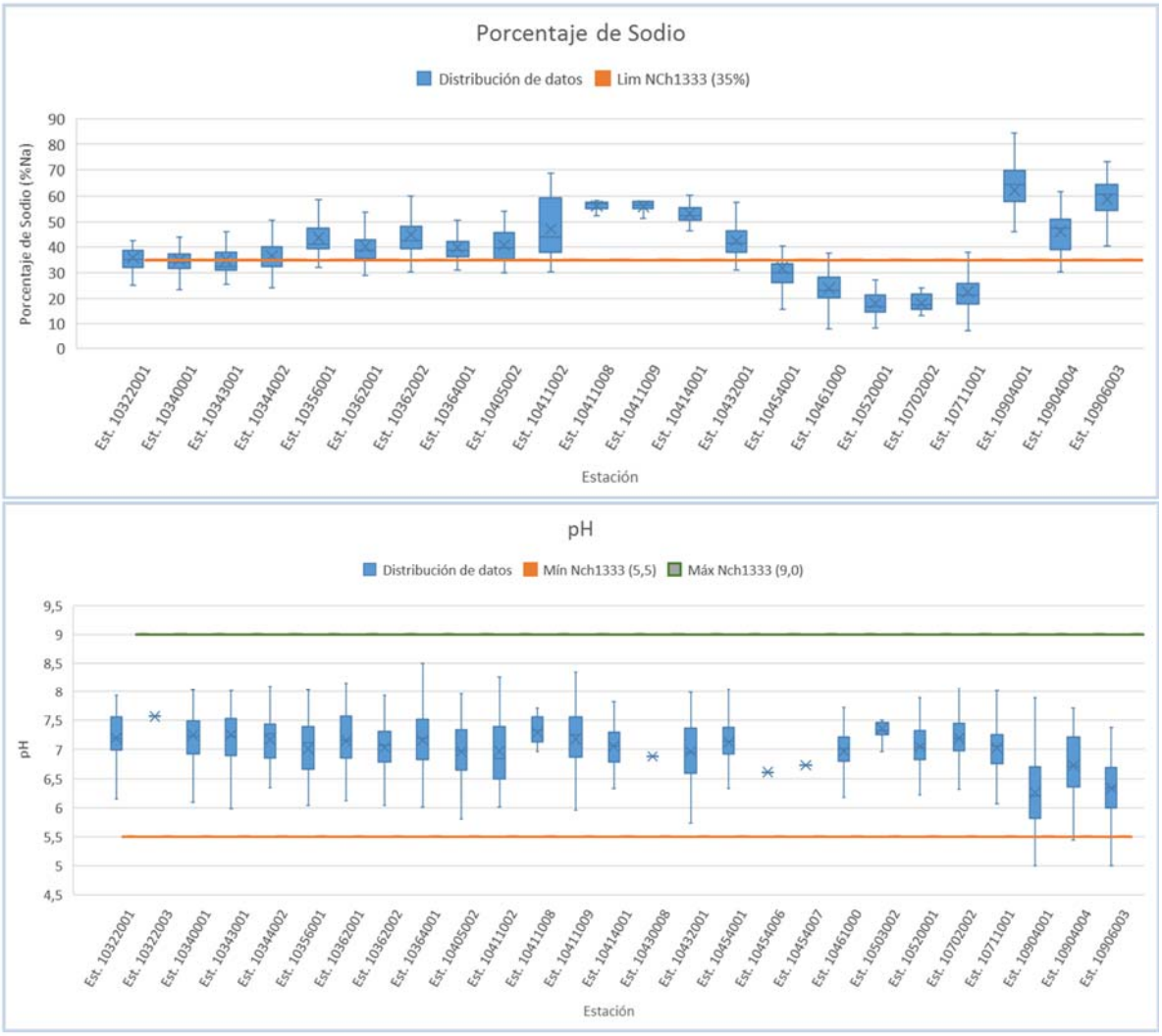
Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-6: Gráficos *boxplot* concentración Co, Ag y Se disuelto – Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



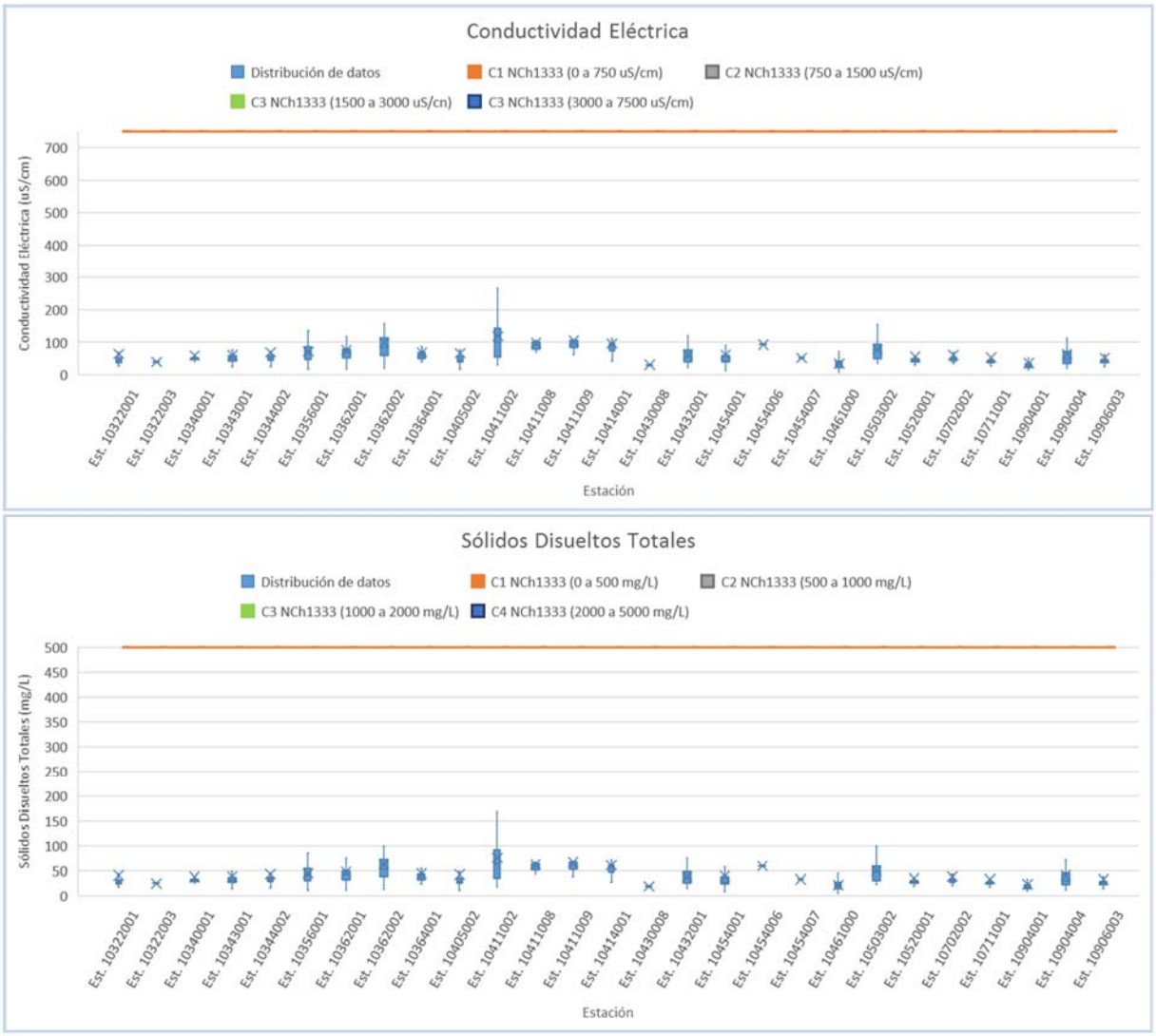
Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-7: Gráficos *boxplot* concentración %Na y pH – Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Figura 8.2-8: Gráficos *boxplot* de Conductividad Eléctrica y Sólidos Disueltos Totales – Estaciones DGA de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Nota: nomenclatura de límites según NCh1333 → C1: Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales; C2: Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles; C3: Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso; C4: Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

En el plano 8.2-1 se incluye la ubicación de las estaciones de calidad, además de 4 gráficos (Molibdeno, Mercurio, Boro y % de Sodio), que son los únicos parámetros físico químicos que se exceden de la Norma en la mayoría de las mediciones disponibles.

8.2.1.1. Comentarios Sobre Resultados Obtenidos

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

Para el particular del molibdeno, la gráfica muestra que todas las estaciones de calidad superficial que lo registran, muestran concentraciones sobre el límite de la NCh1333 (0,01 mg/l); esto indica una situación de sobrepaso extendido dentro de la región, sin haber estaciones analizadas cuyas aguas cumplan con la normativa. Cabe además comentar el hecho de que la mayoría de las estaciones estudiadas muestran distribuciones de datos, referidos a la medición de Mo, muy similares entre sí.

El principal problema relacionado al riego con agua que contienen altas concentraciones de molibdeno es que este compuesto es absorbido y concentrado por las plantas. Altas concentraciones de molibdeno rara vez retrasan el crecimiento de la planta, pero pueden causar problemas tóxicos a animales rumiantes que se alimentan de estas plantas.

El mercurio también se muestra en situación de sobrepaso extendido en la región, respecto del límite NCh1333 (0,001 mg/l), pues todas las estaciones analizadas muestran concentraciones por sobre dicho valor. La distribución de los datos registrados se aprecia de tipo puntual, ya que la mayoría de las mediciones alcanzan los 0,001 y 0,002 mg/l, aunque también se aprecian algunas pocas de 0,003 y 0,008 mg/l.

Cabe comentar que hay concentraciones de Hg que sobrepasan la norma en dos órdenes de magnitud, con valores de 0,01 y 0,05 mg/l. Las estaciones (y sus respectivas cuencas y subcuencas) en que ello sucede se detallan en la Tabla 8.2-3.

Tabla 8.2-3: Estaciones DGA calidad aguas superficiales con concentraciones de Hg de 0,01 y 0,05 mg/l y cuencas y subcuencas asociadas – X Región de Los Lagos

Cód. Est. BNA	Nombre Estación	Cuenca	Subcuenca
10322001-7	Río Gol-Gol Bajo Salto El Indio	Rio Bueno	Rio Pilmaiquen
10340001-5	Río Rahue en Desague Lago Rupanco	Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro
10343001-1	Río Coihueco Antes Junta Pichicope	Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro
10344002-5	Río Rahue en Longitudinal (CA)	Rio Bueno	Rio Rahue hasta antes junta Rio Negro
10356001-2	Río Negro en Chahuilco	Rio Bueno	Rio Negro
10362001-5	Río Damas en Tacamo	Rio Bueno	R. Rahue Bajo
10362002-3	Río Damas en Ruta 5 (CA)	Rio Bueno	R. Rahue Bajo
10364001-6	Río Rahue en Forrahue	Rio Bueno	R. Rahue Bajo
10405002-6	Río Hueyusca en Camarones	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Bueno y Rio Maullin
10414001-7	Río Maullin en Las Quemas	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Maullin
10454001-5	Río Petrohue en Desague Lago Todos Los Santos	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue
10520001-3	Río Puelo en Desague Lago Tagua Tagua	Rio Puelo	R. Puelo Bajo
10711001-1	Río Yelcho en Desague Lago Yelcho (CA)	Rio Yelcho	Rio Yelcho
10904001-0	Río Grande en San Pedro	Islas Chiloe y Circundantes	Isla Chiloe
10904004-5	Río Puntra en Camino Ancud-Castro	Islas Chiloe y Circundantes	Isla Chiloe
10906003-8	Río Bravo en Puente Milildeo N1	Islas Chiloe y Circundantes	Isla Chiloe

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

El Mercurio y sus componentes son absorbidos por las plantas principalmente a través de sus raíces. En general, hay una tendencia a que el mercurio se acumule en las raíces con limitado intercambio entre el suelo y la parte aérea de la planta, sin embargo, hay excepciones.

Dos factores se consideran en el establecimiento de criterios para el mercurio en aguas de riego:

- Toxicidad del mercurio para cultivos

- Acumulación de mercurio en porciones comestibles de la planta usada para consumo humano y animal.

Por su parte, el boro muestra una situación similar a la del mercurio, ya que, presentando concentraciones excedidas respecto de la NCh1333 (0,75 mg/l) en 23 de las 33 las estaciones analizadas, las distribuciones asociadas también se aprecian de tipo puntual, con valor de exceso recurrente igual a la unidad (1 mg/l).

Las aguas de riego contaminadas con boro son una de las causas principales de toxicidad de boro en las plantas. Además, el uso continuo y la concentración de boro en el suelo (especialmente en zonas áridas con alta evapotranspiración) conducen a problemas de toxicidad (Gupta et al, 1985). La toxicidad del boro en las plantas se caracteriza por crecimiento lento, malformación de la hoja, colores café y amarillento, clorosis, necrosis, incremento de moho, marchitez e inhibición de germinación de polen y crecimiento de tubos de polen (Butterwick et al, 1989; Eisler, 1990).

Finalmente, el parámetro % de Sodio muestra un comportamiento desigual a lo largo de las estaciones de calidad analizadas: solo 5 de ellas tienen registros cuyo rango intercuartil se encuentra cumpliendo la normativa. Las estaciones asociadas a esta condición son las siguientes (Tabla 8.2-4).

Tabla 8.2-4: Estaciones DGA calidad aguas superficiales que cumplen límite %Na NCh1333 y cuencas y subcuencas asociadas – X Región de Los Lagos

Cód. Est. BNA	Nombre Estación	Cuenca	Subcuenca
10454001-5	Río Petrohue en Desague Lago Todos Los Santos	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Rio Petrohue
10461000-5	Río Cochamo Ante Junta Río Del Este	Cuencas e Islas entre R.Bueno y R. Puelo	Costeras entre Rio Petrohue y Rio Puelo
10520001-3	Río Puelo en Desague Lago Tagua Tagua	Rio Puelo	R. Puelo Bajo
10702002-0	Río Futaleufu en la Frontera	Rio Yelcho	Rio Futaleufu
10711001-1	Río Yelcho en Desague Lago Yelcho (CA)	Rio Yelcho	Rio Yelcho

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

De las estaciones que presentan sobrepaso del %Na, respecto de la normativa comentada, las dos que poseen el rango intercuartil más elevado son las que se indican en la Tabla 8.2-5.

Tabla 8.2-5: Las dos estaciones DGA calidad aguas superficiales con rango intercualtil más elevado por sobre límite normado %Na – X Región de Los Lagos

Cód. Est. BNA	Nombre Estación	Cuenca	Subcuenca
10904001-0	Río Grande en San Pedro	Islas Chiloe y Circundantes	Isla Chiloe
10906003-8	Río Bravo en Puente Milildeo N1	Islas Chiloe y Circundantes	Isla Chiloe

Ref.: Elaboración propia con base en datos DGA

Cuando los cultivos son regados por aguas con presencia de Na mediante aspersión puede ocasionar toxicidades, pues estos elementos son absorbidos por las hojas. También la evaporación del agua entre rotaciones de los aspersores puede producir concentración de las sales en el agua que se deposita sobre el follaje. Cuando los cultivos son susceptibles a la presencia de iones como el Na, es importante cuidar que no existan condiciones de alta temperatura, baja humedad y viento, ya que se favorece con ello el efecto tóxico de los iones Na.

Altos contenidos de iones de sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. Alto contenido de sodio en suelos arenosos no afecta tanto ya que éstos tienen una gran superficie de drenaje, en contra de otros suelos más compactos.

Altos contenidos en sodio (Na) puede generar graves problemas, especialmente cuando el nivel de infiltración es reducido (i.e. conductividad hidráulica mínima) hasta niveles menores de la cantidad mínima necesaria para permitir la disponibilidad y absorción de agua por la planta.

Otros problemas de los cultivos causados por un exceso de sodio son la formación de incrustaciones de semillas, malas hierbas, erosión del suelo, escasez de oxígeno y nutrientes disponibles para las plantas.

8.2.2. Análisis de calidad de aguas superficiales según datos del protocolo PR18

Se determinaron los parámetros de calidad de aguas superficiales que, informados por la SISS en el marco del Protocolo 18, se encuentran dentro de la lista de parámetros incluidos en la Norma NCh1333 of 78. Los parámetros resultantes son: Fe, Mn, Cl, F, Zn, SO4, pH, Conductividad Específica (CE) y Sólidos Disueltos Totales (SDT).

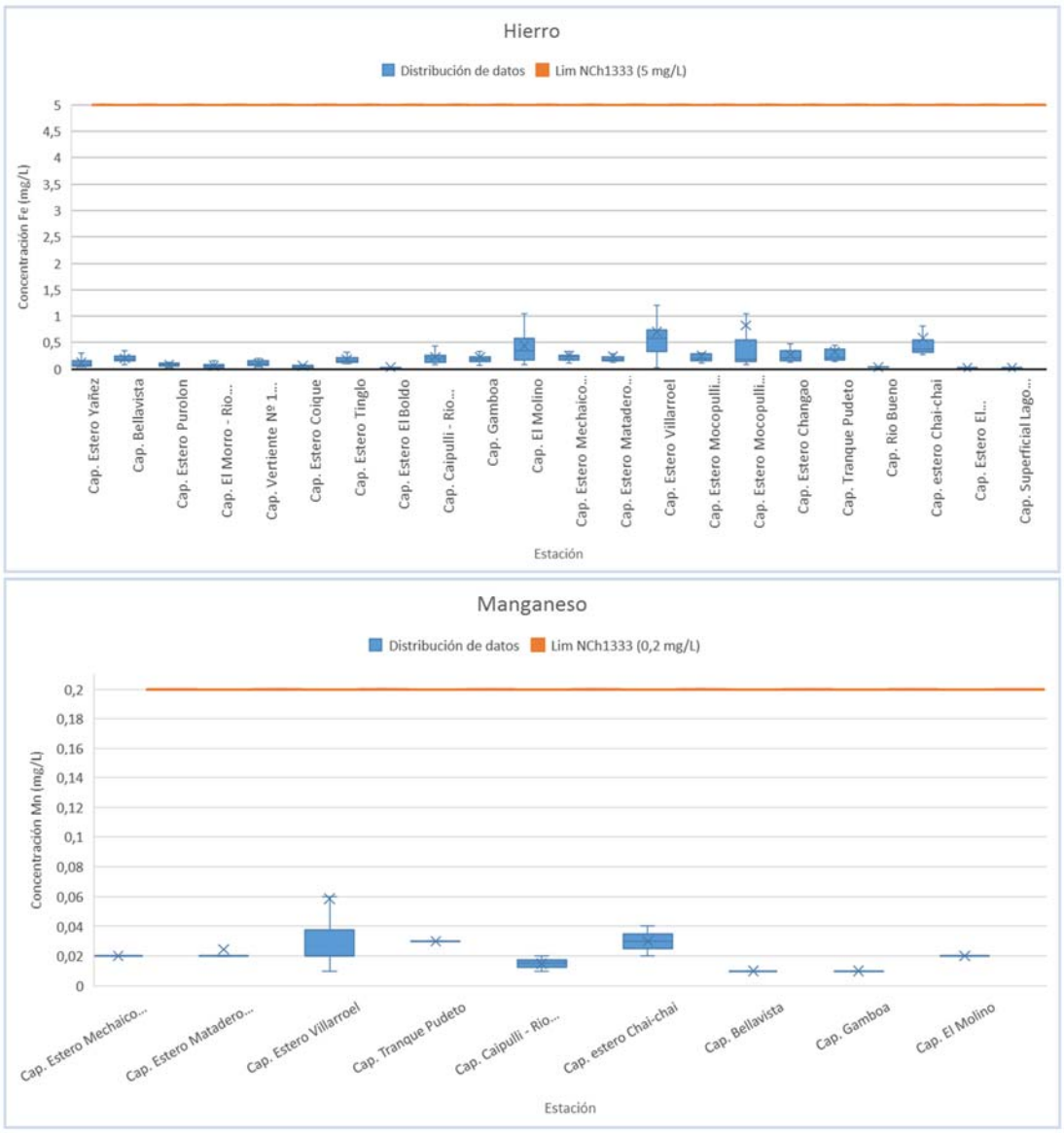
Con relación a los puntos de medición considerados, se identificaron las captaciones superficiales asociadas; en total se registraron las 22 estaciones siguientes:

- Captación Estero Yáñez
- Captación Bellavista
- Captación Estero Purolón
- Captación El Morro – Rio San Pedro
- Captación Vertiente Nº 1 Nechaco
- Captación Estero Coique
- Captación Estero Tinglo
- Captación Estero El Boldo
- Captación Caipulli – Rio Rahue
- Captación Gamboa
- Captación El Molino
- Captación Estero Mechaico Lajas Blancas
- Captación Estero Matadero (La Paz)
- Captación Estero Villarroel
- Captación Estero Mocopulli Nueva
- Captación Estero Mocopulli Antigua
- Captación Estero Changao
- Captación Tranque Pudeto
- Captación Rio Bueno
- Captación estero Chai-chai
- Captación Estero El Baqueano
- Captación Superficial Lago Llanquihue

Para todos los puntos de medición indicados, se consideraron los registros de calidad pertenecientes a los años 2013, 2014 y 2015, pues se trata de las series más recientes y completas.

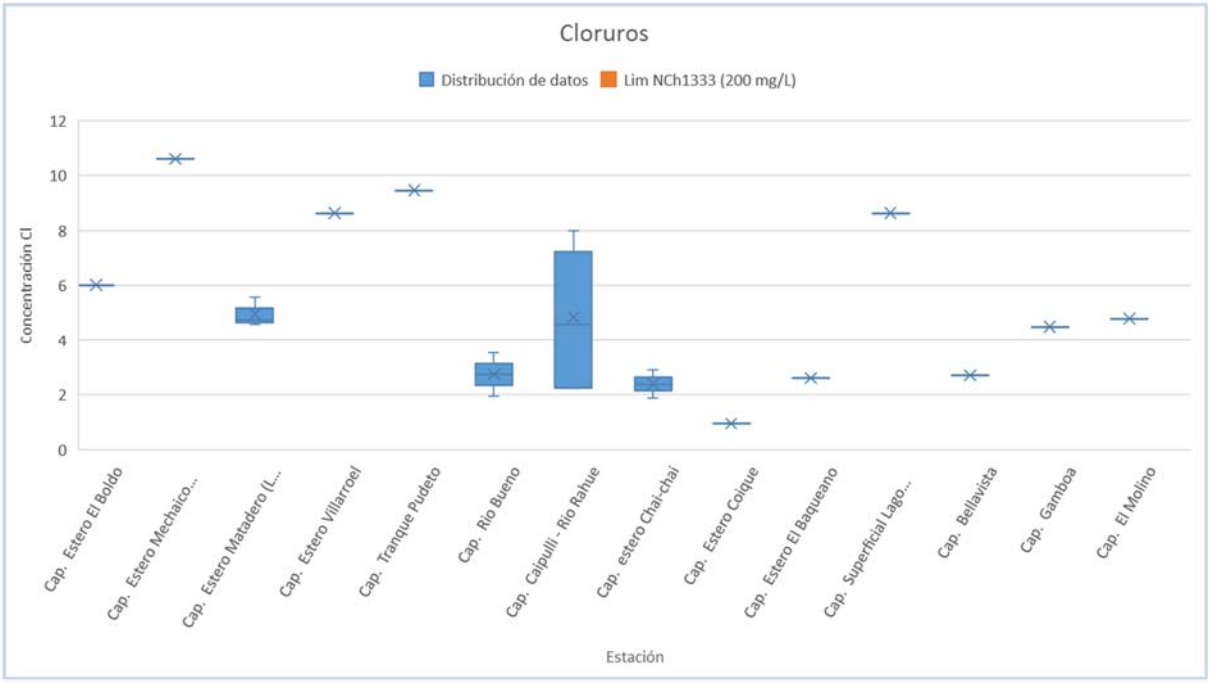
A continuación se presentan los gráficos boxplot asociados a los diferentes parámetros analizados.

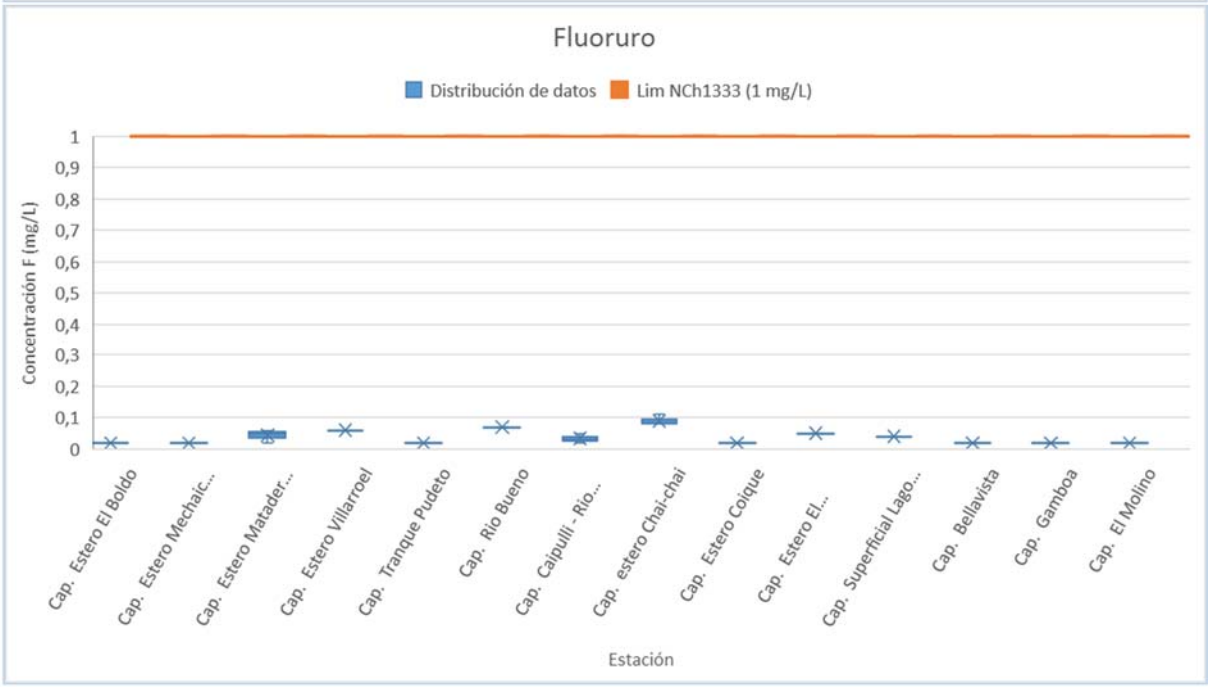
Figura 8.2-9: Gráficos *boxplot* concentraciones de Fe y Mn - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Ref.: Elaboración propia con base en datos SISS

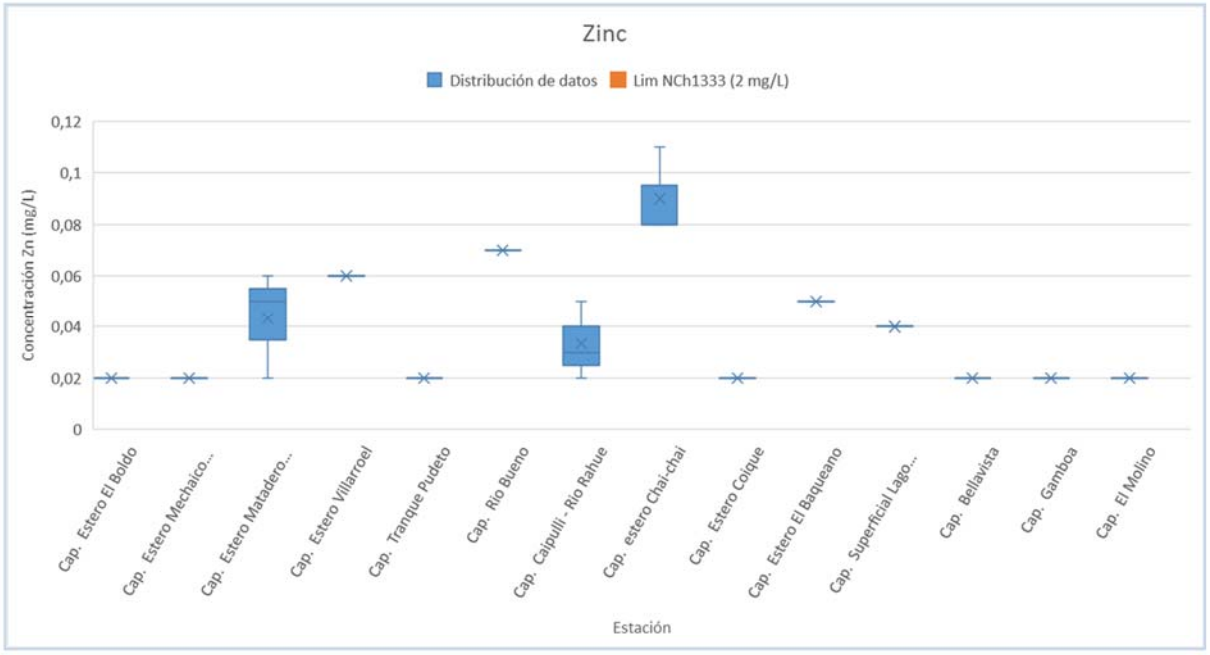
Figura 8.2-10: Gráficos *boxplot* concentraciones de Cl y Fl - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos

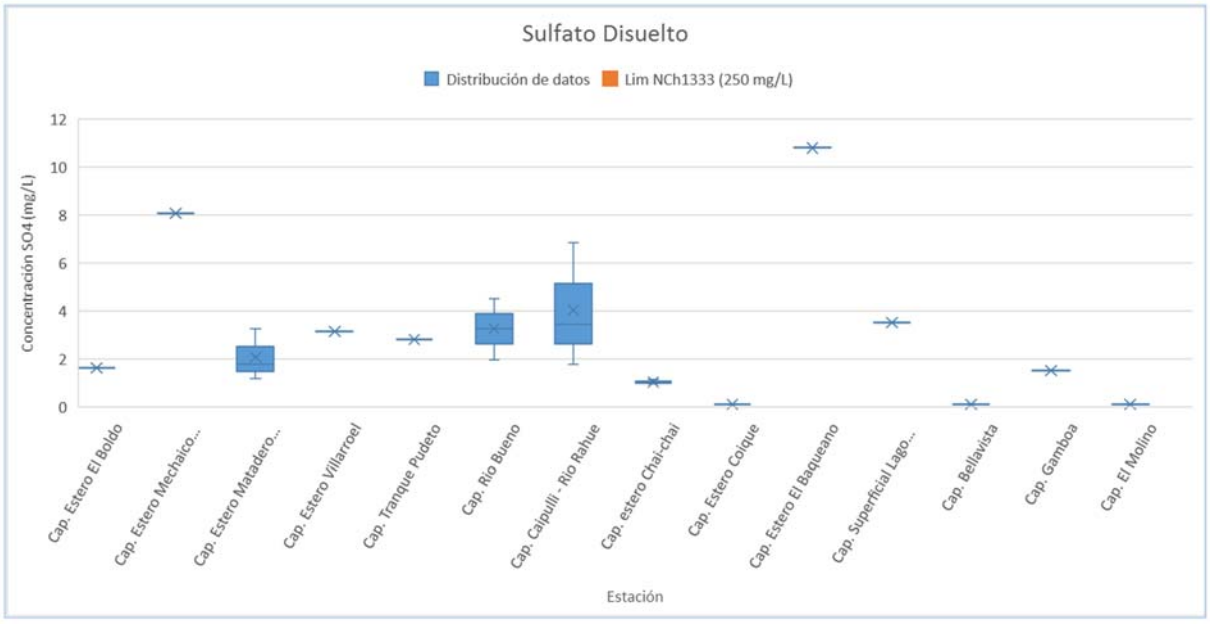




Ref.: Elaboración propia con base en datos SISS

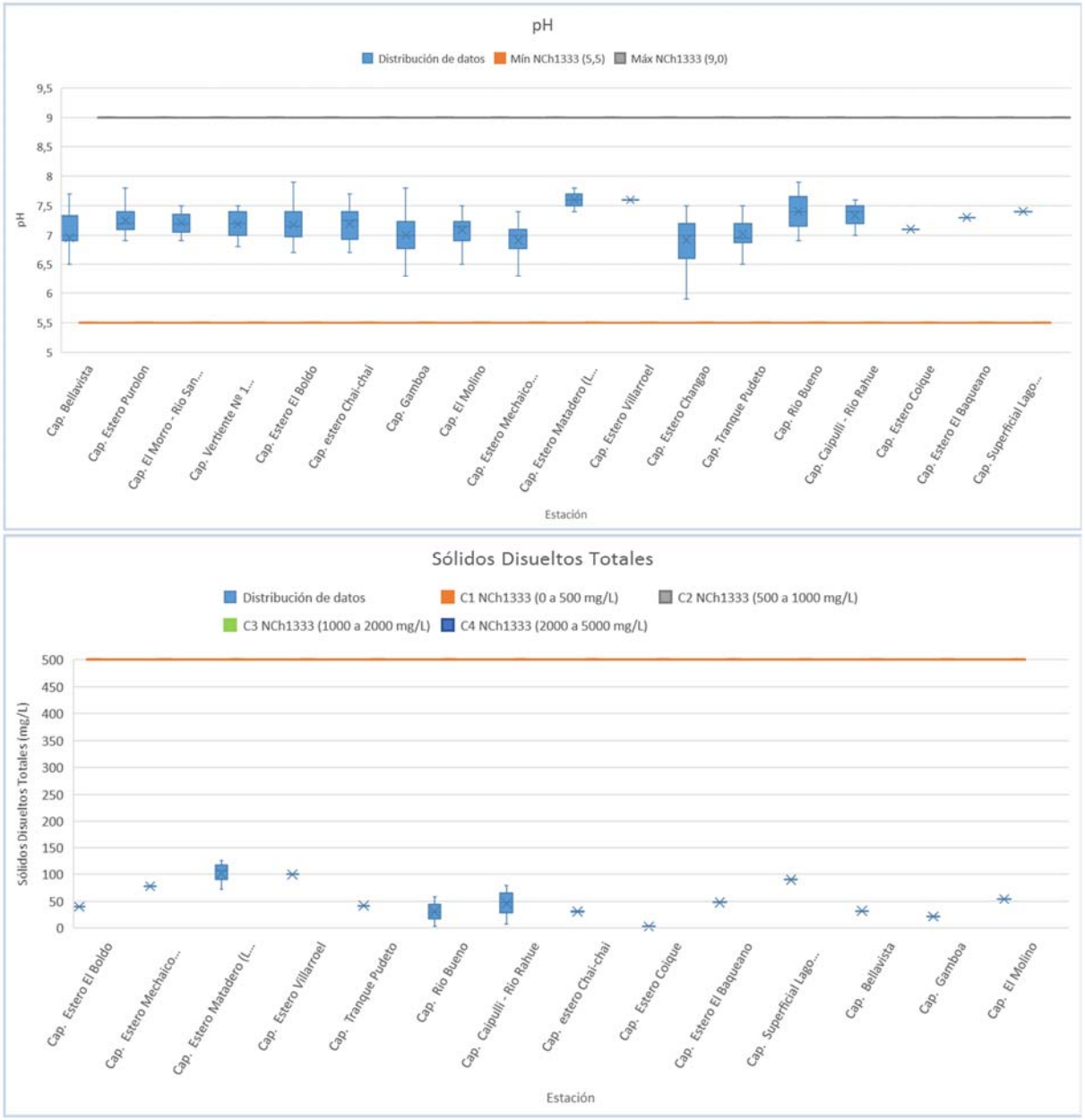
Figura 8.2-11: Gráficos *boxplot* concentraciones de Zn y SO_4 - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos





Ref.: Elaboración propia con base en datos SISS

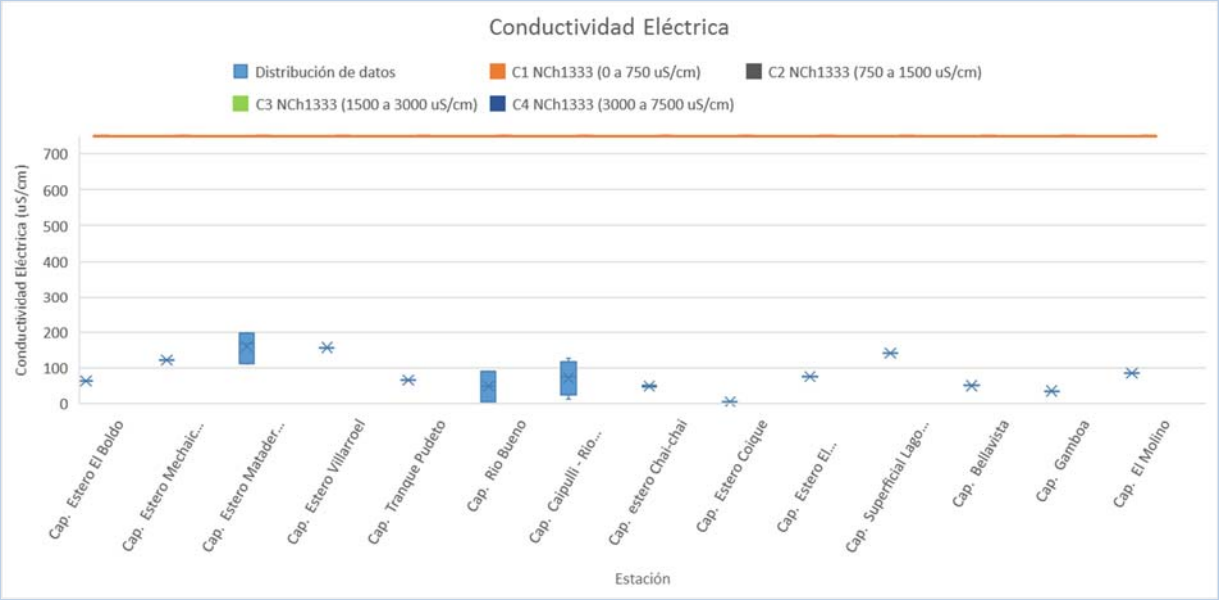
Figura 8.2-12: Gráficos *boxplot* de pH y concentración de Sólidos Disueltos Totales (SDT) - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Nota: nomenclatura de límites según NCh1333 → C1: Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales; C2: Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles; C3: Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso; C4: Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.

Ref.: Elaboración propia con base en datos SISS

Figura 8.2-13: Gráfico *boxplot* de Conductividad Eléctrica (CE) - Estaciones PR18 de Calidad Aguas Superficiales, X Región de Los Lagos



Nota: nomenclatura de límites según NCh1333 → C1: Agua con la cual generalmente no se observarán efectos perjudiciales; C2: Agua que puede tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles; C3: Agua que puede tener efectos adversos en muchos cultivos y necesita de métodos de manejo cuidadoso; C4: Agua que puede ser usada para plantas tolerantes en suelos permeables con métodos de manejo cuidadosos.

Ref.: Elaboración propia con base en datos SISS

8.2.2.1. Comentarios Sobre Resultados Obtenidos

Según se observa en los gráficos presentados, todos los parámetros informados a través del PR18 cumplen la Norma NCh1333 of 78.

En tal sentido, la información comparable entre los datos de la DGA y del PR18, es consistente entre ambas fuentes de medición, ya que en ambos casos las fuentes están dentro de los límites de la NCh1333; respecto a los parámetros que, con base en los registros DGA, están fuera de norma (Mo, Hg, B y %Na), tal información no pudo ser contrastada con la del PR18, ya que este último no presenta registros asociados a dichos parámetros.

8.3. Derechos de Aguas Superficiales

8.3.1. Generalidades

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

Es importante destacar que la base de datos que se obtuvo a través de la página web de la DGA presenta varias falencias. Una de ellas tuvo que ver con la ubicación geoespacial de los derechos estudiados. En efecto, se detectaron deficiencias en la información, correspondiente a la ausencia de georreferenciación (coordenadas UTM) o información errada (coordenadas fuera del área de estudio). También se detectaron errores en algunos valores de caudales constituidos, donde hubo que revisar el expediente de la constitución del derecho para corregir las inconsistencias detectadas.

8.3.2. Derechos de Aguas Superficiales con Falta de Información o Información Errónea

Tomando en cuenta lo señalado en el punto anterior, se incluye a continuación información de cantidad de derechos y caudales asociados con problemas de georreferenciación.

Tabla 8.3-1 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Riego	36	4	**40**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	66	0	**66**
Uso Industrial	3	41	**44**
Piscicultura	0	9	**9**
Silvoagropecuario	1	0	**1**
Energía Hidroeléctrica	0	5	**5**
Otros Usos	21	5	**26**
Sin Información de Uso	52	35	**87**
TOTAL	**179**	**99**	**278**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-2 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Riego	20.620	1.884	**22.504**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	6.643	0	**6.643**
Uso Industrial	881	2.203.118	**2.203.999**
Piscicultura	0	3.983	**3.983**
Silvoagropecuario	3	0	**3**
Energía Hidroeléctrica	0	10.531	**10.531**
Otros Usos	2.759	3.185	**5.944**
Sin Información de Uso	53.405	1.209.847	**1.263.253**
TOTAL	**84.311**	**3.432.548**	**3.516.859**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

De las tablas anteriores se desprende que hay un total de 278 derechos constituidos con falta de información en coordenadas, lo que equivale a 3.516.859 l/s; un 97,6 % de ellos corresponde a uso no consuntivo. Cabe destacar que el análisis anterior no discrimina entre los distintos tipos de ejercicio de derecho (Eventual o Permanente; Continuo, Discontinuo o Alternado).

Por otra parte, se efectuó un análisis similar para los derechos que no han sido constituidos y se encuentran pendientes a Diciembre de 2017.

Tabla 8.3-3 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (a Dic. de 2017) Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	7	1	**8**
Energía Hidroeléctrica	0	2	**2**
Piscicultura	0	1	**1**
Riego	1	0	**1**
Uso Industrial	1	0	**1**
TOTAL	**9**	**4**	**13**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-4 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (a Dic. de 2017) Sin Coordenadas o Con Coordenadas Erróneas (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	89	0	**89**
Energía Hidroeléctrica	0	2.900	**2.900**
Piscicultura	0	465	**465**
Riego	10	0	**10**
Uso Industrial	11	0	**11**
TOTAL	**110**	**3.365**	**3.475**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

De las tablas anteriores se concluye que hay un total de 13 derechos en trámite con problemas en las coordenadas, lo que equivale a 3.475 l/s (96,8 % uso no consuntivo). Una vez filtrados los datos con falencias, se procedió a analizar los derechos de aguas superficiales que cuentan con buena información. Estos fueron estudiados de acuerdo con su estado (constituido o en trámite a Diciembre de 2017) de forma separada. En el Anexo 10-8 digital se incluye la información base de los derechos de aguas superficiales con coordenadas erróneas o con falta de ellas.

8.3.3. Derechos de Agua en la X Región de Los Lagos

En las siguientes 2 tablas se incluye información de los derechos de aguas superficiales en toda la región de Los Lagos.

Tabla 8.3-5 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en la X Región

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	3.425	145	**3.570**
Energía Hidroeléctrica	4	840	**844**
Otros Usos	325	181	**506**
Para Observación y Análisis	2	2	**4**
Piscicultura	164	734	**898**
Riego	1.849	93	**1.942**
Silvoagropecuario	16	2	**18**
Sin Información de uso	1.142	625	**1.767**
Uso Industrial	73	55	**128**
TOTAL	**7.000**	**2.677**	**9.677**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-6 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	35.697	45.491	**81.189**
Energía Hidroeléctrica	416	3.085.917	**3.086.333**
Otros Usos	4.240	85.630	**89.870**
Para Observación y Análisis	1	37	**37**
Piscicultura	25.208	539.801	**565.009**
Riego	27.715	25.552	**53.267**
Silvoagropecuario	112	160	**271**
Sin Información de Uso	48.726	705.029	**753.755**
Uso Industrial	913	15.047	**15.960**
TOTAL	**143.027**	**4.502.663**	**4.645.691**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

En el Anexo 10-9 en formato digital se puede revisar la base de datos de los derechos de aguas superficiales obtenida de la plataforma web de la DGA.

Respecto a los derechos de aguas superficiales en trámite, en las siguientes 2 tablas se incluye la información procesada.

Tabla 8.3-7 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	974	22	996
Energía Hidroeléctrica	3	286	289
Otros Usos	5	9	14
Piscicultura	8	27	35
Riego	266	5	271
Silvoagropecuario	2	0	2
Sin Información de uso	9	4	13
Uso Industrial	7	1	8
TOTAL	**1.274**	**354**	**1.628**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

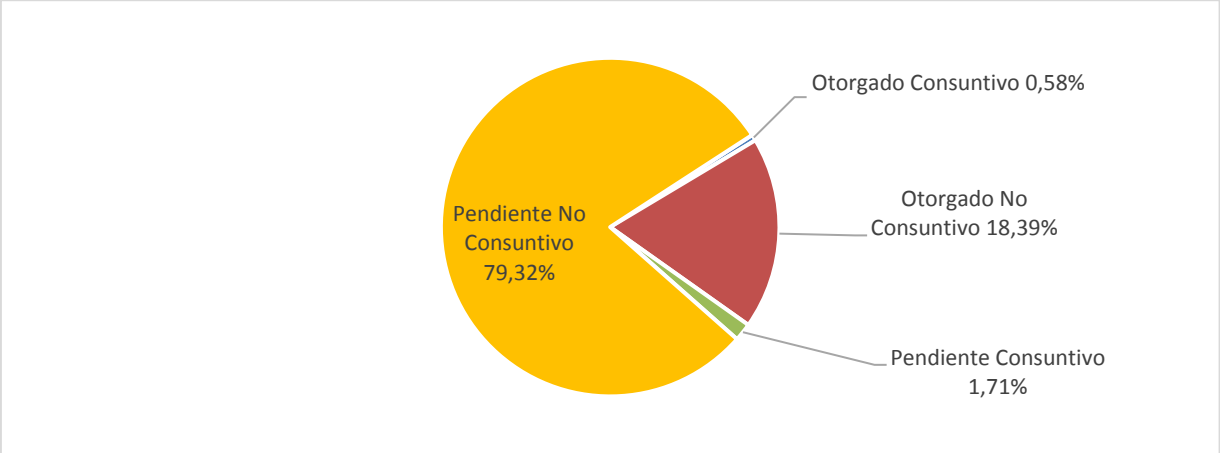
Tabla 8.3-8 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	16.248	730.049	746.297
Energía Hidroeléctrica	344.225	18.146.383	18.490.608
Otros Usos	205	20.360	20.565
Piscicultura	234	77.639	77.873
Riego	2.192	38.638	40.830
Silvoagropecuario	15	0	15
Sin Información de uso	5.345	408.471	413.815
Uso Industrial	50.133	410	50.543
TOTAL	**418.596**	**19.421.950**	**19.840.546**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se muestra la distribución porcentual de caudales de derecho otorgados y pendientes para la X Región en función del tipo de derecho.

Figura 8.3-1 Distribución Porcentual de Caudales Constituidos y en Trámite (Dic. 2017) para la X Región de Los Lagos



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se presenta el análisis de los derechos de agua superficiales por Provincias, a saber:

- Chiloé
- Llanquihue
- Osorno
- Palena

8.3.3.1. Derechos de agua Superficiales en la Provincia de Chiloé

Dentro del total de derechos constituidos en la provincia de Chiloé se contabilizaron 1.300 derechos, equivalentes a 280.541 l/s. En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales constituidos procesados.

Tabla 8.3-9 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Chiloé

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	**TOTAL**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	589	22	**611**
Energía Hidroeléctrica	0	107	**107**
Otros Usos	32	24	**56**
Piscicultura	55	90	**145**
Riego	123	21	**144**
Silvoagropecuario	2	0	**2**
Sin Información de Uso	144	59	**203**
Uso Industrial	22	10	**32**
TOTAL	**967**	**333**	**1.300**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-10 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Chiloé (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	**TOTAL**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	3.066	3.730	**6.797**
Energía Hidroeléctrica	0	140.667	**140.667**
Otros Usos	835	6.127	**6.961**
Piscicultura	573	44.970	**45.543**
Riego	3.348	4.166	**7.514**
Silvoagropecuario	0,35	0	**0,35**
Sin información de Uso	2.660	70.071	**72.731**
Uso Industrial	189	139	**328**
TOTAL (l/s)	**10.670**	**269.871**	**280.541**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Por otro lado, considerando el total de derechos pendientes estudiados en la provincia de Chiloé se contabilizaron 276 derechos, equivalentes a 35.670 l/s. En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales en trámite procesados.

Tabla 8.3-11 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Chiloé

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	**TOTAL**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	225	5	230
Energía Hidroeléctrica	0	12	12
Otros Usos	3	0	3
Piscicultura	3	0	3
Riego	26	0	26
Uso Industrial	2	0	2
TOTAL	**259**	**17**	**276**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

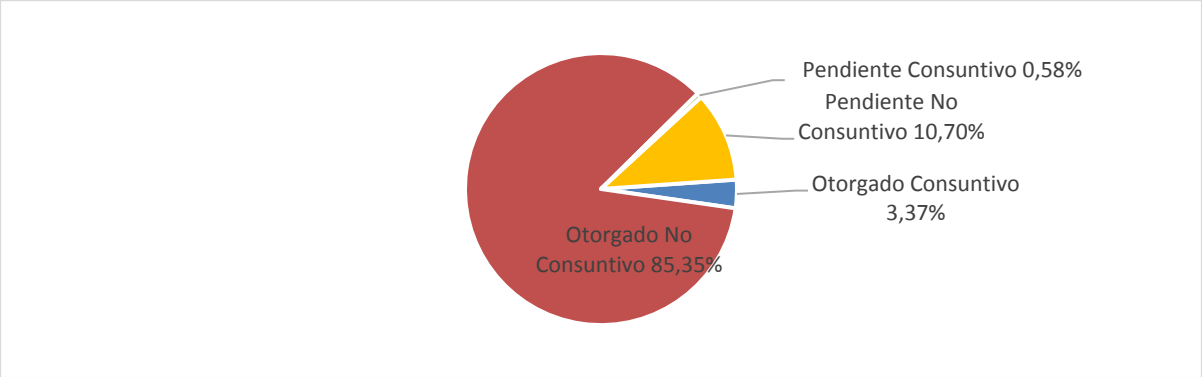
Tabla 8.3-12 Caudal de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Chiloé

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	**TOTAL**
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento (l/s)	1.479	1.630	**3.109**
Energía Hidroeléctrica (l/s)	0	32.220	**32.220**
Otros Usos (l/s)	202	0	**202**
Piscicultura (l/s)	11	0	**11**
Riego (l/s)	109	0	**109**
Uso Industrial (l/s)	19	0	**19**
TOTAL (l/s)	**1.820**	**33.850**	**35.670**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se puede ver la distribución porcentual de caudales de derecho otorgados y en trámite para la provincia de Chiloé en función del tipo de derecho.

Figura 8.3-2 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Chiloé



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

8.3.3.2. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Llanquihue

Dentro del total de derechos constituidos en la provincia de Llanquihue, se contabilizaron 3.914 derechos, equivalentes a 1.381.778 l/s.

En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales constituidos procesados.

Tabla 8.3-13 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Llanquihue

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	1.460	80	**1.540**
Energía Hidroeléctrica	2	321	**323**
Otros Usos	112	105	**217**
Para Observación y Análisis	2	2	**4**
Piscicultura	78	348	**426**
Riego	505	45	**550**
Silvoagropecuario	4	2	**6**
Sin Información	510	268	**778**
Uso Industrial	37	33	**70**
TOTAL	**2.710**	**1.204**	**3.914**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-14 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Llanquihue (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	15.623	11.344	**26.967**
Energía Hidroeléctrica	15	822.054	**822.069**
Otros Usos	1.623	43.121	**44.744**
Para Observación y Análisis	1	37	**37**
Piscicultura	21.253	161.672	**182.924**
Riego	9.026	12.123	**21.149**
Silvoagropecuario	1	160	**161**
Sin información de Uso	33.042	245.110	**278.152**
Uso Industrial	237	5.339	**5.576**
TOTAL (l/s)	**80.819**	**1.300.959**	**1.381.778**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Por otro lado, considerando el total de derechos en trámite estudiados en la provincia de Llanquihue se contabilizaron 654 derechos, equivalentes a 8.814.475 l/s.

En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales en trámite procesados.

Tabla 8.3-15 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Llanquihue

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	320	10	**330**
Energía Hidroeléctrica	1	152	**153**
Otros Usos	1	7	**8**
Piscicultura	2	6	**8**
Riego	139	2	**141**
Sin Información	5	3	**8**
Uso Industrial	5	1	**6**
TOTAL	**473**	**181**	**654**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

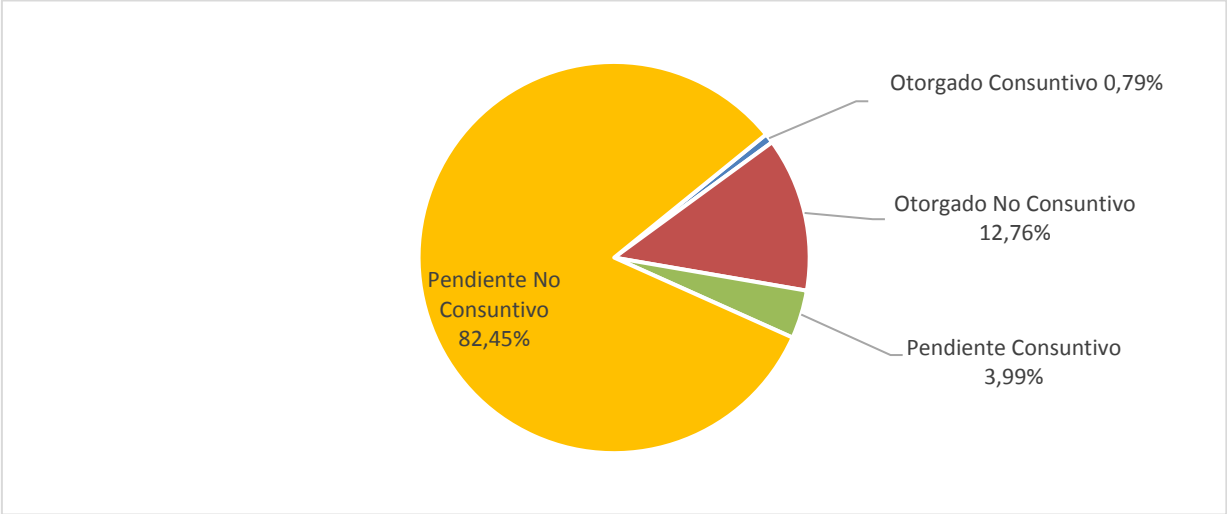
Tabla 8.3-16 Caudal de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Llanquihue (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	7.009	541.069	**548.078**
Energía Hidroeléctrica	344.000	7.415.060	**7.759.060**
Otros Usos	1	1.360	**1.361**
Piscicultura	45	6.343	**6.388**
Riego	1.008	38.500	**39.508**
Sin información de Uso	5.087	404.471	**409.557**
Uso Industrial	50.114	410	**50.524**
TOTAL (l/s)	**407.263**	**8.407.213**	**8.814.475**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se puede ver la distribución porcentual de caudales de derecho otorgados y en trámite para la provincia de Llanquihue en función del tipo de derecho.

Figura 8.3-3 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Llanquihue



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

8.3.3.3. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Osorno

Dentro del total de derechos de agua constituidos en la provincia de Osorno, se contabilizaron 3.554 derechos, equivalentes a 1.435.301 l/s.

En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales constituidos procesados.

Tabla 8.3-17 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Osorno

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	1.128	29	**1.157**
Energía Hidroeléctrica	2	229	**231**
Otros Usos	153	34	**187**
Piscicultura	6	184	**190**
Riego	1.153	23	**1.176**
Silvoagropecuario	10	0	**10**
Sin Información	395	191	**586**
Uso Industrial	7	10	**17**
TOTAL	**2.854**	**700**	**3.554**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-18 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Osorno

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	11.164	28.816	**39.980**
Energía Hidroeléctrica	401	984.732	**985.132**
Otros Usos	1.630	18.576	**20.206**
Piscicultura	9	214.961	**214.969**
Riego	13.691	7.132	**20.823**
Silvoagropecuario	110	0	**110**
Sin Información de Uso	9.268	135.526	**144.794**
Uso Industrial	165	9.120	**9.284**
TOTAL (l/s)	**36.438**	**1.398.863**	**1.435.301**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Por otro lado, considerando el total de derechos en trámites estudiados en la provincia de Osorno se contabilizaron 443 derechos, equivalentes a 8.020.408 l/s.

Tabla 8.3-19 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Osorno

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	338	3	**341**
Energía Hidroeléctrica	1	55	**56**
Otros Usos	0	1	**1**
Piscicultura	1	13	**14**
Riego	25	2	**27**
Silvoagropecuario	2	0	**2**
Sin Información de Uso	2	0	**2**
TOTAL	**369**	**74**	**443**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

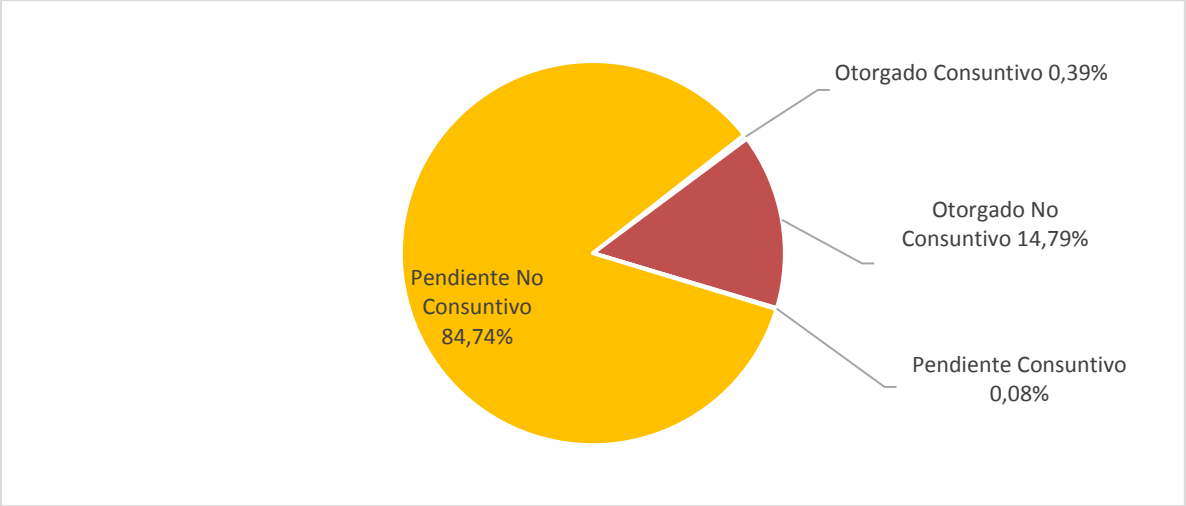
Tabla 8.3-20 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Osorno (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	6.555	32.600	**39.155**
Energía Hidroeléctrica	200	7.909.352	**7.909.552**
Otros Usos	0	15.000	**15.000**
Piscicultura	3	55.349	**55.352**
Riego	948	130	**1.078**
Silvoagropecuario	15	0	**15**
Sin Información de Uso	257	0	**257**
TOTAL (l/s)	**7.978**	**8.012.431**	**8.020.408**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se puede ver la distribución porcentual de caudales de derecho otorgados y en trámite para la provincia de Osorno en función del tipo de derecho.

Figura 8.3-4 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Osorno



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

8.3.3.4. Derechos de Agua Superficiales en la Provincia de Palena

Dentro del total de derechos de agua constituidos en la provincia de Palena, se contabilizaron 909 derechos, equivalentes 1.548.071 l/s.

En las siguientes 2 tablas se incluye la información de derechos de aguas superficiales constituidos procesados.

Tabla 8.3-21 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Provincia de Palena

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	248	14	**262**
Energía Hidroeléctrica	0	183	**183**
Otros Usos	28	18	**46**
Piscicultura	25	112	**137**
Riego	68	4	**72**
Sin Información	93	107	**200**
Uso Industrial	7	2	**9**
TOTAL	**469**	**440**	**909**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-22 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos en Palena (l/s)

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	5.844	1.602	**7.445**
Energía Hidroeléctrica	0	1.138.464	**1.138.464**
Otros Usos	152	17.806	**17.958**
Piscicultura	3.374	118.198	**121.572**
Riego	1.651	2.130	**3.781**
Sin Información de Uso	3.756	254.322	**258.078**
Uso Industrial	323	450	**773**
TOTAL (l/s)	**15.100**	**1.532.971**	**1.548.071**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Por otro lado, considerando el total de derechos pendientes estudiados en la provincia de Osorno se contabilizaron 261 derechos, equivalentes 2.970.056 l/s.

Tabla 8.3-23 Cantidad de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Palena

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento	97	4	**101**
Energía Hidroeléctrica	1	67	**68**
Otros Usos	1	1	**2**
Piscicultura	2	8	**10**
Riego	76	1	**77**
Sin Información	2	1	**3**
TOTAL	**179**	**82**	**261**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

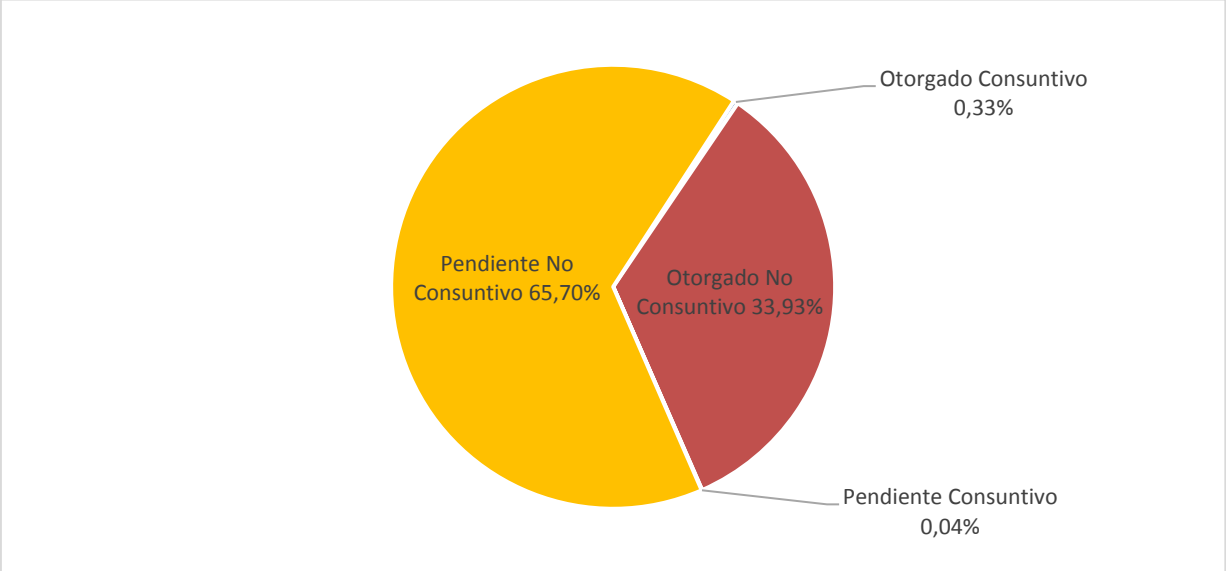
Tabla 8.3-24 Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) en Provincia de Palena

Uso	Consuntivo	No Consuntivo	TOTAL
Bebida/Uso Doméstico/Saneamiento (l/s)	1.270	154.750	**156.020**
Energía Hidroeléctrica (l/s)	25	2.789.751	**2.789.776**
Otros Usos (l/s)	2	4.000	**4.002**
Piscicultura (l/s)	175	15.947	**16.122**
Riego (l/s)	128	8	**136**
Sin Información (l/s)	1	4.000	**4.001**
TOTAL (l/s)	**1.600**	**2.968.456**	**2.970.056**

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

A continuación, se puede ver la distribución porcentual de caudales de derecho otorgados y en trámite para la provincia de Palena en función del tipo de derecho.

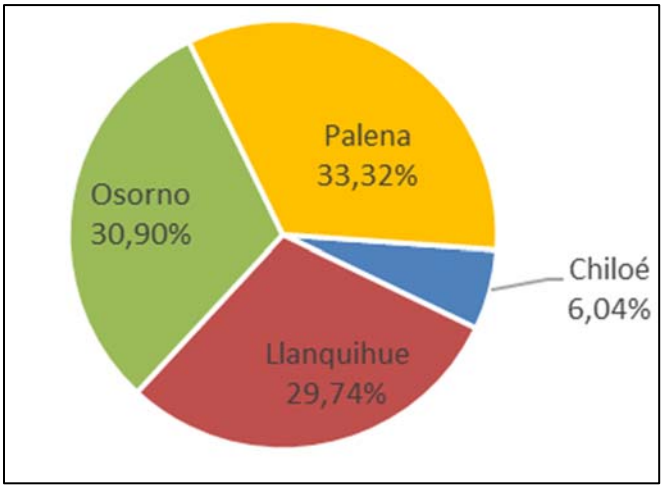
Figura 8.3-5 Distribución Porcentual de Caudales de Derecho Otorgados y en Trámite según Tipo de Derecho para toda la Provincia de Palena



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

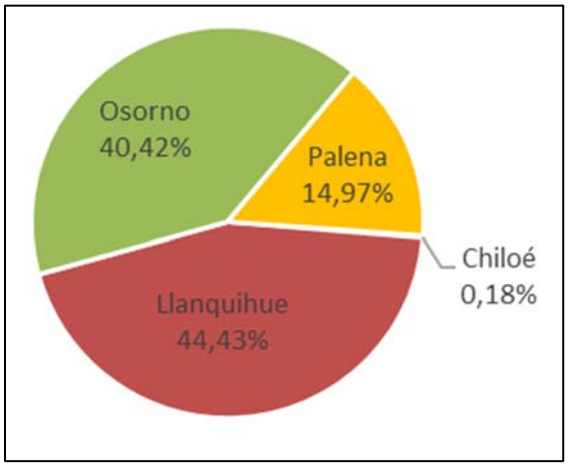
En los siguientes 2 gráficos se incluye un resumen de la información de derechos de aguas superficiales procesada.

Figura 8.3-6 Distribución Porcentual de Caudales de Derechos de Aguas Superficiales Constituidos por Provincias de la X Región



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Figura 8.3-7 Distribución Porcentual de Caudales de Derechos de Aguas Superficiales en Trámite (Dic. 2017) por Provincias de la X Región



Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

8.3.4. Conclusiones Análisis de los Derechos de Aguas Superficiales en la X Región de Los Lagos

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

a) De la base de datos analizado, 278 derechos superficiales constituidos se encuentran con falta de información en coordenadas, lo que en caudal total otorgado equivale a 3.516.859 l/s; de dicho caudal, el 97,6 % corresponde a caudales de uso no consuntivo.

b) El caudal total de derechos de aguas superficiales constituidos (con coordenadas conocidas) suman 4.646 m3/s, de los cuales el 96,92 % corresponde a uso no consuntivo; sólo 143 m3/s están asociados a usos consuntivos.

c) Respecto a la situación de los derechos de agua por provincias, la distribución porcentual de caudales de aguas superficiales constituidas, es muy similar en las provincias de Osorno, Palena y Llanquihue, cerca de un 30%, respectivamente, mientras que en Chiloé es de sólo un 6 %.

d) Por último, con relación a la información de los derechos de agua en trámite (a Dic. de 2017), en las provincias de Osorno (40 %) y Llanquihue (44 %) suman el 84 % del caudal total en trámite de la región, en Palena el 15 % y en Chiloé sólo el 0,2 %.

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

8.3.5. Zonas de Restricción para la Constitución de Nuevos Derechos de Agua

La X región de Los Lagos no cuenta con áreas de restricción ni prohibición para la constitución de nuevos derechos de agua superficiales; tampoco hay declaraciones de agotamiento en la zona. Sin embargo, hay áreas de reserva de caudales tanto para abastecimiento, como para circunstancias excepcionales y de interés nacional. Más específicamente, las zonas de reserva de caudales son las siguientes:

- Abastecimiento:
  - San Juan de La Costa
  - Río Rahue

- Río Bueno
- Río Pilmaiquén

- Circunstancias excepcionales y de interés nacional:
  - Río Cochamó
  - Río Petrohué

En la siguiente figura se muestra con color rosado el área que implica zonas de abastecimiento, mientras que la zona morada delimita los sectores para circunstancias excepcionales y de interés nacional.

Figura 8.3-8 Delimitación de áreas con reserva de caudales para abastecimiento y para circunstancias excepcionales y de interés nacional



Fuente: www.dga.cl

Las siguientes tablas muestran las características de las zonas de reserva de caudales para abastecimiento y para circunstancias excepcionales y de interés nacional.

Tabla 8.3-25 Características de Zonas de Reserva de Caudales para Circunstancias Excepcionales y de Interés Nacional

	Río Cochamó	**Río Petrohué**
Decreto	1519	1706
Fecha Decreto	22-09-2009	19-10-2009
Fecha Publicación	16-11-2009	16-11-2009
Naturaleza	Superficial	Superficial
Área (km^2)	297	2.676

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Tabla 8.3-26 Características de Zonas de Reserva de Caudales para Abastecimiento.

	San Juan de La Costa	**Río Rahue**	**Río Bueno**	**Río Pilmaiquén**
Decreto	1015	665	793	461
Fecha Decreto	13-06-2013	16-08-2006	28-05-2009	06-07-2007
Fecha Publicación	01-07-2013	15-02-2007	01-08-2009	25-08-2007
Naturaleza	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Área (km^2)	3.349	6.075	6.504	2.593

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA.

Se hizo la consulta formal a la DGA Región de Los Lagos, respecto a si era factible solicitar derechos de aguas superficiales en las áreas declaradas como de reserva de caudales. La respuesta de la DGA fue la siguiente.

2. En el caso de cualquier solicitud de derecho de aprovechamiento, la determinación de la oferta disponible para constituir nuevos derechos se realiza en función de un análisis técnico y legal asociado a cada petición concreta, en concordancia con lo estipulado en los artículos 140 y siguientes del Código de Aguas; en ese sentido y luego del análisis formal del requerimiento, se debe comprobar la existencia y magnitud del recurso en los puntos desde donde se desea aprovechar, también analizar los derechos de aprovechamiento ya constituidos, las solicitudes ingresadas y en trámite que pudieren referirse a las mismas aguas y adicionalmente debe analizarse la posible existencia de renuncias de derechos ya constituidos.

   Por tanto y de acuerdo a lo señalado precedentemente, el momento en que la solicitud de constitución de derecho de aprovechamiento de aguas se presenta y luego se resuelve, es determinante para calcular la disponibilidad a nivel de fuente. Sin este elemento temporal, no es posible hacer el cálculo de forma fehaciente

3. Las reservas mencionadas se han decretado en zonas que aún poseen disponibilidad de derechos de aprovechamiento consuntivos, pero que podría agotarse si se constituyen derechos en trámite. Sus caudales se otorgan en la medida en que la solicitud fuere técnica y legalmente procedente, exista disponibilidad del recurso y no se afecten derechos de terceros comprometidos con anterioridad. Adicionalmente, la reserva puede exigir algún requisito más, como por ejemplo, tener residencia en el sector.

   Cumplidos dichos requerimientos, pueden otorgarse derechos consuntivos en zonas con reserva de caudales decretada.

Saluda atentamente a Ud.,

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
REGION DE LOS LAGOS
M.O.P.

JAVIER VIDAL REYES
Ingeniero Agrónomo
Director Regional
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
REGIÓN DE LOS LAGOS

Es decir, para solicitar derechos de agua superficial en las áreas declaradas como de reserva de agua, se debe seguir el procedimiento que señala la DGA Regional señalado precedentemente, que no es más que seguir el procedimiento habitual en este tipo de solicitudes, pero tomando en consideración lo siguiente:

a) Los derechos de aprovechamiento consuntivos podrían agotarse si se constituyen los derechos en trámite.
b) Eventual requisito de tener residencia en el sector.

9. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

9.1. Catastro de Captaciones Subterráneas

Se recopiló la información de catastros anteriores y de derechos de aguas subterráneas constituidos. Con estos antecedentes se armaron planos de trabajo en formato SIG, lo cual permite un barrido completo del área de estudio.

Puesto que el objetivo del catastro de captaciones subterráneas, es esencialmente obtener un mayor conocimiento de los acuíferos más atractivos para la extracción de aguas y de esta forma poder definir la ubicación de nuevas captaciones y los caudales que sería posible extraer desde éstas, el catastro está enfocado a captaciones del tipo pozo profundo, que son las que permiten la explotación de los acuíferos más profundos y que cuentan con un mayor respaldo hídrico.

Durante el catastro se consulta a los entrevistados si cuentan con los planos de construcción del pozo, o bien, el dato de la empresa que lo perforó, de tal manera de solicitar a dicha empresa los informes de construcción.

Cabe señalar que ha habido casos en que no ha sido posible obtener antecedentes de la captación, debido a que el predio se encontraba sin moradores al momento de la visita, o bien, el entrevistado no quiso entregar antecedentes del pozo. Esto ocurrió en 21 captaciones.

Se catastraron un total de 947 pozos y 2 norias en la región de Los Lagos, incluyendo las provincias de Chiloé y Palena. En el Mapa Temático 9.1-1 se puede observar la ubicación de estas captaciones, mientras que en el Anexo 9-1 digital se consigna la tabla con los antecedentes de las captaciones catastradas.

Se ha incluido un respaldo digital que contiene todas las fichas de terreno, donde se puede consultar la información completa obtenida en terreno, incluyendo, por ejemplo, la fotografía de la captación.

Respecto al uso que se le da al agua extraída desde los pozos, un 82% son destinadas para el uso potable, ya sea de manera exclusiva, o bien, combinado con riego, industrial u otros usos como bebida para animales. Un 25% son empleadas exclusivamente para consumo humano, en torno al 11% son utilizadas sólo para el riego y menos de un 2% son destinadas para la industria como único uso.

Cabe señalar que del total de captaciones catastradas hasta la fecha, casi un 15 % se encuentran sin uso, ya sea porque aún no han sido habilitados, o porque fueron abandonados. Con respecto a las profundidades perforadas, éstas en promedio no superan los 70 m, siendo la profundidad que más se repite, 60 m. Los pozos más profundos alcanzan casi los 200 m, mientras que los más someros, llegan sólo a los 23 m. En su mayoría han sido habilitados en tubería de acero de 6" de diámetro.

En relación a los caudales que se extraen desde los pozos profundos, en la mayoría de los casos no fue posible obtener esta información, pues casi no tienen medidores de caudal instalados. De las captaciones que se obtuvo dicha información, en dos de los pozos que son usados para el riego se extraen 120 l/s, que corresponde al caudal máximo de explotación, mientras que, en promedio, se pueden obtener caudales en torno a los 17 l/s.

La medición de niveles de la napa no fue posible de realizar en varias de las captaciones catastradas. En efecto, en cerca del 57% de los pozos no se pudo medir el nivel debido a que el pozo se encontraba sellado, se enredaba el pozómetro al intentar introducirlo, la tapa del pozo estaba bajo tierra o bien no se permitió el acceso al pozo.

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

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

Finalmente, en la Provincia de Palena, donde se encontraron 8 captaciones subterráneas, se pudo medir el nivel sólo en 5 de ellas. En Chaitén la napa se encontró a menos de 10 m de profundidad, en Futaleufú ente los 4 y 12 m y en Palena, ésta se encontraba a casi 24 m de profundidad. Las profundidades se pueden ver en el plano 9.5-1: Curvas Equipotenciales.

9.2. Derechos de Aguas Subterráneas

9.2.1. Derechos Constituidos

Se ha obtenido del sitio oficial de la DGA (www.dga.cl) la planilla actualizada (diciembre de 2017) de derechos de agua registrados en dicha repartición pública.

De acuerdo con este antecedente, en la región de Los Lagos existe un total de 2.994 derechos subterráneos constituidos por un caudal de más de 30 m^3/s. La mayor parte de estas captaciones tienen coordenadas UTM; sin embargo, existen 43 derechos que no tienen coordenadas. De estos 43 fue posible localizar 9 mediante la descripción de su ubicación y utilizando imágenes satelitales (Google Earth).

Cabe señalar que en algunos de los registros que cuentan con coordenadas UTM, no se indica el Datum de dichas coordenadas. Para éstas se ha asumido que las coordenadas fueron tomadas empleando el Datum PSAD 56.

A partir de la información recopilada, en la Tabla 9.2-1 se consigna un resumen de los derechos constituidos.

Tabla 9.2-1: Resumen de Derechos Constituidos

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

Fuente: Elaboración propia basado en datos de la DGA

En el Anexo 9-2 digital se puede consultar el listado de derechos de aguas subterráneas descargado del sitio de la DGA, mientras que en el Plano 9.2-1 se muestra su ubicación.

En el plano se puede observar que, como es de esperar, la gran mayoría de los derechos están ubicados en el relleno que forma la Depresión Intermedia, que es donde se albergan los acuíferos más atractivos y donde además existe un mayor desarrollo agrícola.

9.2.2. Solicitudes de Derechos en Trámite

De igual forma se descargó del sitio oficial de la DGA, el listado de solicitudes de derechos subterráneos en trámite, para el año 2017 y 2018. En el Anexo 9-3 digital se incluye la tabla con estas solicitudes, mientras que en el Plano 9.2-2 se puede observar su ubicación.

Este listado está formado por 386 solicitudes que fueron ingresadas entre 2017 y 2018 que aún no han sido tramitadas por la DGA, por un caudal total de más de 3 m^3/s.

Tanto la ubicación de los derechos constituidos, como la de las solicitudes en trámite, serán consideradas para el emplazamiento de los nuevos pozos que serán parte de los proyectos de riego a estudiar. En efecto, se tendrá en consideración los radios de protección de 200 m en torno a estas captaciones, para ubicar los nuevos pozos que no deberán interferir con los derechos existentes y/o en trámite.

9.3. Recopilación de Antecedentes de Pozos Profundos

Tal como se señaló en el acápite 9.1, durante la ejecución del catastro se consultó por planos de construcción de pozos, o bien por la empresa que lo perforó. De esta manera se ha logrado identificar algunas captaciones que fueron perforadas por la empresa Perfomaq. Se solicitó a esta empresa informes de construcción de estos pozos, los cuales fueron facilitados en la medida que se contaba con el número que ellos le asignaron al pozo. Se logró recopilar un total de 43 informes de construcción de pozos de esta empresa, los cuales cuentan con datos de la estratigrafía atravesada, pruebas de bombeo de gasto variable y gasto constante.

En el Anexo 9-4 digital se muestran los informes completos de estos pozos (Perfomaq).

Por otro lado, de la base de datos propia se han obtenido los planos de construcción de 25 sondajes perforados en la región de Los Lagos, los cuales cuentan con antecedentes de la estratigrafía atravesada y de la prueba de gasto variable efectuada al finalizar la perforación. De estos 25, 14 fue posible ubicarlos con coordenadas, por lo que 11 no fueron considerados para este informe.

Estos planos se incluyen en el Anexo 9-4 digital, junto con los informes anteriores.

Finalmente, se descargaron 571 expedientes de derechos de aguas constituidos desde el sitio oficial de la DGA (www.dga.cl). De estos, se seleccionaron 169 que tenían información de pruebas de bombeo y estratigrafía, cubriendo toda la región de Los Lagos.

9.4. Parámetros Hidráulicos de los Acuíferos

Sobre la base de los antecedentes consignados en el acápite anterior, se han calculado los valores de la Permeabilidad (k) y Transmisividad (T), en 226 pozos ubicados en toda la región de Los Lagos.
En el Anexo 9-5 se consigna la tabla con los parámetros calculados para cada pozo. Se incluye además el respaldo digital de dicha tabla, con los cálculos efectuados.

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

9.5. Curvas Equipotenciales

A partir de los niveles medidos durante el catastro de captaciones subterráneas, se ha generado el Mapa Temático 9.5-1 con las curvas equipotenciales para toda el área de estudio.

En este plano se puede observar que el agua subterránea muestra un escurrimiento preferente de este a oeste, en el territorio continental, siguiendo el sentido de escurrimiento de los cauces superficiales. Por otro lado, en la isla de Chiloé, se observa que la napa tiende a escurrir desde oeste a este.

9.6. Caracterización de los Acuíferos

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

Tal como se señaló en el acápite Resultados del Estudio de Transiente Electromagnético (TEM), el interés principal en el presente trabajo se ha enfocado a los primeros 100 m de rellenos sedimentarios, dado que profundidades mayores significarían costos muy altos para los pozos.

a) Provincia de Osorno

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, gravas y arenas.

De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre surgente y 60 m de profundidad, con un valor medio del orden de 16 m.

El valor medio de la permeabilidad determinada para el sector es de $1{,}8 \cdot 10^{-4}$ m/s.

b) Provincia de Llanquihue

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, gravas y arenas.
De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre surgente y 59 m de profundidad, con un valor medio del orden de 18 m.

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

c) Provincia de Chiloé

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, gravas y arenas limosas.

De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre 0,4 y 87 m de profundidad, con un valor medio del orden de 21 m.

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

d) Provincia de Palena

Los principales rellenos presentes en la zona corresponden a material granular grueso del tipo gravas, bolones y en menor medida, gravas y arenas limosas.
De acuerdo a la información del catastro realizado, los niveles estáticos medidos varían entre 4,3 y 11,5 m de profundidad, con un valor medio del orden de 8 m.

El valor medio de la permeabilidad determinada para el sector es de $1{,}7 \cdot 10^{-4}$ m/s.

9.7. Calidad de Aguas Subterráneas

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

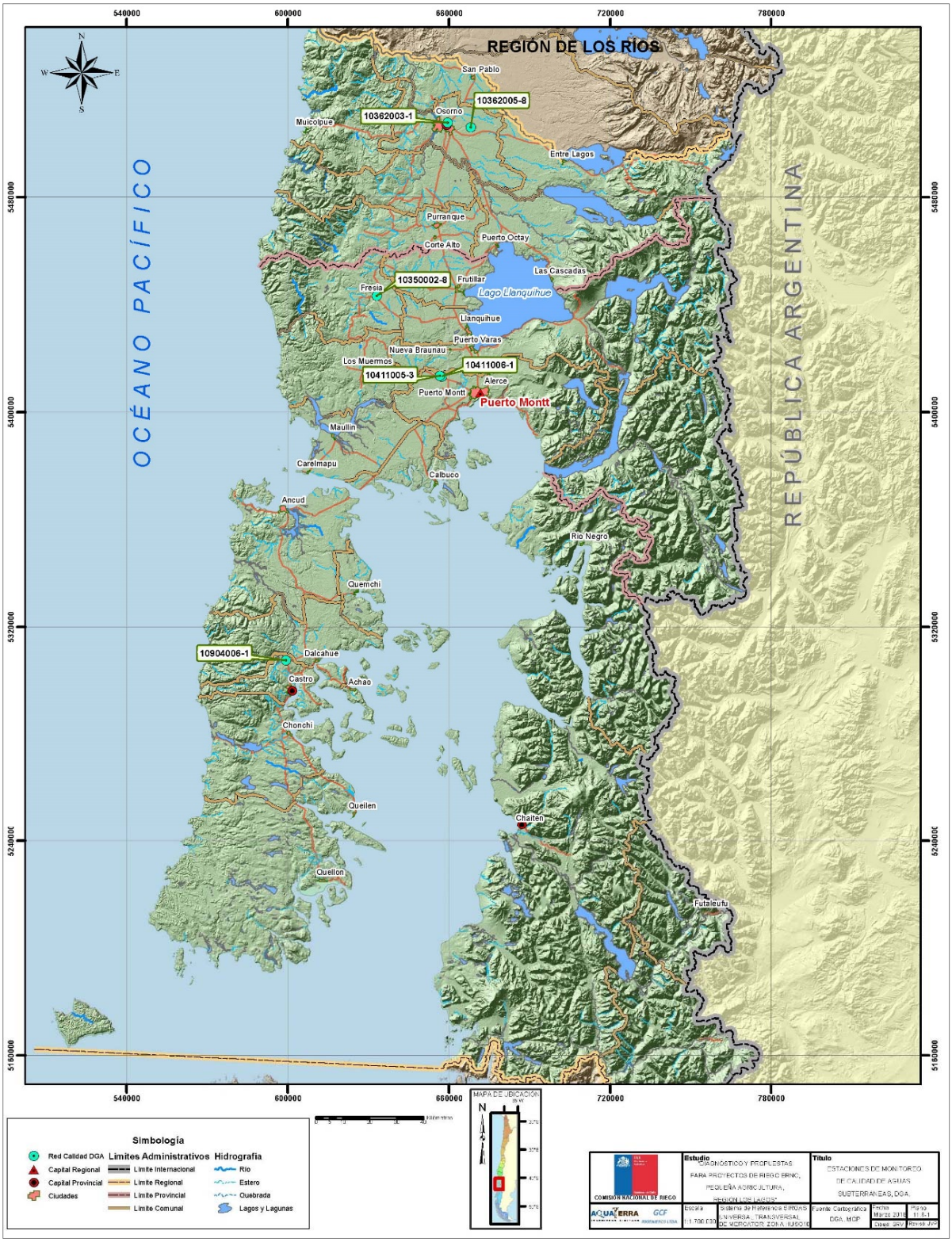
En la Tabla 9.7-1 se incluye la lista de estaciones de monitoreo de la DGA y en la siguiente figura se muestra su ubicación.

Tabla 9.7-1: Estaciones de Monitoreo de Calidad Química del Agua Subterránea

Código BNA	Nombre de la Estación	Coordenadas UTM WGS84	
		Este (m)	Norte (m)
10411006-1	POZO A.P.R. TEPUAL - LAS QUEMAS	657.379	5.413.288
10411005-3	POZO KM 13,7 PUERTO MONTT-AREOPUERTO EL TEPUAL	656.640	5.413.520
10350002-8	POZO LECHERA FRESIA (LECHE SUR)	633.194	5.443.359
10904006-1	POZO PIRUQUINA	599.345	5.307.520
10362003-1	POZO POBLACION KOLBE EN OSORNO	659.534	5.507.776
10362005-8	POZO POLLOICO	668.061	5.506.108

En el Anexo 9-6 digital se incluyen las tablas con los datos de calidad medidos en estos pozos.

Figura 9.7-1 Estaciones de Calidad de Aguas Subterráneas



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con estos antecedentes, en general las aguas subterráneas de la región de Los Lagos, cumplen con los límites admitidos en la norma para el uso de aguas en riego (NCh. 1333), salvo para los elementos Hierro, Manganeso y Cobre. En efecto, el pozo del APR Tepual-Las Quemas, el pozo Polloico, muestran en sus registros excesos de Hierro y Manganeso, este último durante gran parte del período de medición. Por otro lado, el pozo de la Lechera Fresia se ha detectado exceso de Cobre en sólo una de las muestras de entre 27 mediciones hechas en distintas fechas, por lo que lo más probable es que se trate de un error en la medición o de escritura del valor.

Por otro lado, se ha incluido en el mismo Anexo 9-6, los antecedentes del análisis de calidad de dos ensayos de pozos que pertenecen a la empresa sanitaria Aguas San Pedro, donde no se aprecia un exceso de estos elementos y de ninguno del listado en la norma NCh 1333.

Esta información de calidad será complementada con la que se está obteniendo de los expedientes de derechos y con las nuevas muestras que se tomarán cuando se desarrollen los proyectos.

9.8. Conclusiones del Estudio Hidrogeológico

Se ha recopilado una cantidad importante de información hidrogeológica, tanto en terreno como en gabinete.

Catastro de Captaciones

Respecto al catastro de captaciones, se identificaron 949 captaciones de las cuales sólo 2 fueron norias y el resto pozos profundos.

El catastro cubrió toda la región de Los Lagos, incluidas las provincias de Chiloé y Palena.

La mayor parte de estas captaciones son utilizadas para el consumo humano (82%) junto con el riego y sólo una pequeña parte (2%) son utilizadas para la industria.

En el catastro se midieron niveles de la napa, en base a los cuales se construyó un plano con curvas equipotenciales, que permiten definir entre otras cosas, la dirección del flujo de las aguas subterráneas.

Niveles del Agua Subterránea

Respecto a los niveles medidos, en general en las provincias de Osorno y Llanquihue, la napa se encuentra a poca profundidad (en torno a los 16 m) llegando incluso a aflorar en algunos sectores.

Por otro lado, en la provincia de Chiloé, el rango de profundidades de niveles de napa es bastante más amplio, llegando a detectarse incluso a casi 90 m de profundidad en el sector de Puchauran, entre Dalcahue y Quemchi y en otros sectores, como Ancud, Dalcahue, Castro y Chonchi, el nivel es más somero (en torno a los 3 m de profundidad).

En Palena la napa se encontró a poca profundidad, en general a menos de 20 m.

Profundidad de Acuíferos

En relación a los parámetros de los acuíferos, se obtuvo una gran cantidad de información que permitió determinar los valores de los parámetros más relevantes (Permeabilidad y Transmisividad), en toda la región de Los Lagos.

Para las provincias de Llanquihue y Chiloé, se determinaron valores de permeabilidad del orden de 2 a 3 $*10^{-4}$ m/s, mientras que en Osorno y Palena este parámetro es del orden de 1,5 a 2,0 $*10^{-4}$ m/s.

Calidad de Agua

En relación a la información de calidad de las aguas, ya se cuenta con una cantidad importante de información, sin embargo, tal como ha sido considerado en la propuesta metodológica, en aquellos sectores donde se decida realizar los perfiles de proyectos, y que no se cuente con

información de calidad de agua subterránea, se contempla tomar muestras para el análisis físico químico y bacteriológico según la norma para riego NCh. 1.333 of 78.

La información de parámetros del acuífero, de caudales de derechos constituidos y/o en trámite, caudales obtenidos en el catastro de captaciones y la información de calidad del agua recopilada, además de los antecedentes obtenidos de las encuestas agronómicas y de las PAC, donde los potenciales beneficiarios expresaron su interés en participar de estos proyectos de captación para el mejoramiento del riego de sus predios; se utilizará como antecedente para definir los puntos donde se propondrán nuevas captaciones subterráneas.

10. ESTABLECIMIENTO DE ÁREAS HOMOGÉNEAS

Las áreas homogéneas resultan de la combinación de diversos factores estudiados a lo largo del desarrollo del trabajo, factores que han sido identificados en capítulos anteriores.

Este capítulo está enfocado en detectar zonas funcionales dentro del sistema de escorrentía subterránea y superficial de la región de Los Lagos, de modo de detectar zonas con posibilidades de explotar recursos hídricos para riego, utilizando energías renovables no convencionales.

A continuación, se mencionan las principales variables que serán tomadas en cuenta en la determinación de áreas homogéneas aptas para la extracción de recursos subterráneos y superficiales.

10.1. Aguas Subterráneas

En lo que corresponde al estudio de las aguas subterráneas, se procede a identificar zonas donde los acuíferos tengan un potencial de extracción importante, la calidad de las aguas sea apta, la profundidad de la napa permita un bombeo eficiente energéticamente y que exista disponibilidad legal del recurso.

10.1.1.Parámetros Elásticos

En la siguiente tabla se resume las transmisividades por rango determinadas en el área de estudio.

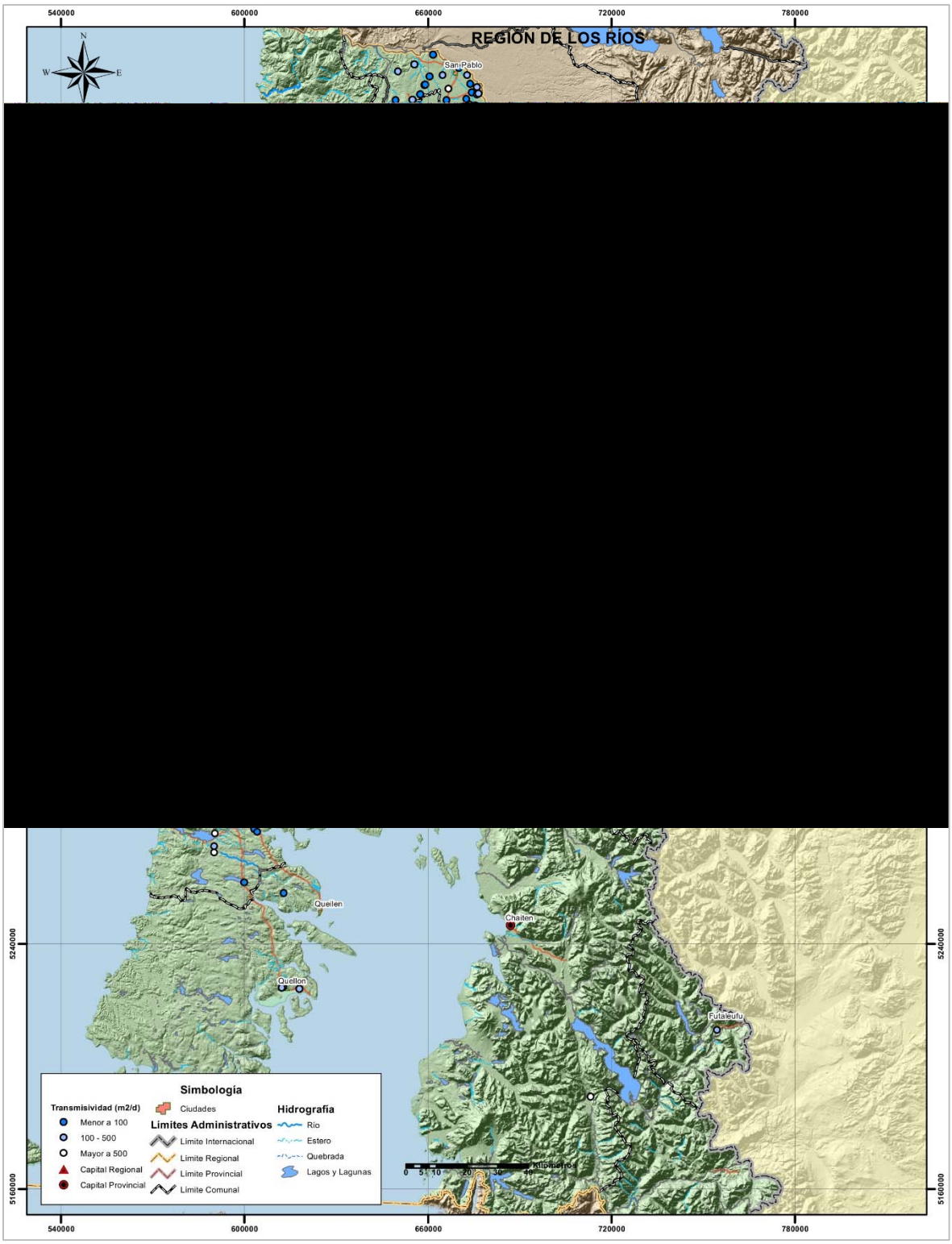
Tabla 10.1-1: Resumen Análisis de Transmisividad

Provincia	Transmisividad en Pozos		
	Entre 0 y 100 [m/d]	Entre 100 y 500 [m/d]	Sobre 500 [m/d]
Llanquihue	24	33	25
Chiloé	7	8	12
Osorno	39	36	38
Palena	0	1	3

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestran los 226 pozos con los cuales se calculó la transmisividad (T); se marcan con colores distintos dependiendo en qué rango está el valor de T.

Figura 10.1-1 Transmisividad en pozos existentes



Fuente: Elaboración propia

Se observan sectores de transmisividad baja en sectores al Norte y al Poniente de la ciudad de Osorno, asociados a depósitos piroclásticos (ver unidad Pl3t en Plano de Geología). En el resto de la depresión central, predominan depósitos sedimentarios de la glaciación Llanquihue, por lo que se observan transmisividades medias a altas.

De acuerdo con lo señalado en la depresión central del valle, de Purranque hasta Puerto Montt, habría zonas atractivas para captar agua subterránea; en la Isla de Chiloé, en los sectores de Ancud, Castro y Chonchi, también hay zonas atractivas con alta posibilidad de encontrar agua subterránea en un monto atractivo.

10.1.2.Calidad de aguas subterráneas

De acuerdo a la recopilación y análisis de datos de calidad de aguas subterráneas en la región, desarrollado en el acápite 11.6. del presente estudio, se han identificado dos zonas en que las aguas presentan algún parámetro fuera de normativa (NCh. 1333 of. 74).

En la siguiente figura se indican estos sectores:

Tabla 10.1-2: Resumen Análisis de Calidad de Aguas Subterráneas

Provincia	Exigencia Norma Nch 1333 of 74	< 5,0 mg/l	< 0,2 mg/l
	Pozo	Fierro Total [mg/l]	Manganeso [mg/l]
Llanquihue	APR Tepual - Las Quemas	**34,2**	**2,33**
Osorno	Polloico	0,8	**0,48**

Fuente: Elaboración propia

En los puntos cercanos a estos pozos se debe considerar que existe el riesgo de encontrar agua que no cumple la normativa de calidad requerida para regar.

10.1.3.Niveles freáticos

Los niveles estáticos medidos durante la campaña de terreno detallada en el acápite 11.1, sirven de base para establecer los sectores en que la napa freática se encuentre a menor profundidad, y por tanto permita una fácil explotación.

En la siguiente tabla se resumen las mediciones de profundidad de nivel estático realizada, distribuida según la provincia donde se ubica el pozo y el rango de profundidad.

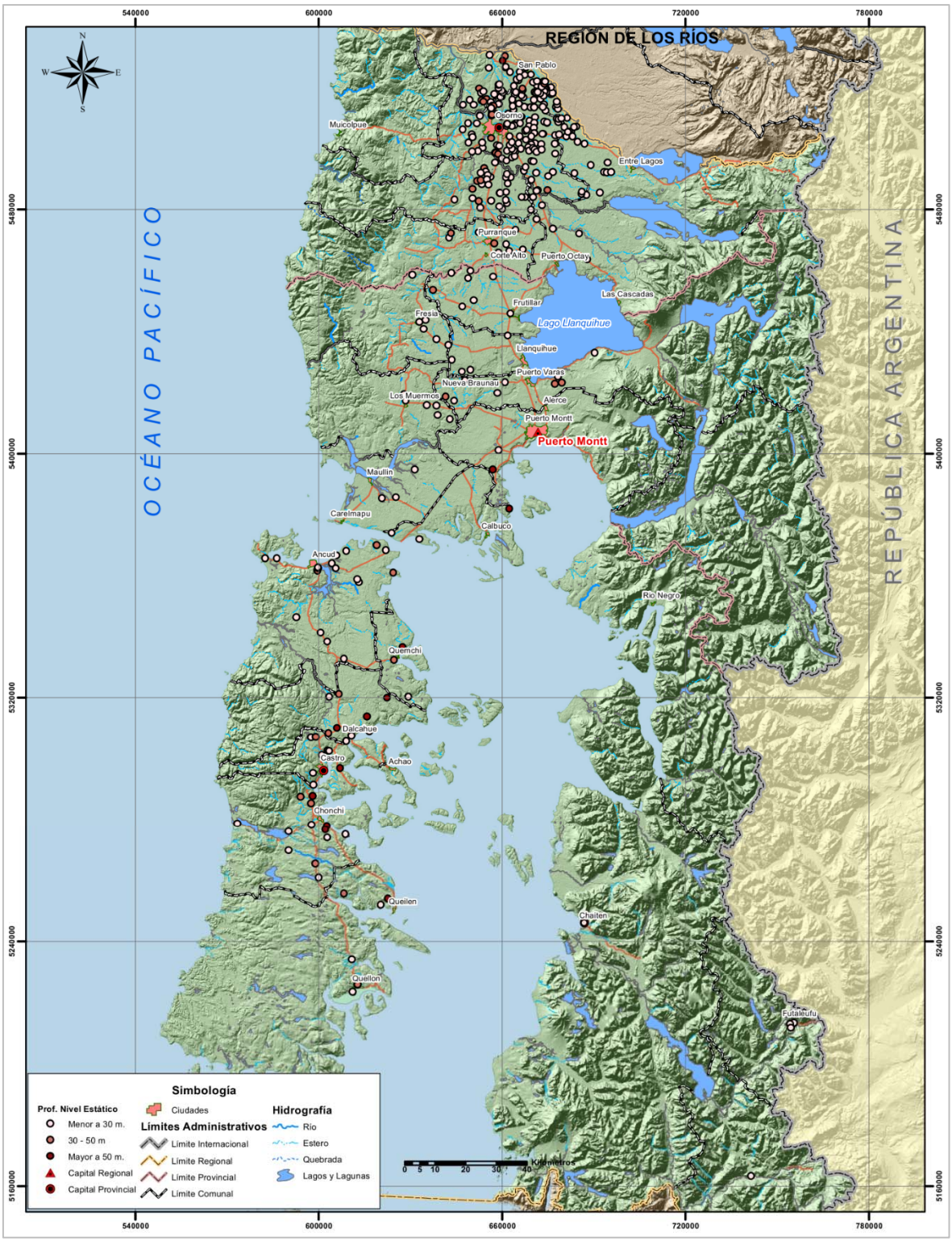
Tabla 10.1-3: Resumen Análisis de Freáticos

Provincia	Profundidad Nivel Estático en Pozos		
	Entre 0 y 30 [m]	Entre 30 y 50 [m]	Sobre 50 [m]
Llanquihue	35	4	2
Chiloé	39	14	9
Osorno	231	22	1
Palena	5	0	0

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra la distribución espacial por rangos de los niveles estáticos medidos.

Figura 10.1-2 Profundidad de la napa



Fuente: Elaboración propia

Se observan zonas que el nivel estático se encuentra a baja profundidad en la zona central de la región, desde Osorno a Los Muermos. En contraste, en zonas costeras de la Isla Grande de Chiloé y Calbuco el nivel estático se observa a profundidades sobre los 50 m, por lo que captaciones subterráneas en esas zonas no serían recomendables.

10.1.4.Caudales de extracción de aguas subterráneas

Según lo expuesto en el acápite 11.2, se ha recopilado amplia información respecto a los derechos de aguas subterráneas en la región, tanto constituidos como en trámite. Con los datos de ubicación de los derechos y el caudal de explotación asociado a cada uno, se pueden identificar sectores donde los acuíferos están más exigidos, y otros sectores donde hay posibilidades de aprovechar recursos que todavía no están agotados. En la siguiente tabla, se resumen los derechos de aguas recopilados, la magnitud del caudal de explotación y su ubicación.

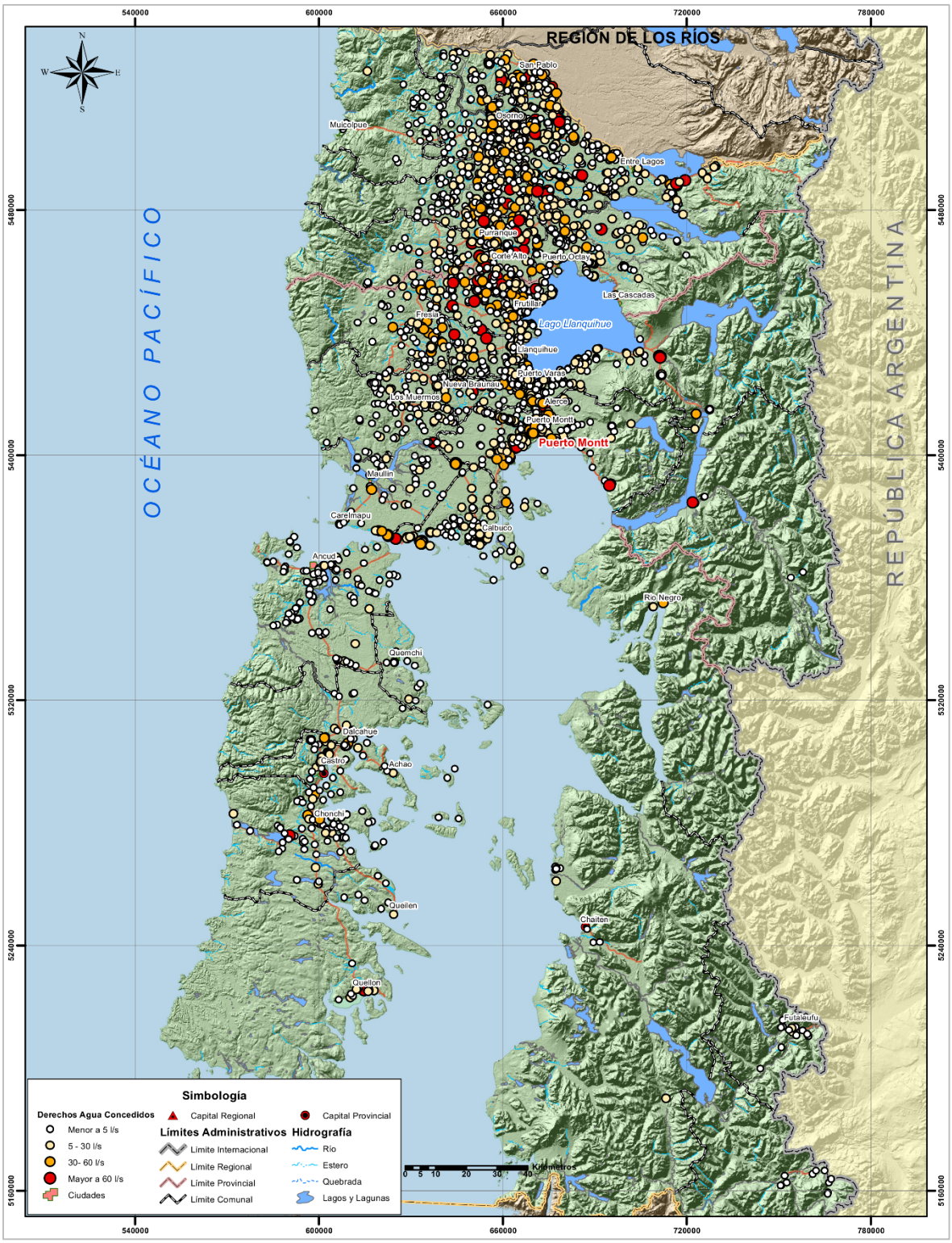
Tabla 10.1-4: Resumen Análisis de Derechos de Aguas

Provincia	Caudal Derechos de Aguas Subterránea			
	Entre 0 y 5 [l/s]	Entre 5 y 30 [l/s]	Entre 30 y 60 [l/s]	Sobre 60 [l/s]
Llanquihue	802	406	117	41
Chiloé	227	79	14	2
Osorno	765	336	90	38
Palena	32	6	1	0

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se puede observar lo descrito.

Figura 10.1-3 Caudales de explotación



Fuente: Elaboración propia

Las zonas de mayor explotación de recursos hídricos subterráneos se encuentran en la cercanía de las ciudades de Osorno, Purranque y Fresia, mientras que en las provincias de Chiloé y Palena, se observa que la mayoría de las captaciones extraen caudales bajos.

10.1.5.Establecimiento de Áreas Homogéneas Subterráneas

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

Valle Central 1: Coincide aproximadamente con la parte norte de la unidad territorial "Valle Central Agroindustrial", incluye las comunas de San Pablo, Osorno y Río Negro, la parte oriental de la comuna de San Juan de la Costa y la parte noroccidental de la comuna de Puerto Octay. Presenta potencial para extraer aguas subterráneas, por caudales susceptibles de extraer y por niveles freáticos esperados. Sin embargo, se observan valores del Coeficiente de Transmisividad menores que los de la unidad homogénea que se ubica inmediatamente al sur. No sería la mejor zona.

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

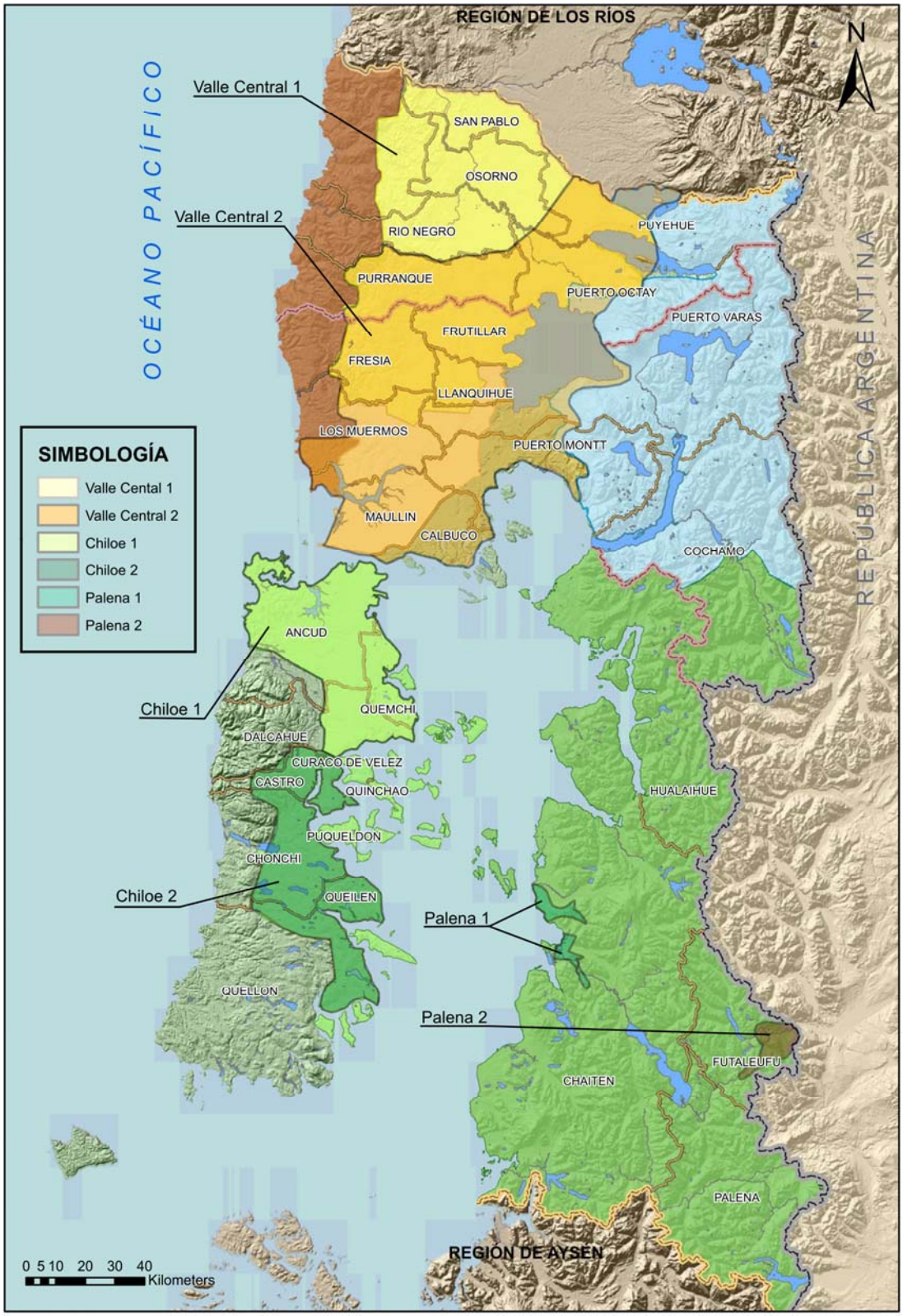
Chiloé 1: Coincide con la parte norte de la unidad territorial Chiloé interior, incluyendo desde Ancud, hasta antes de Dalcahue. Esta unidad homogénea subterránea tiene potencial hidrogeológico limitado. Caudales pequeños y niveles freáticos que pueden ser profundos confirman lo señalado.

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

Palena 1: Corresponde al área de valle con relleno sedimentario que se ubica en el entorno a la localidad de Chaitén. Es parte del territorio denominado unidad territorial "Patagonia Cordillerana". Tiene como punto a favor que los niveles freáticos son poco profundos, pero los caudales de explotación de las captaciones, son pequeños. Potencial hidrogeológico limitado.

Palena 2: Corresponde al área con relleno sedimentario que se ubica en el entorno a la localidad de Futaleufú. Es parte del territorio denominado unidad territorial "Patagonia Cordillerana". También tiene como punto a favor que los niveles freáticos son poco profundos, pero los caudales de explotación de las captaciones, son pequeños. Potencial hidrogeológico limitado.

Figura 10.1-4 Áreas Homogéneas Subterráneas



Fuente: Elaboración propia

10.2. Aguas Superficiales

10.2.1.Calidad de las Aguas Superficiales

La calidad de las aguas superficiales tiene relación directa con el cumplimiento o no de la norma de agua para riego Nch 1333 1978.

A través de los análisis efectuados, se pudo detectar que existen 4 parámetros que están fuera de norma en varios sectores del área de estudio, a saber: Molibdeno (Mo), Mercurio (Hg), Boro (B) y Sodio (Na).

De acuerdo con los análisis efectuados en función de las estaciones de calidad que existen en la región de Los Lagos y su distribución espacial, se tiene lo siguiente:

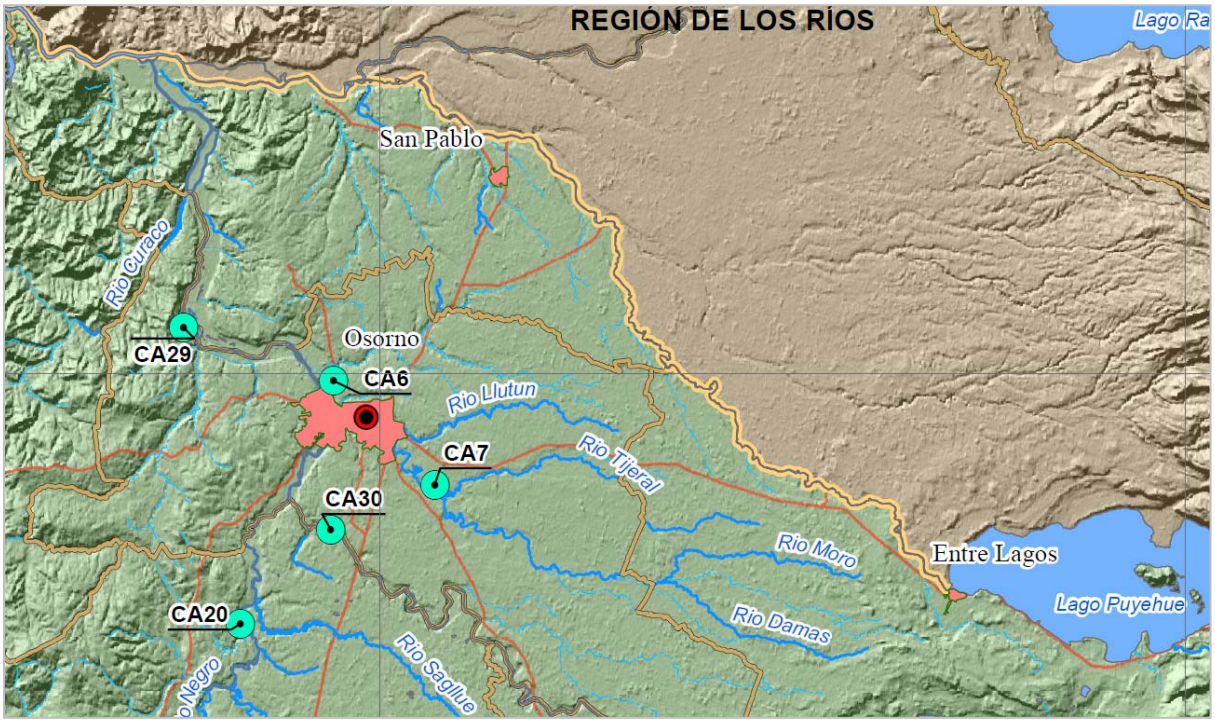
a) Sector de Osorno y alrededores

En la zona de Osorno, en las 5 estaciones de calidad que existen, en 5 de ellas hay presencia de Mo, B y Hg por sobre la norma de riego Nch 133 of 74; en 3 de ellas además se excede el % de Na.

De acuerdo con lo anterior, no resultaría conveniente en esta zona una fuente superficial para el desarrollo de un proyecto de riego.

En la siguiente figura se puede ver la ubicación de las estaciones señaladas.

Figura 10.2-1 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector de Osorno



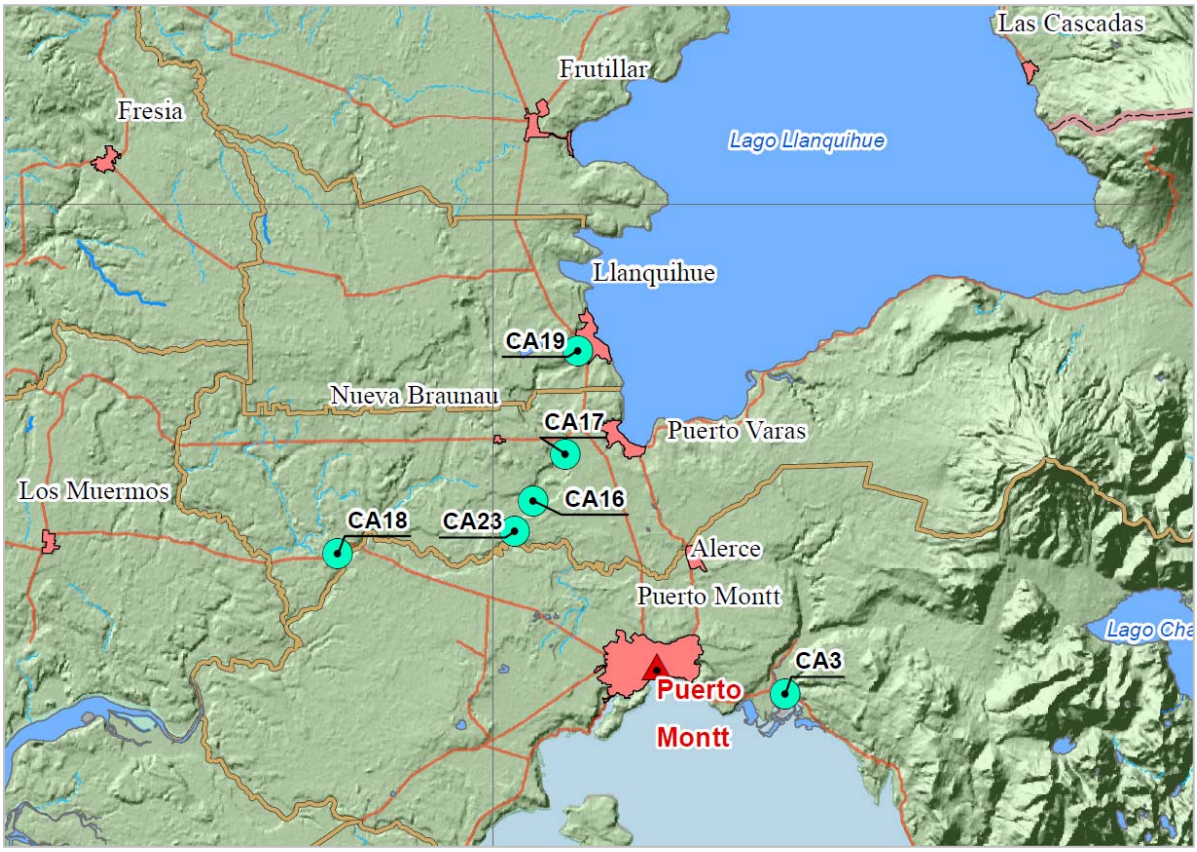
Fuente: Elaboración propia

b) Sector Puerto Montt y Alrededores

En esta zona se cuenta con información de calidad de aguas en 6 estaciones; en 5 de ellas hay presencia de Mo, B, Hg y % Na por sobre la norma de riego Nch 133 of 74. La estación CA 19 (ver siguiente figura) tiene todos los parámetros medidos bajo los límites de la norma Nch 1333 of 74.

En la siguiente figura se puede ver la ubicación de las estaciones señaladas.

Figura 10.2-2 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector Puerto Montt



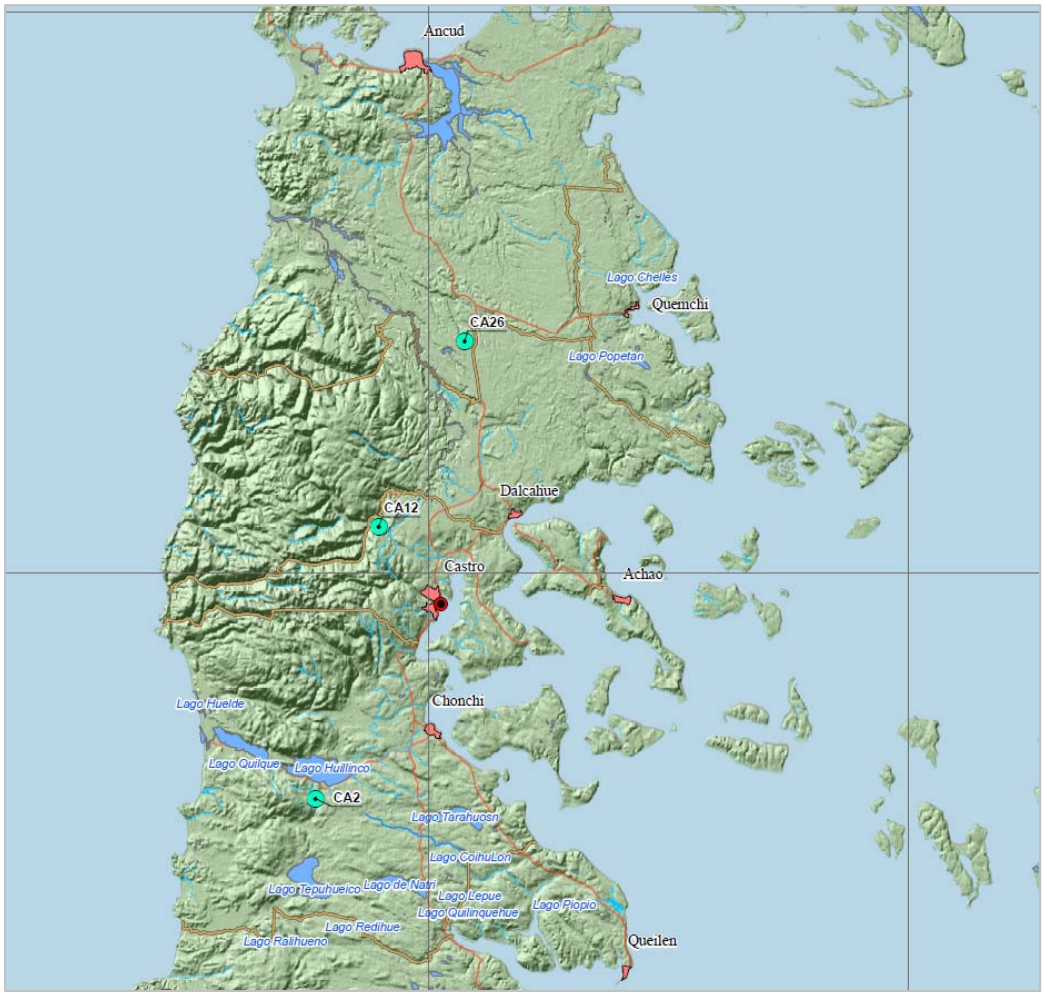
Fuente: Elaboración propia

c) Sector Isla de Chiloé

En la Isla de Chiloé sólo se cuenta con información de calidad de aguas en 3 estaciones; en todas ellas hay presencia de Mo, B, Hg y % Na por sobre la norma de riego Nch 133 of 74.

En la siguiente figura se puede ver la ubicación de las estaciones señaladas.

Figura 10.2-3 Ubicación estaciones de calidad de agua superficial sector Isla de Chiloé



Fuente: Elaboración propia

Por último, en el sector de Palena existe 1 estación (Río Yelcho en Desagüe Lago Yelcho), donde se exceden de la norma los parámetros Mo, B y Hg.

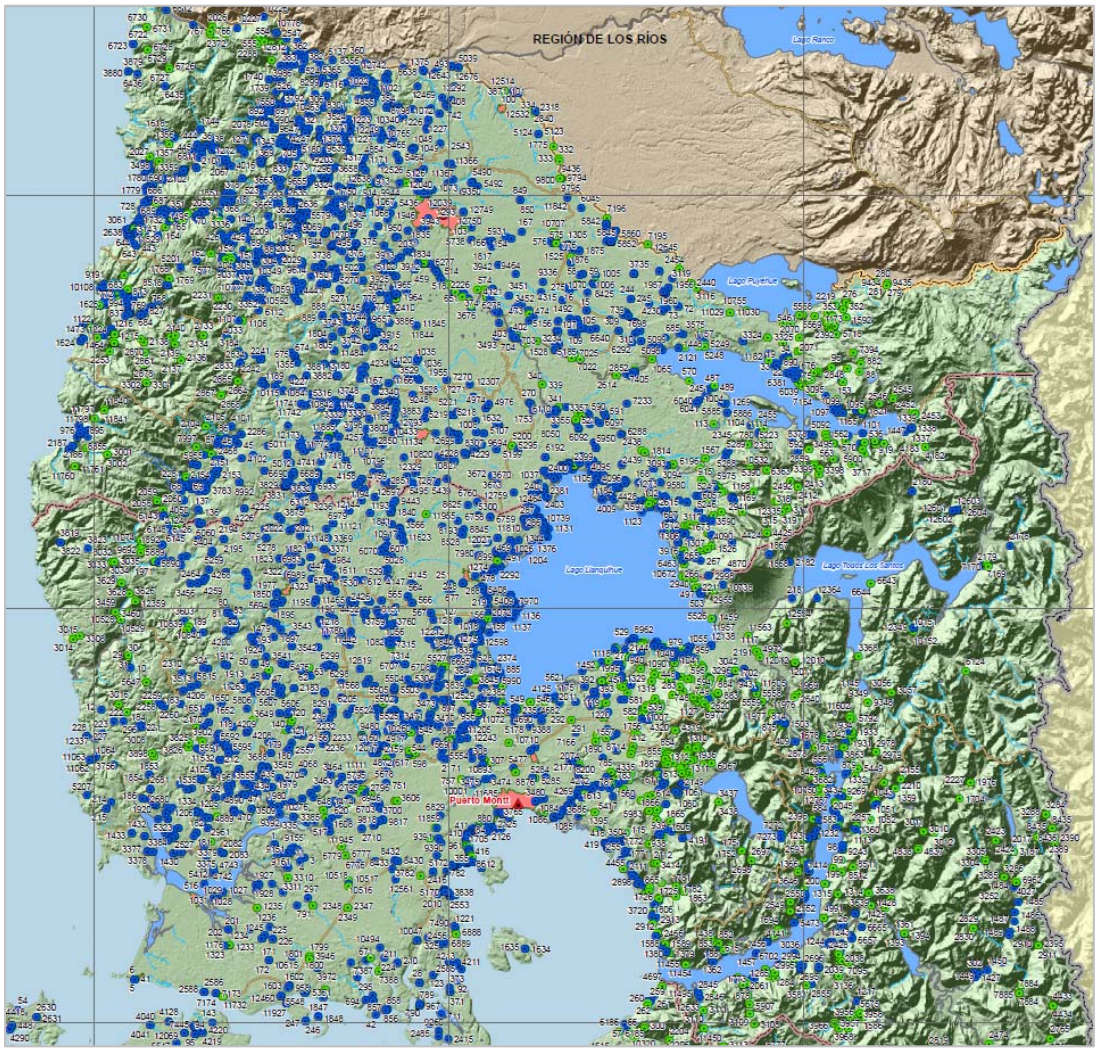
En definitiva, en todas las zonas donde se tiene información de calidad, existen al menos uno de los parámetros Mo, B, Hg y %Na que exceden de la norma.

En ese contexto, cuando se escoja algún proyecto con fuente de agua superficial, se tendrá que poner especial atención con la calidad del recurso y, eventualmente, analizar la necesidad de tomar una muestra de agua para el correspondiente análisis físico químico y bacteriológico según Norma Nch 1333 of 74.

10.2.2. Derechos de Aguas Superficiales Constituidos y en Trámite, Consuntivos y No Consuntivos

En la siguiente figura se puede observar la ubicación de los derechos de aguas superficiales consuntivos y no consuntivos constituidos, en la zona continental.

Figura 10.2-4 Derechos de aguas superficiales



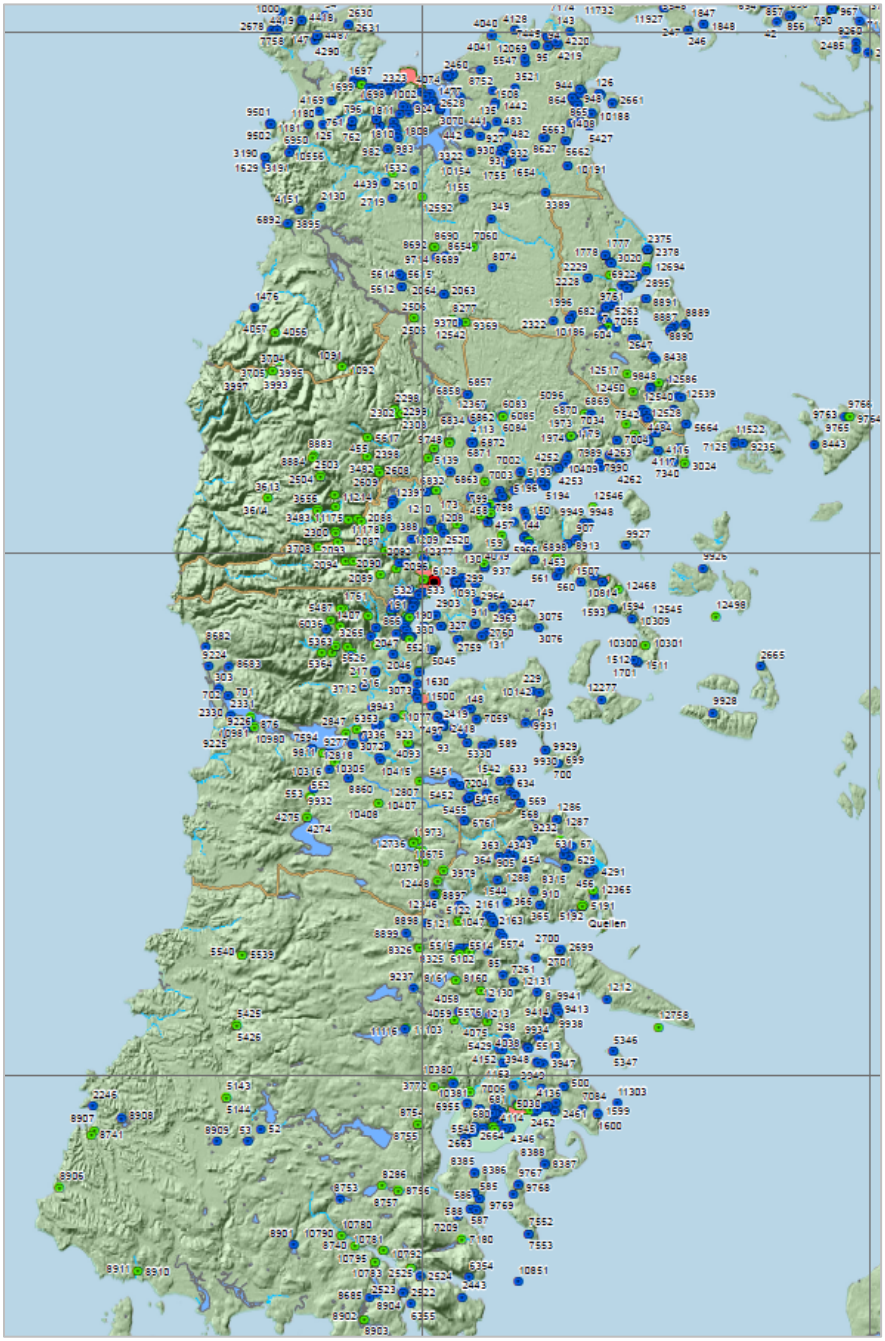
Nota: color azul uso consuntivo y color verde uso no consuntivo

Fuente: Elaboración propia

Se observa que en la parte central del valle y en la zona al Suroeste de Puerto Montt existen menos derechos de aguas superficiales constituidos que en resto del área.

Por otro lado, en la siguiente figura se puede observar la ubicación de los derechos de aguas superficiales consuntivos y no consuntivos constituidos, pero ahora aquellos que se ubican en la Isla de Chiloé.

Figura 10.2-5 Derechos de aguas superficiales en Isla de Chiloé



Nota: color azul uso consuntivo y color verde uso no consuntivo

Fuente: Elaboración propia

En la zona de Ancud y costa Oeste de la Isla es donde se localiza el mayor número de derechos de aguas superficiales.

No obstante lo señalado, en cualquier punto que se quiera evaluar utilizar agua superficial para un determinado proyecto, se deberá hacer un análisis acucioso de los derechos cercanos a dicho punto, de modo de no afectar esos derechos.

10.2.3.Áreas Declaradas como de Reserva de Agua

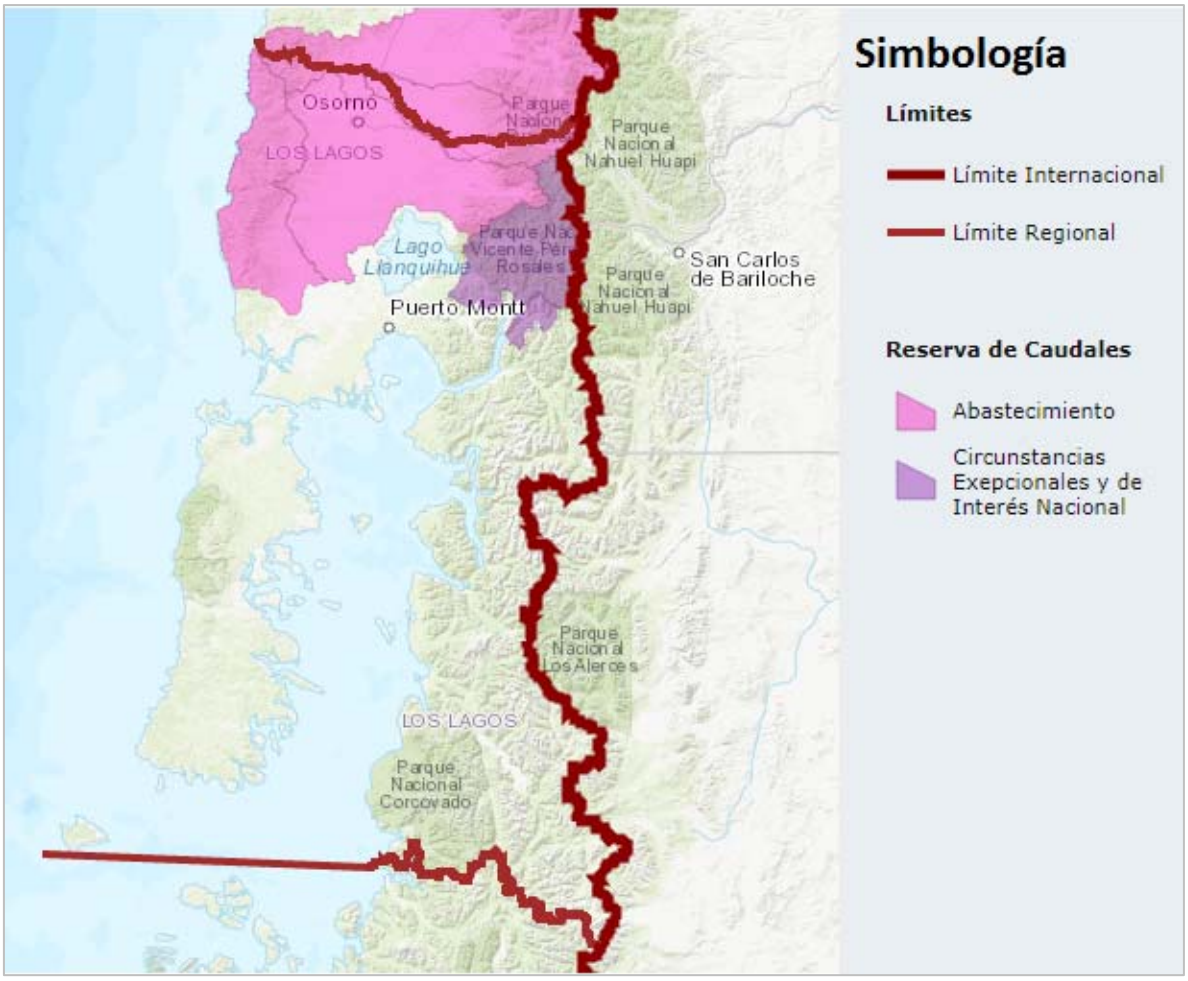
La X región de Los Lagos no cuenta con áreas de restricción ni prohibición para la constitución de nuevos derechos de agua superficiales; tampoco hay declaraciones de agotamiento en la zona. Sin embargo, hay áreas de reserva de caudales tanto para abastecimiento, como para circunstancias excepcionales y de interés nacional. Más específicamente, las zonas de reserva de caudales son las siguientes:

- Abastecimiento:
  - San Juan de La Costa
  - Río Rahue
  - Río Bueno
  - Río Pilmaiquén

- Circunstancias excepcionales y de interés nacional:
  - Río Cochamó
  - Río Petrohué

En la siguiente figura se muestra con color rosado el área que implica zonas de abastecimiento, mientras que la zona morada delimita los sectores para circunstancias excepcionales y de interés nacional.

Figura 10.2-6 Delimitación de áreas con reserva de caudales para abastecimiento y para circunstancias excepcionales y de interés nacional



Fuente: www.dga.cl

Se hizo la consulta formal a la DGA Región de Los Lagos, respecto a si era factible solicitar derechos de aguas superficiales en las áreas declaradas como de reserva de caudales. La respuesta de la DGA fue la siguiente.

2. En el caso de cualquier solicitud de derecho de aprovechamiento, la determinación de la oferta disponible para constituir nuevos derechos se realiza en función de un análisis técnico y legal asociado a cada petición concreta, en concordancia con lo estipulado en los artículos 140 y siguientes del Código de Aguas; en ese sentido y luego del análisis formal del requerimiento, se debe comprobar la existencia y magnitud del recurso en los puntos desde donde se desea aprovechar, también analizar los derechos de aprovechamiento ya constituidos, las solicitudes ingresadas y en trámite que pudieren referirse a las mismas aguas y adicionalmente debe analizarse la posible existencia de renuncias de derechos ya constituidos.

   Por tanto y de acuerdo a lo señalado precedentemente, el momento en que la solicitud de constitución de derecho de aprovechamiento de aguas se presenta y luego se resuelve, es determinante para calcular la disponibilidad a nivel de fuente. Sin este elemento temporal, no es posible hacer el cálculo de forma fehaciente

3. Las reservas mencionadas se han decretado en zonas que aún poseen disponibilidad de derechos de aprovechamiento consuntivos, pero que podría agotarse si se constituyen derechos en trámite. Sus caudales se otorgan en la medida en que la solicitud fuere técnica y legalmente procedente, exista disponibilidad del recurso y no se afecten derechos de terceros comprometidos con anterioridad. Adicionalmente, la reserva puede exigir algún requisito más, como por ejemplo, tener residencia en el sector.

   Cumplidos dichos requerimientos, pueden otorgarse derechos consuntivos en zonas con reserva de caudales decretada.

Saluda atentamente a Ud.,,

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
REGION DE LOS LAGOS
M.O.P.

JAVIER VIDAL REYES
Ingeniero Agrónomo
Director Regional
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
REGIÓN DE LOS LAGOS

Es decir, para solicitar derechos de agua superficial en las áreas declaradas como de reserva de agua, se debe seguir el procedimiento que señala la DGA Regional señalado precedentemente, que no es más que seguir el procedimiento habitual en este tipo de solicitudes, pero tomando en consideración lo siguiente:

a) Los derechos de aprovechamiento consuntivos podrían agotarse si se constituyen los derechos en trámite.

b) Eventual requisito de tener residencia en el sector.